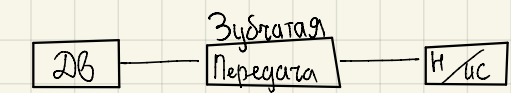


лекция 1
Квентин Георгии Алексеевич / Р15 / зачет

ДЗ 1: валы и опоры
ДЗ 2: детали и их детали (3 задания)
РК: 14-16 нед, размерные цепи

ДЗ1: расчет вала
расчет опоры ($\times 2$) } 1 часть (3-4 нед)
эскиз вала
сборочный чертеж } 2 часть

Введение. Валы.

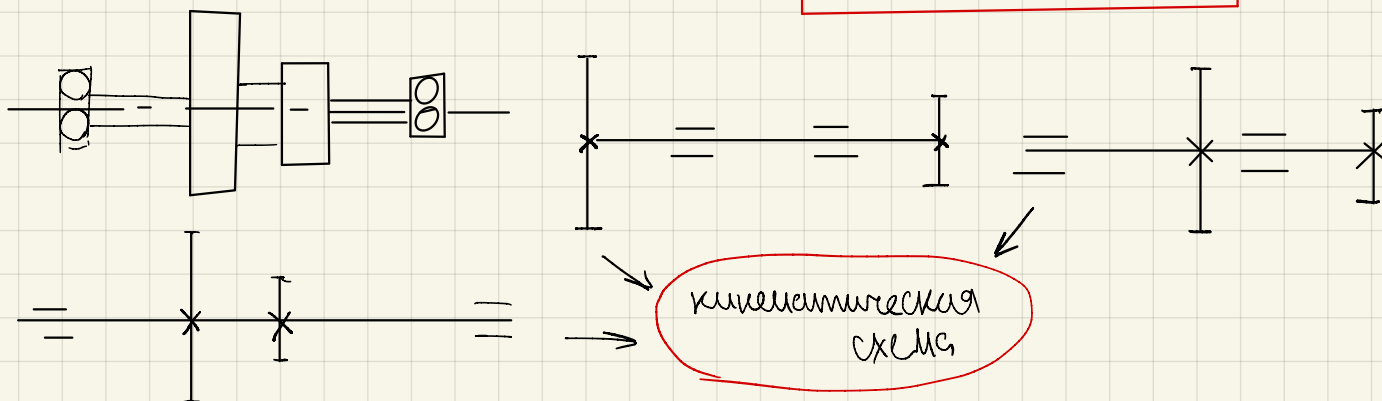


$m\omega \xrightarrow{P = \text{const}} M\omega$

↓ этот процесс наз. рециркуляция
↓ рециркулятор

$M\omega \Rightarrow m\omega$

мультипликатор



Валы и оси

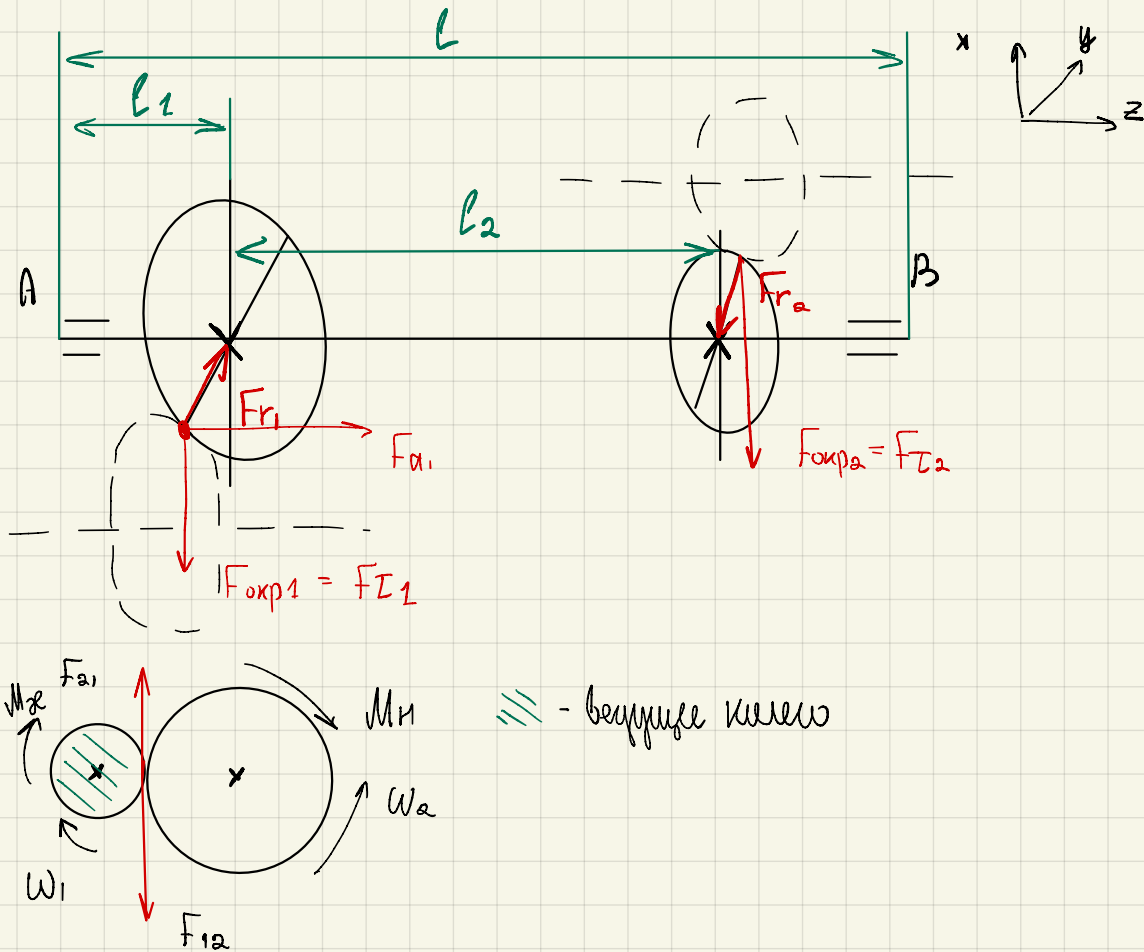
Валы служат для передачи крутящих моментов и поддержания, скрепления на них, вращающихся эл-тов (колеса, шестерни, мушкетеры)

Оси не предназначены для крутящих моментов и как правило не вращаются

Требования к валам:

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

Пример расчетного вала:



Пример:

$$M_{кр} = 4500 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\omega = 80 \text{ с}^{-1}$$

$$D_1 = 45 \text{ мм (шестерня)}$$

$$D_2 = 15 \text{ мм (шестерня)}$$



$$\beta = 12^\circ$$

$$\left. \begin{array}{l} l_1 = 30 \text{ мм} \\ l_2 = 20 \text{ мм} \\ l = 80 \text{ мм} \end{array} \right\} \Rightarrow l_3 = 30 \text{ мм}$$

1) рассчитать диаметр вала, исходя из изгибной и крутильной прочности, линейной и угловой деформации.

2) рассчитать опоры скольжения и опоры качения

3) спроектировать узел (вал в сборе)

$$F_{z1} = \frac{M_{кр}}{r_1/2} = \frac{4500}{45/2} = 200 \text{ Н}$$

$$F_{r1} = \frac{F_{z1} \cdot \tan \alpha}{\cos \beta_1} = \frac{200 \cdot \tan(20^\circ)}{\cos(12^\circ)} = 75 \text{ Н}$$

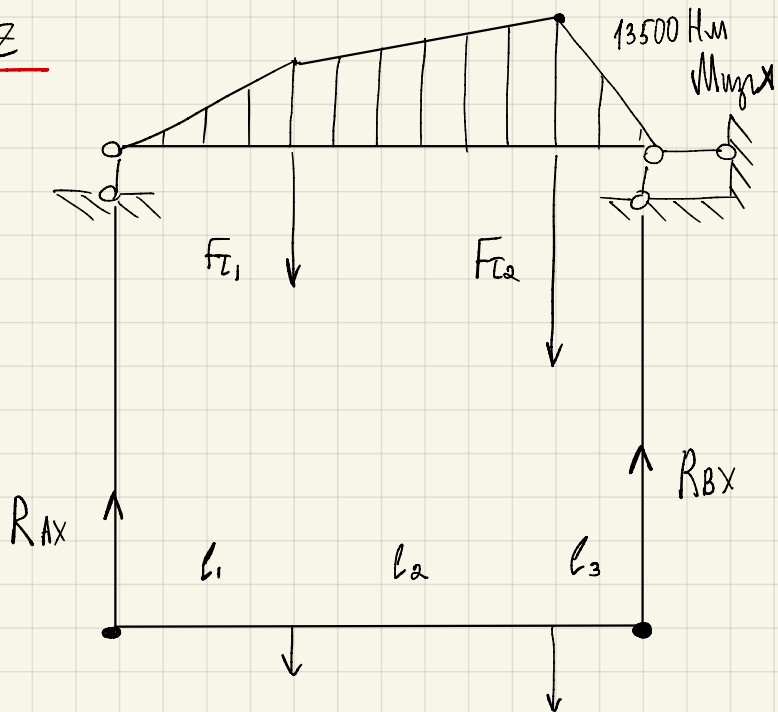
$$F_{z2} = \frac{M_{кр}}{r_2/2} = 600 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{z2} \cdot \tan \alpha}{\cos \beta_2} = 218 \text{ Н}$$

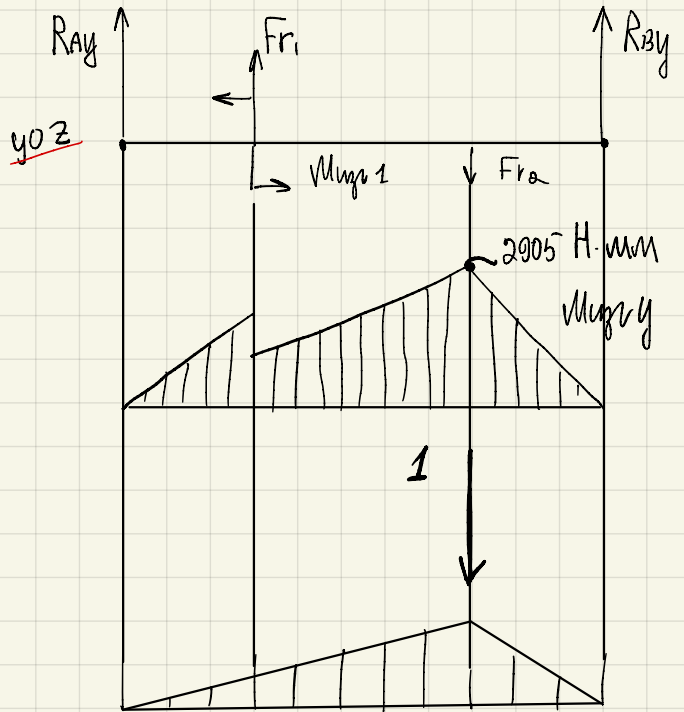
$$F_{a1} = F_{z1} \cdot \tan \beta = 42 \text{ Н} - \text{осевая сила}$$

$$M_{кр1} = F_{a1} \cdot \frac{r_1}{2} = 945 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

XOZ



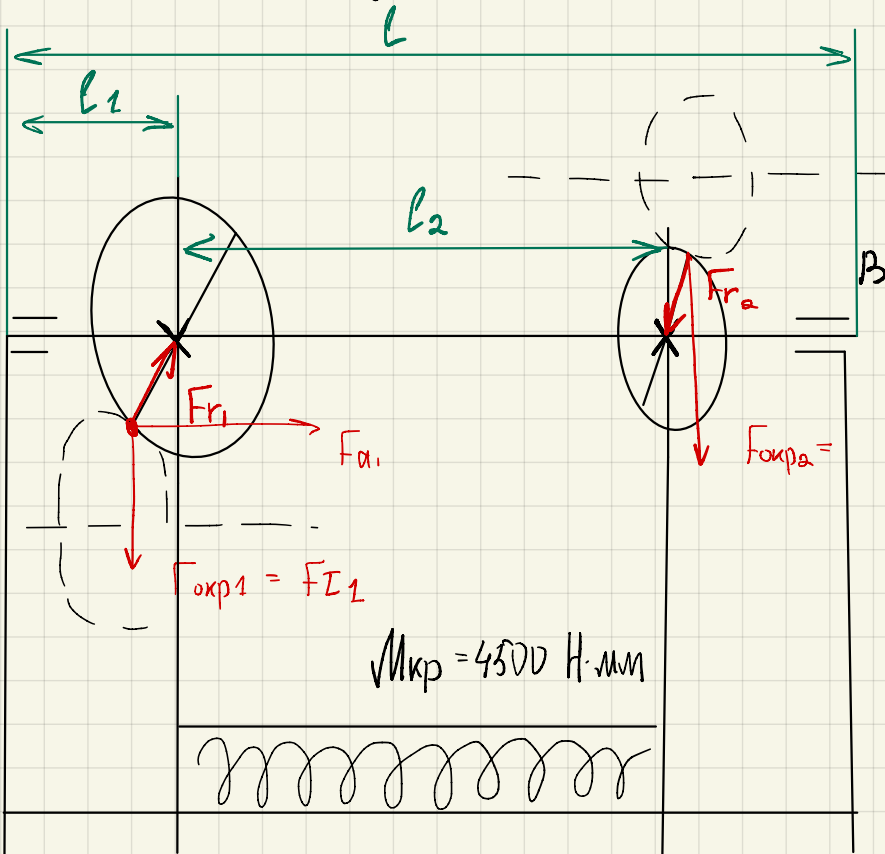
YOZ



1) Опр реакц. опор

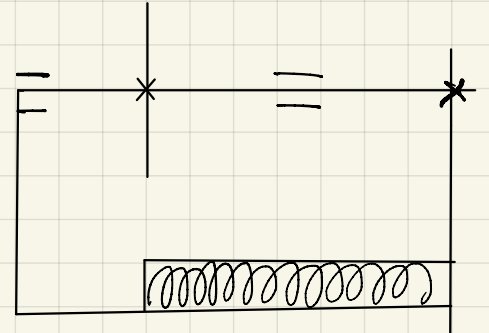
$$\sum M_A = 0 \dots R_{By} = 96,8 \text{ H} ; R_{Bx} = 450 \text{ H}$$

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

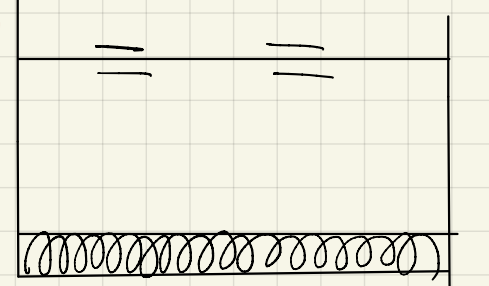


При разном расчленении:

1)



2)



Задача 2

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

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

$$M_{kp} = \sqrt{M_{kp1}^2 + M_{kp2}^2} = 13809 \text{ H·mm}$$

$$M_{kp} = 4500 \text{ H·mm}$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad - \text{условие прочности}$$

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + 0,75 M_{\text{кр}}^2} = 14348,4 \text{ Н}\cdot\text{мм}; \quad M_{\text{пр}} - \text{приведенный момент}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{пр}}}{W}, \quad W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{пр}}}{0,1 [\sigma_F]}} = \sqrt[3]{\frac{14348,4}{0,1 \cdot 252}} = 8,3 \text{ мм} \Rightarrow 9 \text{ мм}$$

Как правильно, валы делают из стали, дельевая сталь:

Ст 4, Ст 5, Ст 6

+ стали углеродистые, качественные: Ст 20, 30... 50, 60...

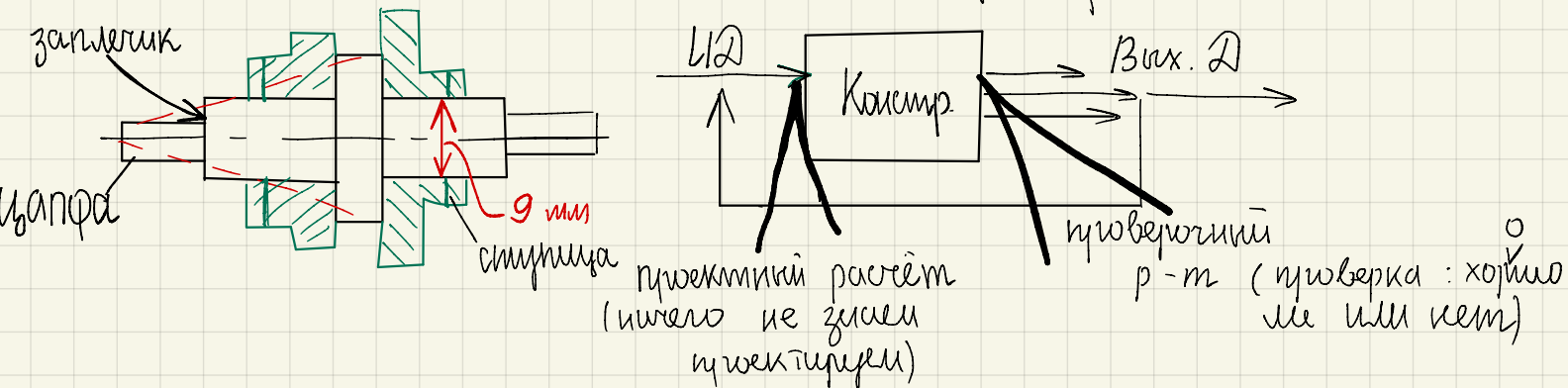
+ стали легированные: Ст 20X, 30X, 38XA, 40X, 40XH

Ст 40X (Ст 40, 45):

(предел текучести) $\sigma_B = 880 \text{ МПа}$; $\sigma_{-1} = 0,43 \sigma_B = 380 \text{ МПа}$
циклическая нагрузка

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{-1}}{n} = \frac{380}{1,5} = 250 \text{ МПа}$$

Минимальный диаметр вала 3 мм = d_{min}



Опоры подшипников устанавливаем

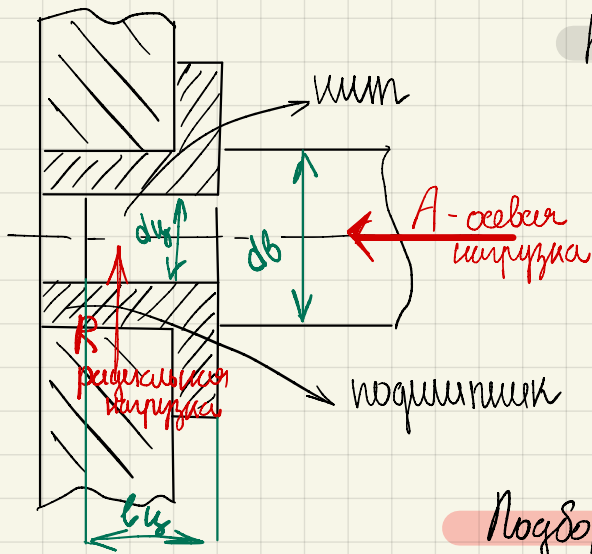
опоры это подшипники, ось вращения. Ось вращения отн. группы по оси вращения проектируем ось отн. группы и определяем моменты.

- Классификация:
- 1) опоры с тупым скольжением;
 - 2) опоры с тупым скольжением;
 - 3) упорные опоры;
 - 4) упорные опоры;
 - 5) упорные опоры;
 - 6) упорные опоры;
 - 7) упорные опоры;

Опоры с тупым скольжением: сферические, цилиндрические, конические.

Преимущества цилиндрических:

- 1) высокая прочность;
- 2) способность воспринимать радиальные и осевые нагрузки;
- 3) простота конструкции и изготовления;



- Недостатки:
- 1) большие потери на трение;
 - 2) неравномерный износ;
 - 3) требует смазки и периодического обслуживания;
 - 4) точность изготовления по оси;

Подбор опоры скольжения

- 1) диаметр цапфы выбираем $d_{ц} = 6 \text{ мм}$ ($d_{\min} = 2 \text{ мм}$)
 - $l_{ц} = (0,5 \dots 1,5) d_{ц} \Rightarrow l_{ц} = 6 \text{ мм}$
 - 2) Подшипник делаем из бронзы или латуни, фторопласт, рудит, сапфир, алмаз не МР
- (II) БрОФ $\left. \begin{array}{l} \text{II} \\ \text{III} \end{array} \right\} \begin{array}{l} [\sigma] = 15 \text{ МПа} - \text{физик. напряж} \\ [\sigma] = \text{темперостойкость} = 20 \text{ МПа} \cdot \frac{1}{^\circ\text{C}} \end{array}$
- 3) на вал устанавливаем 2 одн. опоры, поэтому расчет берем

опора B

Лекция 3

Расчет вала на крутильную жесткость

крутильная жесткость - угол закручивания

$$\Delta \varphi_{\text{ж}} = 2 \frac{M_{\text{кр}} \cdot l}{G \cdot J_p} \leq [\varphi] \quad \varphi - \text{погрешность}$$

$[\varphi]$ - угол закручивания ($5 \dots 30$)'

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

$$l = l_2 = 20 \text{ мм}$$

$$M_{\text{кр}} = 4500$$

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

$$= 11,6' \text{ угл. минут}$$

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

Выявление износа

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

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

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq [f]_{\text{генеральный износ}}$$

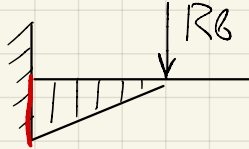
$$[f] = (0,002 \div 0,003) \text{ л}$$

Расчет опор

1. Проверка износа на изгиб

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

$$M_{изг} = R_b \cdot \frac{l_y}{2}$$



$$\sigma = \frac{M_{изг}}{0,1 d^3} = \frac{460 \cdot 3}{0,1 \cdot 6^3} = 62,5 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 253 \text{ МПа}$$

2. Расчет на контактную прочность

а) действительная реакция изгиба:

$$p = \frac{R_b}{l_y \cdot d_y} = \frac{460}{6 \cdot 6} = 12,7 \text{ МПа} \leq [p] = 15 \text{ МПа}$$

б) осевая изгибная:

$$p = \frac{\frac{F_{ос}}{4} \frac{d^2}{d_y^2}}{\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_y^2}{4}} = \frac{4 F_{ос}}{\pi (d^2 - d_y^2)} = \frac{4 \cdot 42}{\pi (9^2 - 6^2)} =$$

$$= 4,4 \text{ МПа} \leq [p]$$

! проверка пройдена!

3. Расчет на теплостойкость (условие отжиг. перегрева в зоне контакта)

а) при радиальной изгибной

$$pV = \frac{R_b^4}{d_y \cdot l_y} \cdot \frac{\omega \cdot d_y}{2} = \frac{R_b}{d_y \cdot l_y} \cdot \frac{\eta}{2 \cdot 10} \cdot \frac{d_y}{1000} =$$

$$= 4,1 \text{ МПа} \cdot \frac{\mu}{\text{с}}$$

$$\omega \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{ и } \frac{\text{с}}{\text{мин}}$$

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

б) при осевой изгибной:

$$pV = \frac{4 \cdot F_{ос}}{\pi (d^2 - d_y^2)} \cdot \frac{\pi (d - d_y) \eta}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,38 \text{ МПа} \cdot \frac{\mu}{\text{с}}$$

проверка пройдена!

4. Коэффициент трения

момент трения в опоре B

$$M_{тр B} = 1,27 f \cdot R_b \cdot \frac{d_y}{2} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 460 \cdot \frac{6}{2} =$$

в) при радиальной изгибной

$$(0,05 \text{ при сухом контакте}) = 87 \text{ Н мм}$$

б) Осевая нагрузка: момент трения осевой в т.В

$$M_{тр.о.в} = \frac{1}{3} F_{ос} \cdot f \cdot \frac{d^3 - d_{ш}^3}{d^2 - d_{ш}^2} = \frac{1}{3} \cdot 42 \cdot 0,05 \cdot \frac{9^3 - 6^3}{9^2 - 6^2} = 95 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

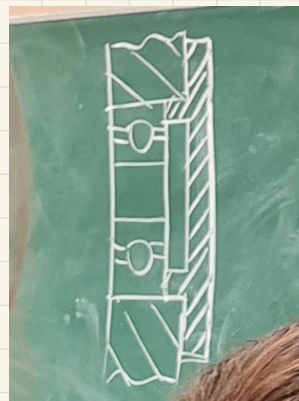
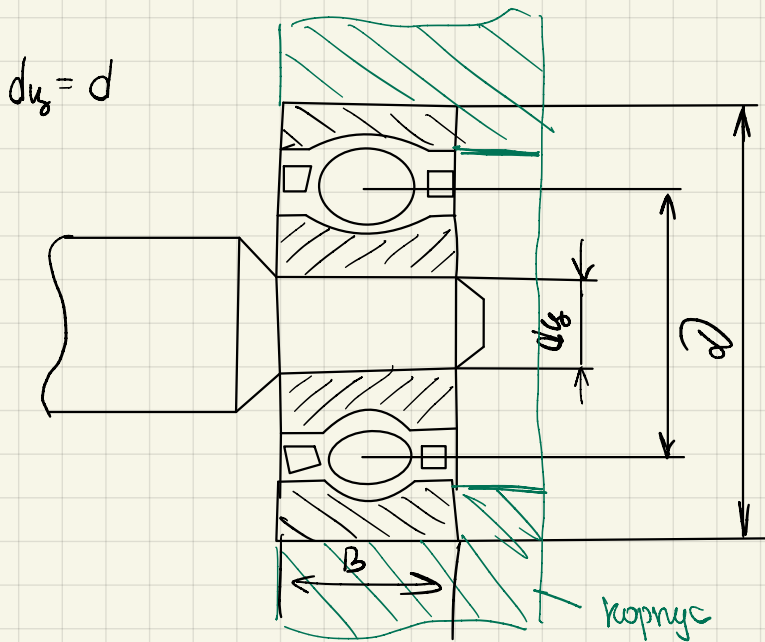
в) $M_{тр.А} = 1,27 \cdot f \cdot R_A \cdot \frac{d_{ш}}{2} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 353 \cdot \frac{6}{2} = 60 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

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

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

(табл 2 ДЗ)

Подбор опор качения



Углубленная подгонка

1. Выбираем серию шарика, выбираем по $d_{ш}$.

$d = 6 \text{ мм}$ $D = 19 \text{ мм}$ $L_0 = 1180 \text{ Н}$ } *нормированные нормальные подгонки*
 $B = 6 \text{ мм}$ $L = 2210 \text{ Н}$

$$C_p = 0,01 \cdot Q^3 \sqrt{60 n L_n}$$

L_n - срок службы = 2000 ч

$$n = 800 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Q - Эквивалентная нагрузка: $Q = (X \cdot R \cdot V_B + Y \cdot F_{ос}) K_1 K_2$

↑ ↑
выборочная темп подгонки

Подбор X и Y : $\frac{F_{oc}}{C_0} = \frac{42}{1180} = \underline{0,0357}$

$U_z \text{ мод} \rightarrow e \rightarrow \frac{F_a}{V Fr} = \frac{42}{1 \cdot 460} = 0,09$

$C_p \leq C$

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

Лекция 4
23.12

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 различает:

- 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 требования качества надежности и экономичности.

Чтобы обеспечить взаимозаменяемость, параметры деталей должны отвечать заранее установленной точности

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

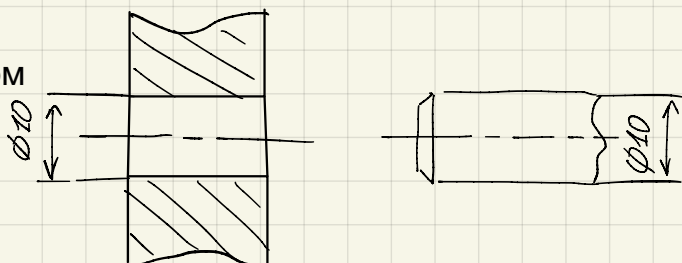
Точность определяется погрешностью.

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



$\phi 10$ - 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

$$\phi 10 \begin{matrix} +0,03 \\ -0,05 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 30 \text{ мкм} \\ -50 \text{ мкм} \end{matrix} \quad \phi 10 \begin{matrix} +0,08 \\ +0,01 \end{matrix} = 10,03$$

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

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

$$\begin{matrix} 30 \text{ мкм} \\ -50 \text{ мкм} \end{matrix} \quad \begin{matrix} es(ES) \\ ei(EI) \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{для отверстий} \\ \text{для валов} \end{matrix}$$

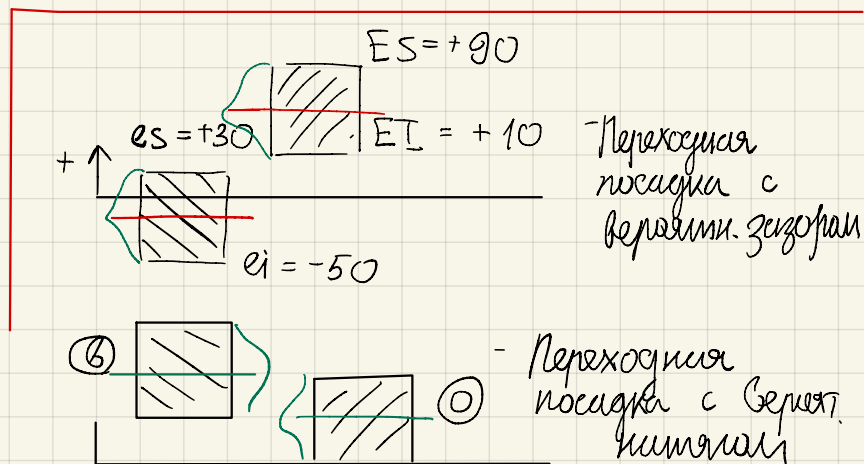
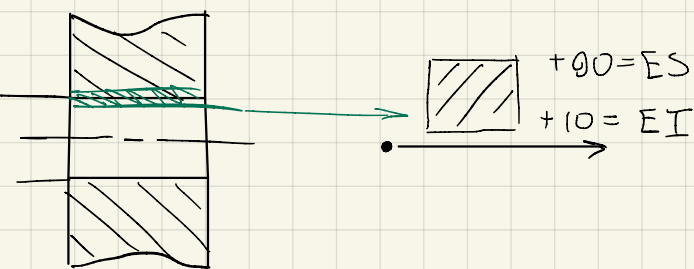
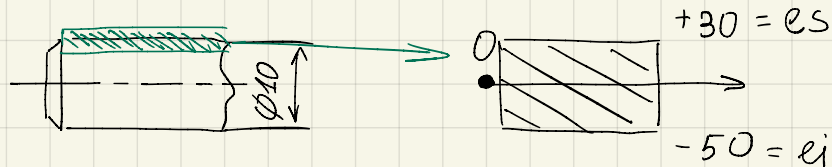
Деталь считают годной, если действительное отклонение находится между верхним и нижним предельными отклонениями.

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 -

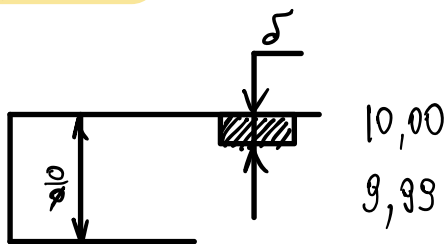
$$\begin{matrix} \phi 10 \begin{matrix} +0,09 \\ +0,01 \end{matrix} \\ \phi 10 \begin{matrix} +0,03 \\ -0,05 \end{matrix} \end{matrix}$$



Лекция 5

Стандартные отклонение и допуски

$\{\delta\}$ допуск — разность меж. наиб. и наим. предельн. размеров



• Допуск зависит от размера и степени точности

$$\delta = a_n \cdot i \quad i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.01 D$$

i [мкм] — единица допуска

a_n — относительный коэф-т точности (опред-е качеством поверхности)

Квалитет — совокупность допусков, соответствующих степени точности для всех номинальных размеров

Различают 19 квалитетов

01, 1, 2, 3, 4	5, 6, 7, ...	13, 14, 15, 16, 17
a_n	7 10 250, 400	...

кашеры и эталоны мер

конструирование приборов

(5-10) → измеряем.

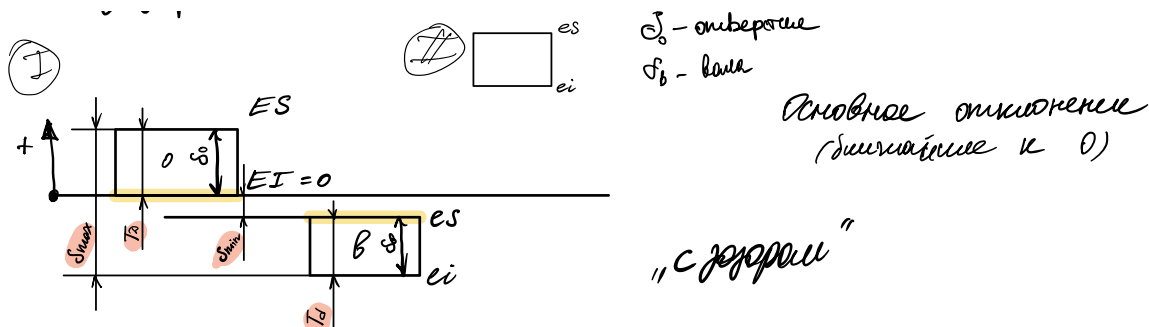
(11-14) → не измеряем.

Посадка — хар-р соединения деталей, определяющий разностью их размеров до сборки.

с зазором

натягом

переходные



S_{min} - разор

$$S_{min} = EI - ES$$

$$S_{max} = ES - ei$$

TS - полный разор

S_m - средний разор

$$TS = S_{min} - S_{max}$$

$$S_m = \frac{1}{2}(S_{min} + S_{max})$$

$$T_d = ES - EI$$

$$T_d = es - ei$$

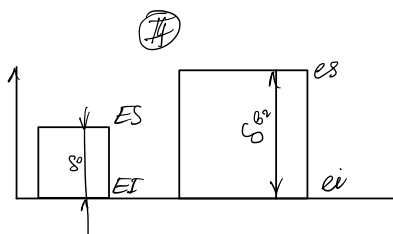
$$S_{min} = N_{max}$$

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

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

$$S_{max} = N_{min}$$

$$M_{max} = ei - ES$$



$$S_{min} = EI - ES \leq 0$$

$$N_{max} = es - EI \geq 0$$

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

$$S_{max} = ES - ei$$

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

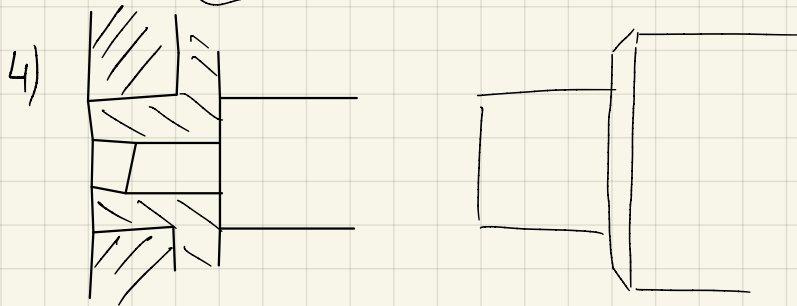
$$T(S, N) = T_d + T_d$$

$$L \rightarrow N_m = 2 \text{ мин}$$

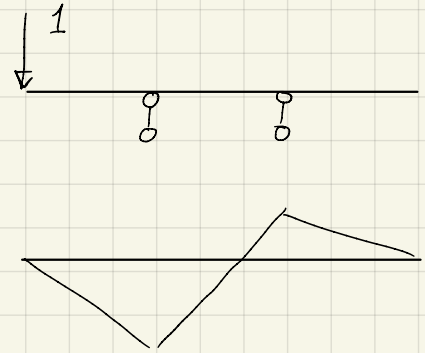
(перех. нагрузка с вершины на миним)

Лекция 6 Задача к ДЗ1

- 1) указать опасное сечение
- 2) $M_{изг} \Rightarrow$ шток на фоне моментов
- 3) разбить



5) Единица сема



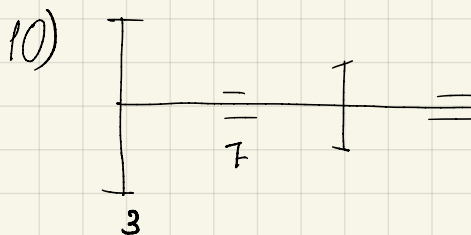
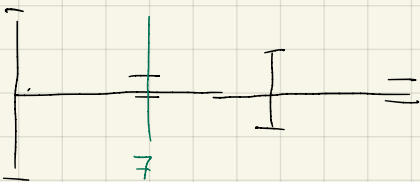
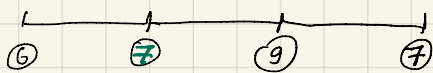
6) Прямой $\begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{Bmatrix} \delta$

7) крутильная жесткость

$[\varphi] = (5..30)^\circ$ $\varphi = \dots 25^\circ$ - если толщину, диаметр отверстия, d вставки точно

8) масштаб, если $b_y = d_y$ то \square

9) Делаем схему

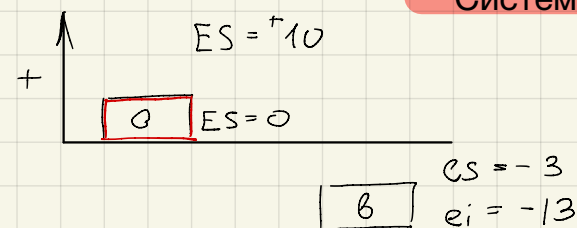


11) η_{oc}
 $\eta_{ок}$

12) о.с $d_y = 7$
 $d_y = 9$

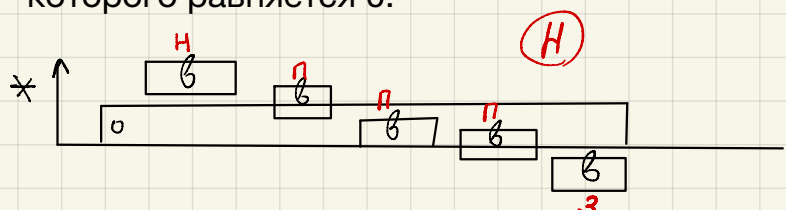
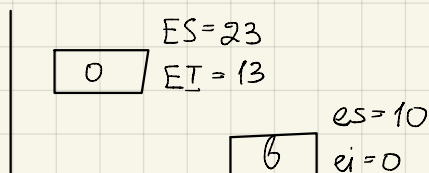
мл $d_y = 10$

Система отверстия и система вала



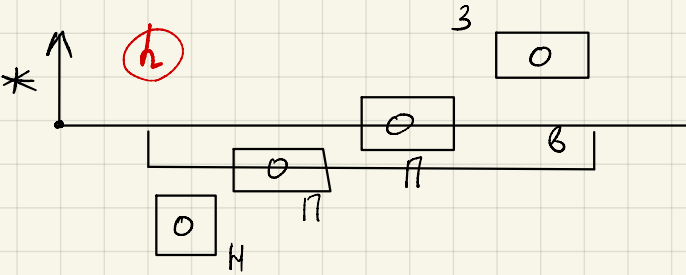
В системе отверстия для получения необходимой посадки соответствующей ей поле допуска вала берут с полем допуском основного отверстия

Основное отверстие - отверстие, нижнее отклонение которого равняется 0.



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

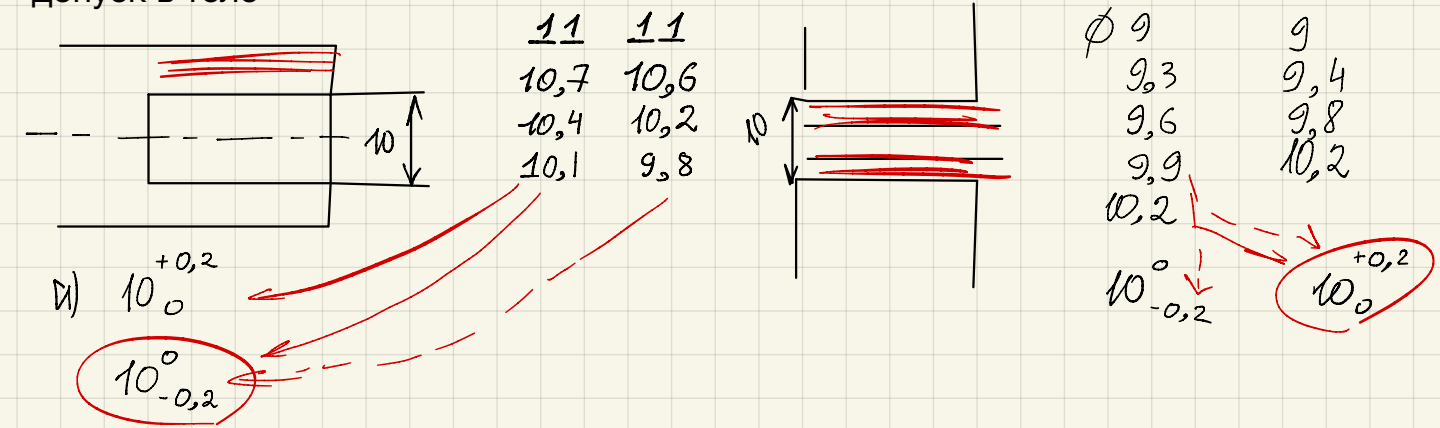
Основной вал - вал, верхнее отклонение которого равняется 0.



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 допуски, расчётные

ES, EI, es, ei - стандарты

$\Delta_{вр}, \Delta_{нр}, \Delta_{нд}, \Delta_{нд}$ - расчётные
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

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

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

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

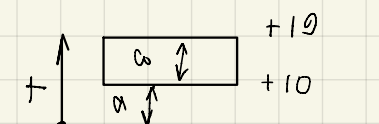
$$S_{max} = \Delta_{вр} - \Delta_{нд} = ES - ei = -N_{min}$$

$$S_{min} = \Delta_{нд} - \Delta_{вр} = EI - es = -N_{max}$$

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

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

Расположение поля допуска принято означать буквами латинского алфавита

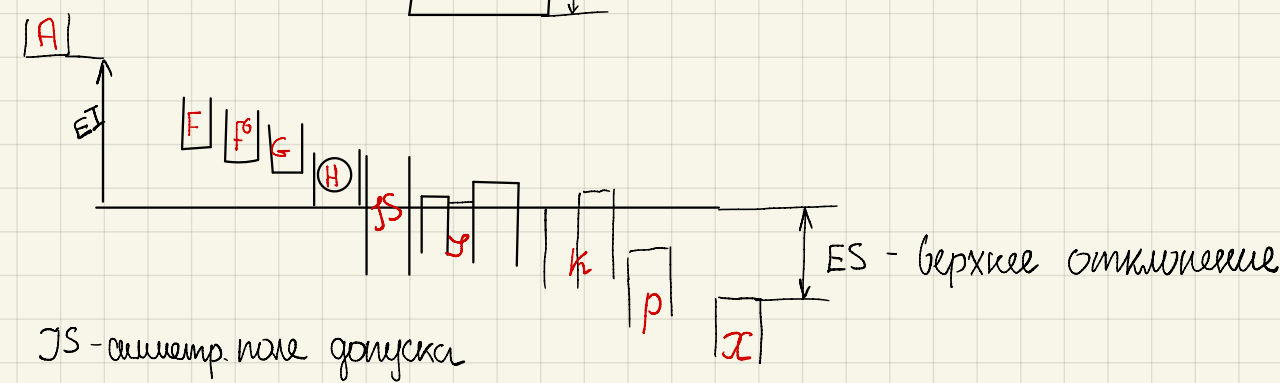


Положение в поле допуска определяется основным отклонением и шириной полей допуска

Лекция 7



Допуск:



JS - симметричное допуск

По таблице: $< 3 \quad 1 \quad ES \begin{smallmatrix} +2 \\ +4 \\ +6 \end{smallmatrix}$;

Н.р. 10, $F \rightarrow \begin{smallmatrix} +13 \\ +16 \end{smallmatrix}$

120 $D \rightarrow 120$
мм мкм.м.

450 $D \rightarrow +760$

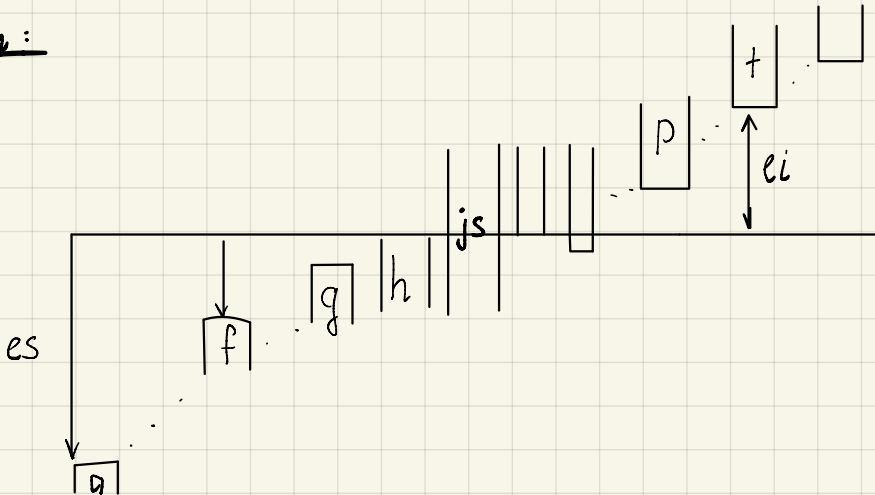
50 $H \rightarrow 0$

50 $V \rightarrow -81$

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

100 $X \rightarrow -178$

Величина:



По таблице: 33e $e = -50 \text{ мкм}$
13g $es = -6$
9j7 -5
~~9j8~~

- либо не используется
- либо грубое

18p $+18 \text{ ei}$

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

Табл: 5, IT8 - 18 мкм 120 IT10 - 140 мкм

9, IT14 - 0,36 мм 100 IT6 - 22 мкм

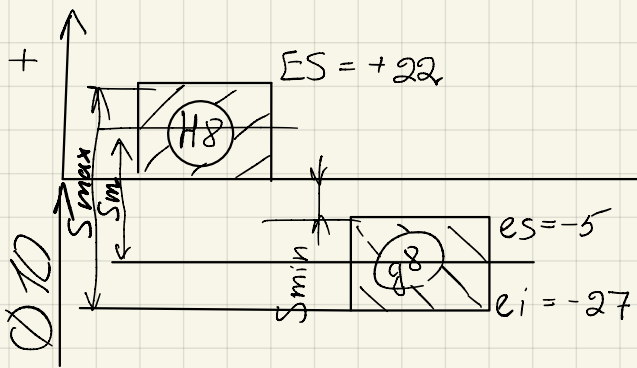
$$\phi 10H8 = \phi 10_0^{+0,022 \text{ мм}} = \phi 10_0^{+0,022} - 0,023$$

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

$$\phi 10p8 = \phi 10^{+0,037}_{+0,015}$$

$$\phi 10x8 = \phi 10^{+0,053}_{+0,034}$$

Внутренний а) $\phi 10 \frac{H8}{g8} = \phi 10_0^{+0,022}_{-0,005} - 0,027$



Обозначения

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

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

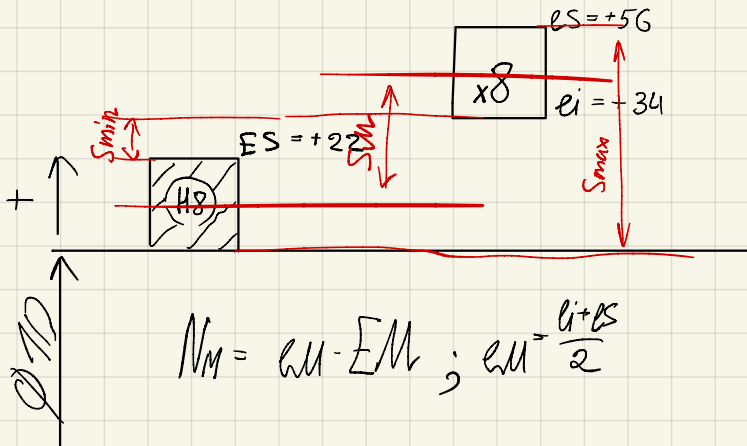
$$S_m = \frac{1}{2} (S_{\max} - S_{\min}) = \frac{1}{2} (5 + 49) = 27 \text{ мкм}$$

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

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

} верно

Посадка с зазором в системе отверстия



$$N_m = EI - ES; EI = \frac{ei + ES}{2}$$

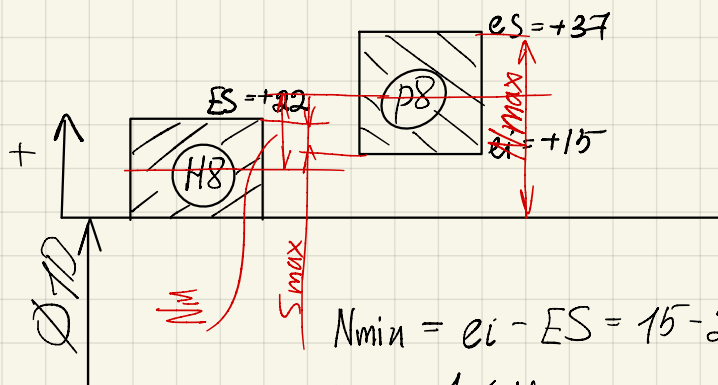
$$N_{\min} = ei - ES = 34 - 22 = 12 \text{ мкм}$$

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

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

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

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



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

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

$$N_{\min} = ei - ES = 15 - 22 = -7 \text{ мкм} \rightarrow S_{\max} = -N_{\min} = 7 \text{ мкм}$$

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

$$S_m = \dots = -15 \text{ мкм}$$

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

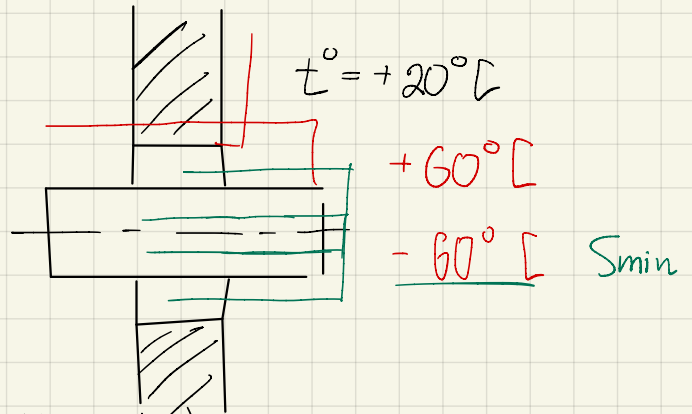
$$IS \pm \frac{IT}{8}$$

$$7js6 = 7 \pm 0,010 \quad \begin{matrix} +0,01 \\ -0,01 \end{matrix}$$

$$\rightarrow 8 = IT = 20 \mu k$$

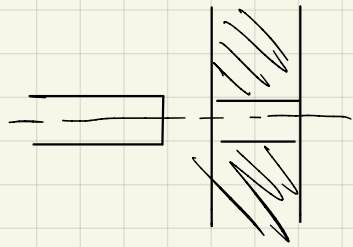
Задача N2

B	l _m	l _m
0	l _m	A _h b _p l _d



ТКР - температур. коэф. расширения

S_{min} : уменьшит → увеличит → проверка ($\frac{H7}{h7} \rightarrow \frac{H7}{e8}$)



+20°C
+60°C
-60°C

зазор проверяем
- миним. N_{min}

Отверстие быстрее расширяется

Расчёт и выбор посадок с учетом температурных деформаций соединяемых деталей

$$S_{max(min)}^t = S_{max(min)} + \Delta St$$

$$N_{min(max)}^t = N_{max(min)} + \Delta Nt$$

$$\Delta St = f((t - t_0), D, (\alpha_p - \alpha_d))$$

$$\Delta St = D(d) \cdot [\alpha_p(t - t_0) - \alpha_d(t - t_0)]$$

$$t_0 = t_d$$

$$\Delta Nt = D(d) [\alpha_d(t_d - t_0) - \alpha_p(t_0 - t_0)]$$

Пример:

$$\phi 65 \quad \frac{H7}{f7} \quad \text{зазор}$$

1. Обосновать правильность посадки +50°C
-50°C

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

$$0 \text{ l}_{am} \quad \alpha_p = 19,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$$

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

$$t_0 = t_d = -50^\circ C \quad \text{- отверстие сжимается сильнее}$$

$S_{min}?$

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

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

$$S_{min}(20^{\circ}C) = \underset{\substack{\text{сильн} \\ \text{маленьк. отб}}}{EI} - es = 0 - (-30) = 30 \text{ мкм}$$

$$S_{min}(-50^{\circ}C) = 0,03 + 65 \left(19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-70) - 11,8 \cdot 10^{-6} \cdot (-70) \right) = 0,03 + 65 \cdot (-70) \cdot (7,4 \cdot 10^{-6}) =$$
$$= 0,03 - 0,0337 = -0,0037 \text{ мм} = -3,7 \text{ мкм}$$

Так как зазор переходит в натяг при $t = -50^{\circ}$ посадка изменена наверх

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

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

+50°

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

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

1) $65 \frac{H7}{f8}$

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

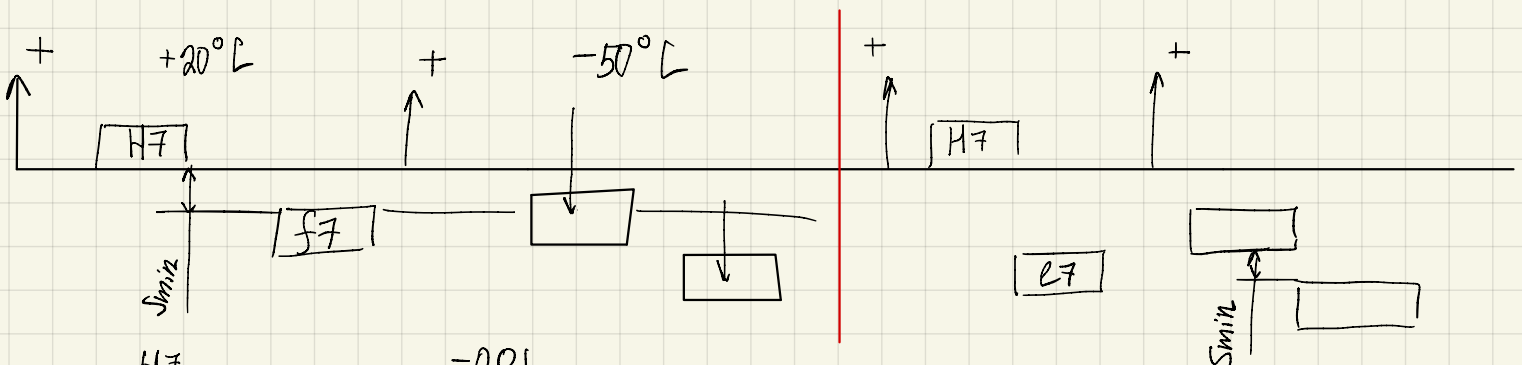
$$S_{max} = 106 \text{ мкм}$$

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

$$S_{min} = 30 \text{ мкм}$$

Изменение качества не влияет на характер посадки

2) $65 \frac{H7}{e7}$ $65e7 = 65^{-0,06}_{-0,09}$ $S_{min} = 0 - (-60) = 60 \text{ мкм}$ **в ДЗ проверить**



3) $65 \frac{H7}{g7}$ $65g7 = 65^{-0,01}_{-0,04}$

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

Задача 3

Подбор стандартных полей допусков

Расчетная посадка \leftarrow Расчетные отклонения деталей

\downarrow Типовые значения

Станд. посадки \leftarrow Станд. отк. деталей

Пример: врезка расчетов размеров при посадке работа издана отменен-
вается предельные размеры диаметра вала:

от 54,935 мм до 54,975 мм

- 1) отн. допуск;
- 2) предельные отклонения деталей;
- 3) подобрать стандартный допуск;
- 4) изобразить схему полей допусков;
- 5) записать ном. размер с предельными отклонениями;

в 23 - отверстие

Лекция 9

расч. посадки \rightarrow расч. допуск

\downarrow
станд. посадки \leftarrow станд. g.

1) $d_{ном} = 55 \text{ мм}$

(D) $d_{pmax} = 54,975 \text{ мм}$

(D) $d_{pmin} = 54,935 \text{ мм}$

2) $\Delta_d = d_{pmax} - d_{pmin} = 54,975 - 54,935 =$
 $= 0,04 \text{ мм} = 44 \text{ мкм}$

$\Delta_{Bd} = d_{pmax} - d_{ном} = -25 \text{ мкм}$

$\Delta_{Hd} = d_{pmin} - d_{ном} = -65 \text{ мкм}$

Условие выбора стандартного допуска

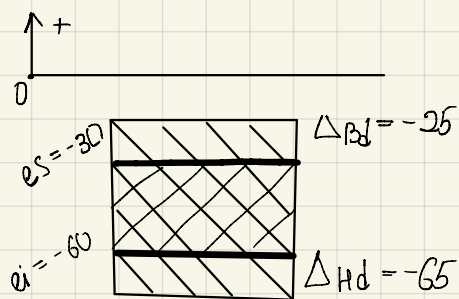
1) $\left. \begin{matrix} T_d \leq \Delta_d \\ T_D \leq \Delta_D \end{matrix} \right\} \rightarrow$ Стандартный допуск должен не превышать расчетный

$T_d = 30 \text{ мкм} \rightarrow 7_{к6}$

$\left. \begin{matrix} ES(es) \leq \Delta_{Bd}(d) \\ EI(ei) \geq \Delta_{Hd}(d) \end{matrix} \right\} \begin{matrix} ES \leq \Delta_{Bd} \\ -30 \leq -25 \end{matrix}$

$\begin{matrix} g & f & e \\ -10 & -30 & -60 \end{matrix}$
 $ES = -30 \text{ мкм}, f$

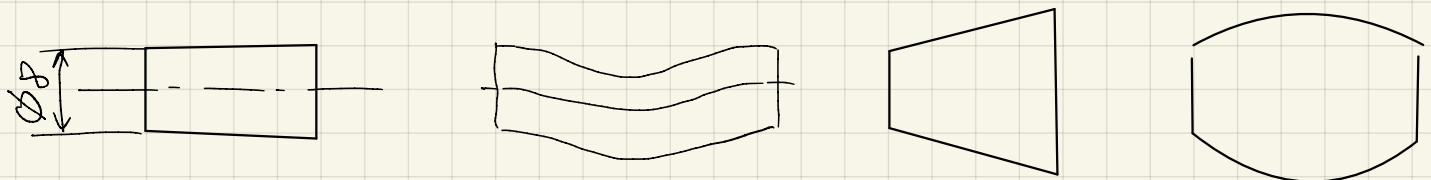
$ei = es - T_d = -30 - 30 = -60$



$$55 \begin{matrix} -0,025 \\ -0,065 \end{matrix}$$

$$55 f 7 = 55 \begin{matrix} -0,03 \\ -0,06 \end{matrix}$$

Отклонение формы и расположение поверхностей

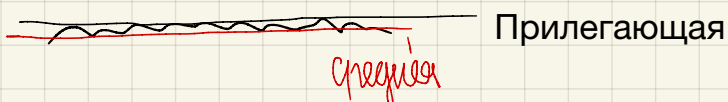
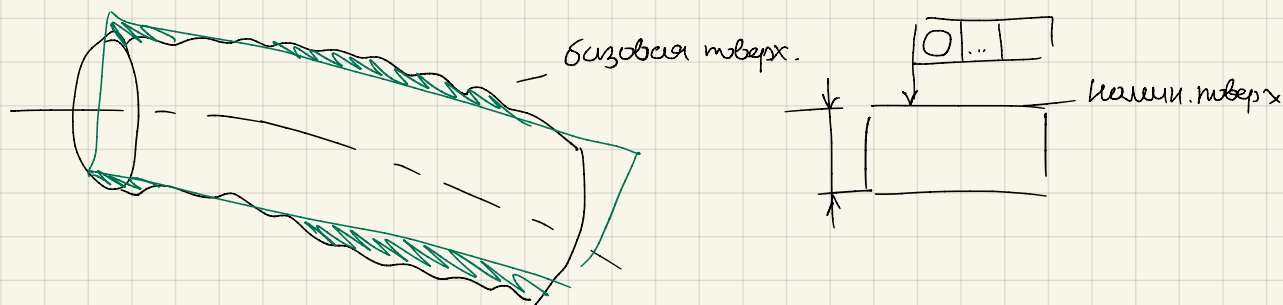


Реальная (действительная) поверхность - поверхность отграничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды.

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

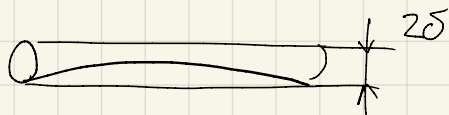
Базовые отклонения от поверхностей

1. Отклонение плоских поверхностей

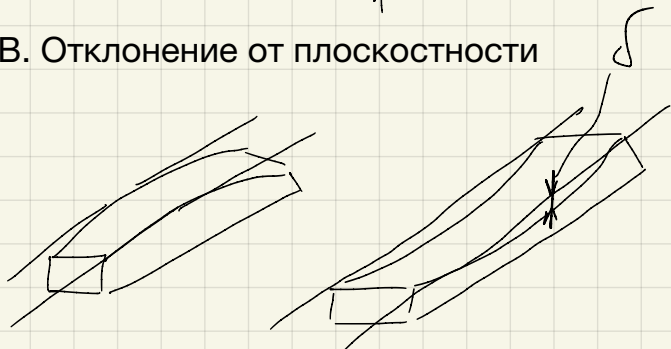
А. Отклонение от прямолинейности сечения (непрямолинейность)



Б. Отклонение от прямолинейности в пространстве (изогнутость)



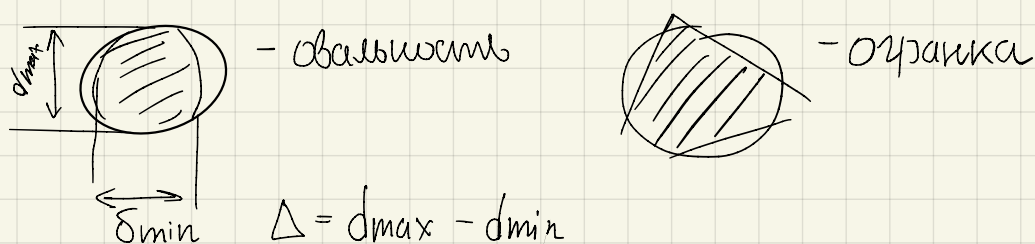
В. Отклонение от плоскостности



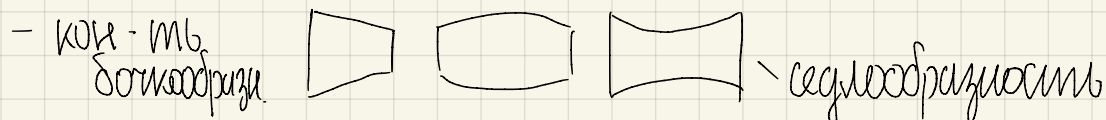
2. Отклонение формы цилиндрических поверхностей

А. Отклонение от цилиндричности (нецилиндричность)

Б. Отклонение от круглости (некруглость)



В. Отклонение профиля продольного сечения



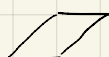
Отклонения расположения от поверхностей


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

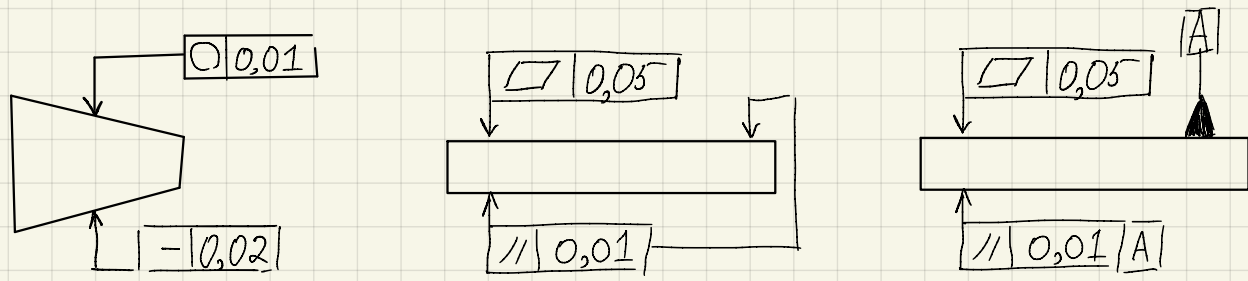
1. Радиальное биение
2. Торцовое биение
3. Суммарное отклонение параллельности и плоскостности
4. Суммарное отклонение перпендикулярности и плоскостности

Условные обозначения отклонений

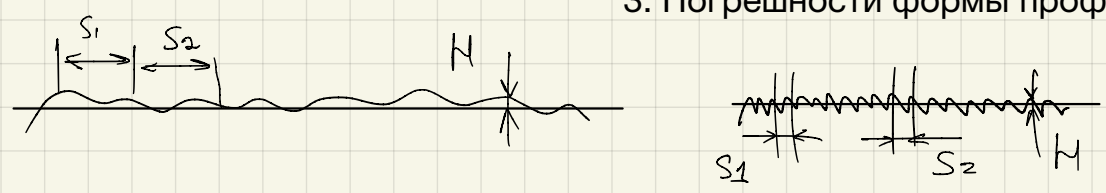
 - Неплоскостность

 - Нецилиндричность

- — Непрямолинейность
- — Некруглость
- ⊥ — Неперпендикулярность
- + — Позиционное
- ⌊, ⊙ — Несоосность
- = — Отклонение профиля продольного сечения
- // — Непараллельность
- × — Непересечение оси
- ÷ — Несимметричности
- ↗ — Биение



Значение параметров зависит от :
 1. Номинального значения
 2. Качества
 3. Погрешности формы профиля

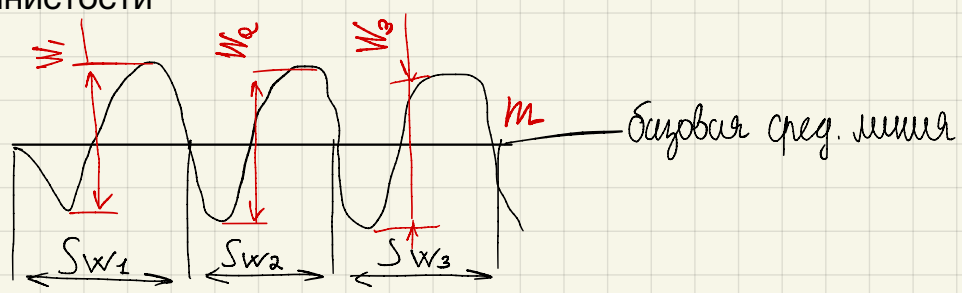


$\frac{S}{H} < 50$ — шероховатость

$50 \leq \frac{S}{H} \leq 1000$ — 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

$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + \dots + W_5)$ — высота волнистости

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

Значение волнистости определяет значениями стандартного ряда

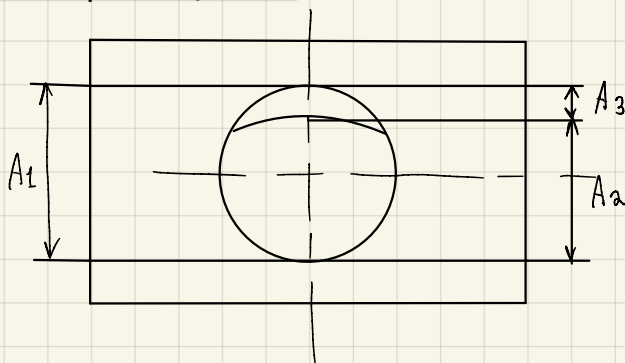
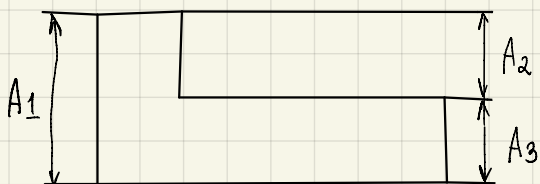
0,1	6,3
0,2	12,5
0,4	25
0,8	50
1,6	100
3,2	200

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. Максимум и минимум

2. Вероятностный

$$\left. \begin{aligned} A_{\Delta} &= \sum_{j=1}^m A_j - \sum_{k=m+1}^n A_k \quad (1) \\ \delta_{\Delta} &= \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (2) \end{aligned} \right\} \text{методы отклонений}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{\Delta}^b &= \sum_{j=1}^m \Delta_j^b - \sum_{k=m+1}^n \Delta_k^b \quad (3) \text{отклон.} \\ \Delta_{\Delta}^H &= \sum_{j=1}^m \Delta_j^H - \sum_{k=m+1}^n \Delta_k^b \quad (4) \text{отклон.} \end{aligned} \right\} \text{метод 1 квадрата}$$

Типы точностных задач по размерным цепям: прямые и обратные

В обоих номинальные размеры известны, допуски неизвестны

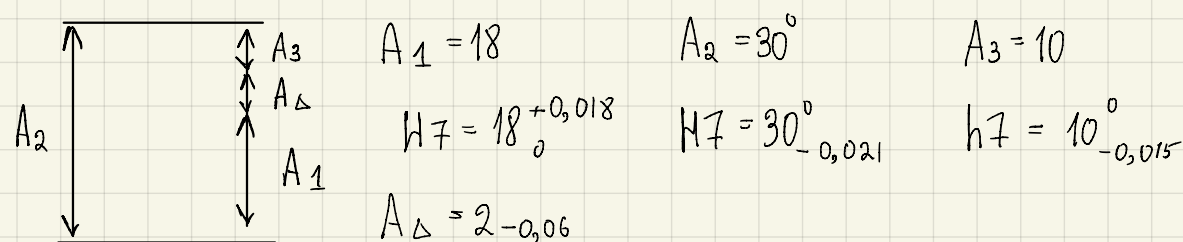
К прямой относится те, в которых по известному допуску замыкающего размера требуется определить допуски и отклонения на все составляющие размеры размерной цепи.

Прямую задачу можно решать в условии полной взаимозаменяемости и неполной

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

$$\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_n \quad ; \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_{cp}$$

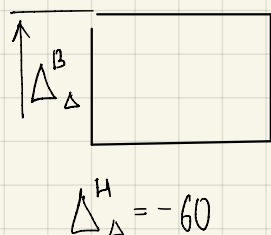
$$\alpha_{cp} = \frac{\delta_D}{\sum_{i=1}^n \bar{L}_i}$$



$$1. \delta_\Delta =$$

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

Обр. задачи:



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

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

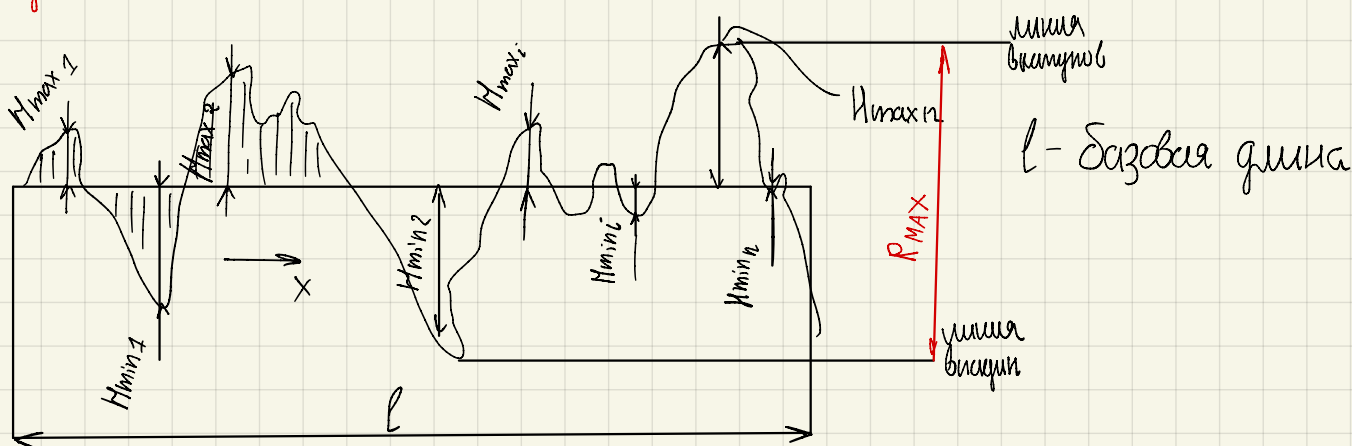
$$\Delta_\Delta^H = -21 - 18 = -39$$

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

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

Лекция 11

Шероховатость



Базовая длина - длина участка поверхности, выбранного для измерения шероховатости

l:	0,01	0,08	0,8	8	
	0,03	0,25	2,5	25	MM

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

Среднее арифметическое отклонение профиля - Ra

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

R_z - высота неровности профиля по 10 точкам

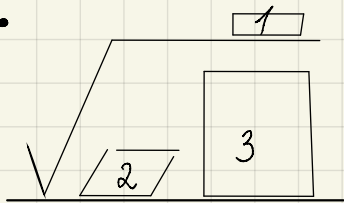
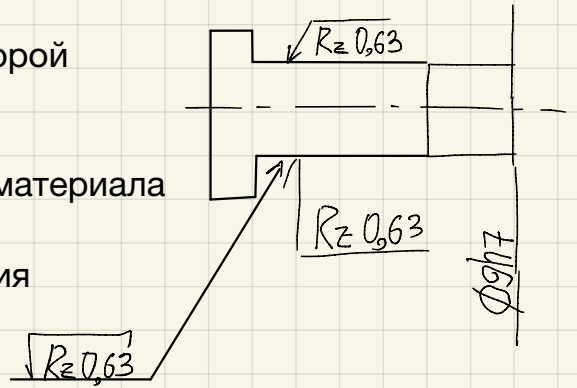
$$R_z = \frac{|\sum_{i=1}^5 H_{\max i}| + |\sum_{i=1}^5 H_{\min i}|}{5}$$

Обозначения шероховатости поверхности на чертежах: (ГОСТ 2.309)

✓: Обозначение поверхности, метод образования которой неизвестен

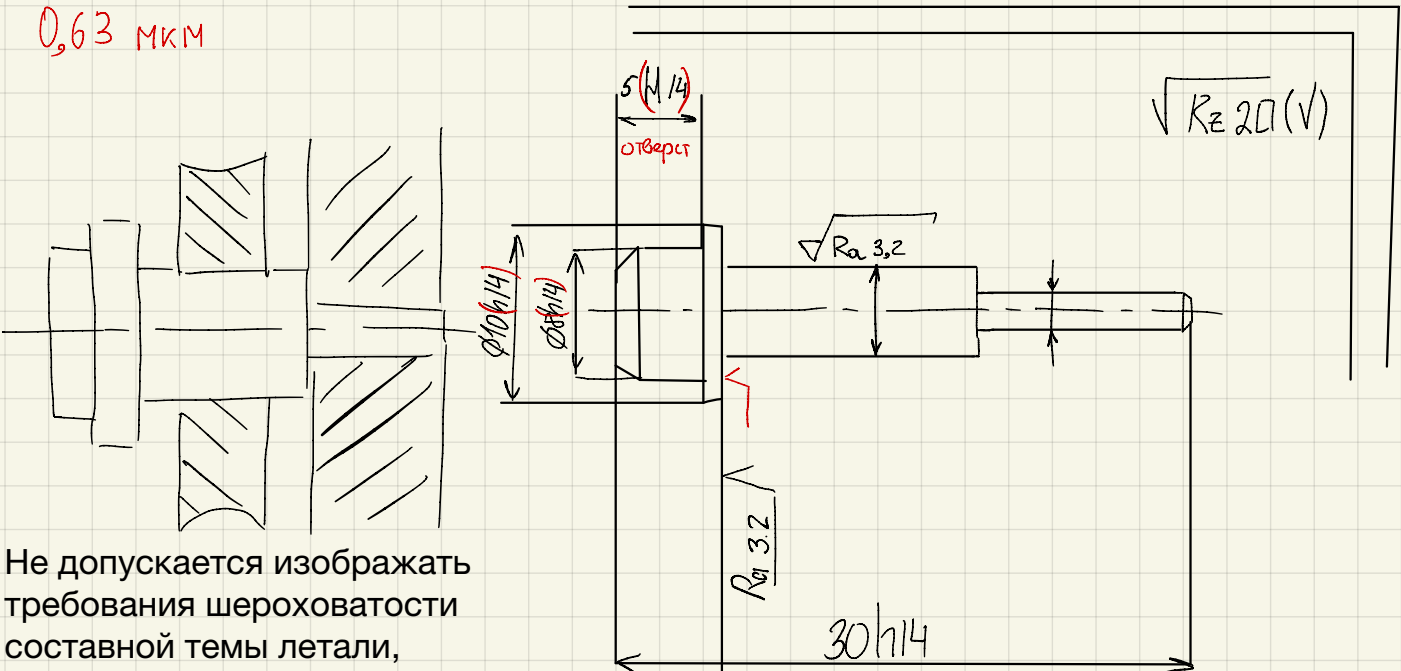
✓ : Поверхность должна быть обеспечена удалением материала

✓: 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



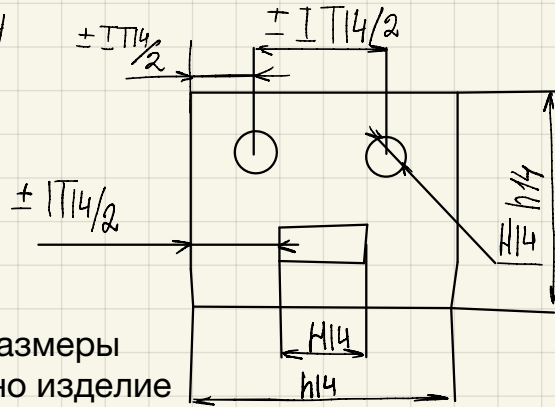
Не допускается изображать требования шероховатости составной темы летали, обозначения должны находится снаружи тела детали

Неуказанные предельные отклонения по 14 кв, по Н14,
h14, \pm IT14/2

Параметр шероховатости выбирается по ГОСТ, исходя из назначения поверхности

$$H14, h14, \pm IT14/2 \rightarrow js14$$

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 допуски ($\pm IT/2$) используют для межосевых расстояний

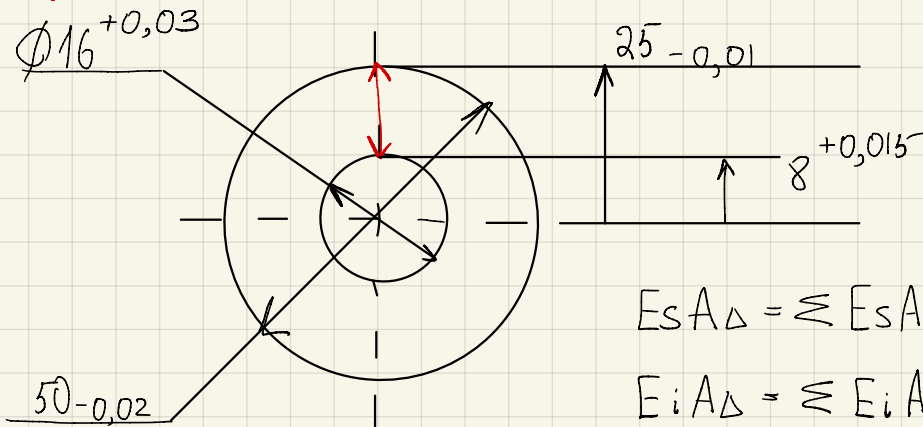
В некоторых случаях вид поверхности определяют с учетом технологий изготовления

Размерные цепи

Способы расчёта

1. Способ равных допусков
2. Способ одного качества

Лекция 12



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

$$Es A_{\Delta} = Es A_{y\phi} - Es A_{y\mu} = 0 - 0 = 0$$

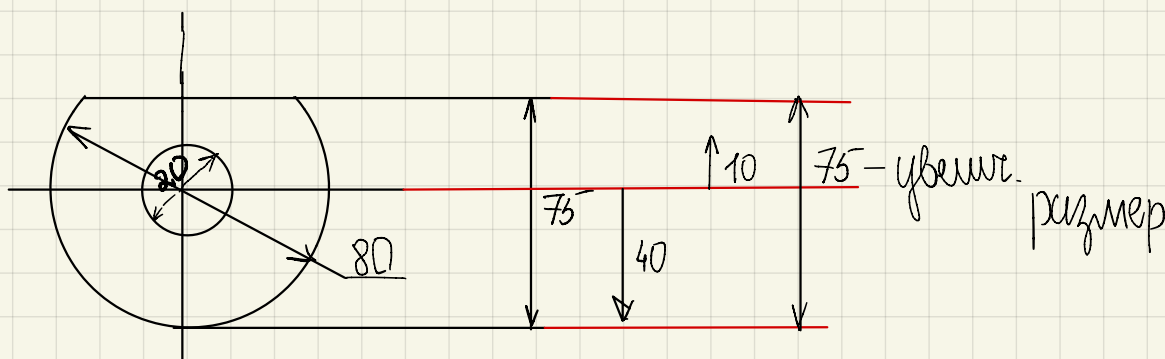
$$Ei A_{\Delta} = Ei A_{y\phi} - Es A_{y\mu} = 0,01 - 0,015 = -0,005$$

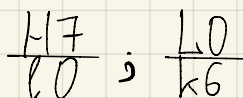
$$TA_{\Delta} = 0 - (-0,005) = 0,005$$

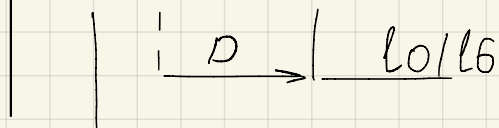
$$TA_{\Delta} = \sum TA_j$$

$$0,005 = 0,01 + 0,015$$

всегда больше

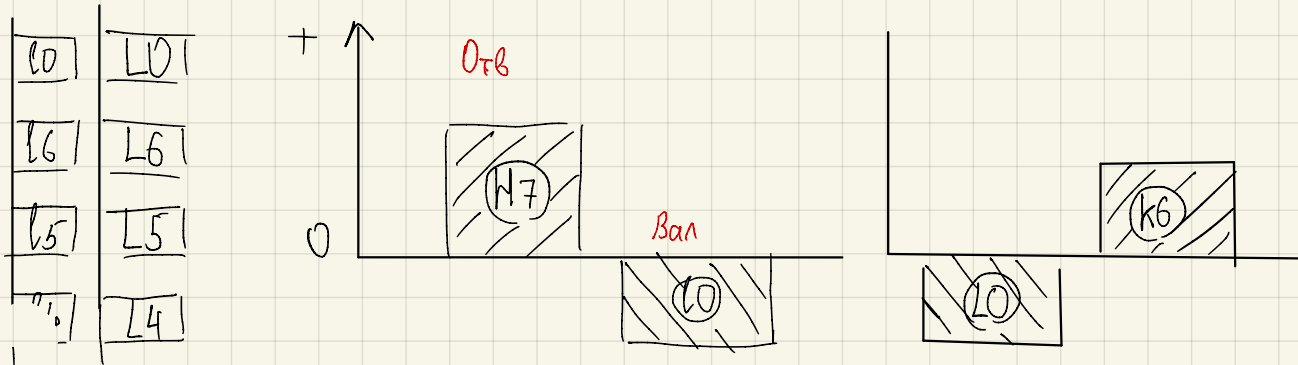




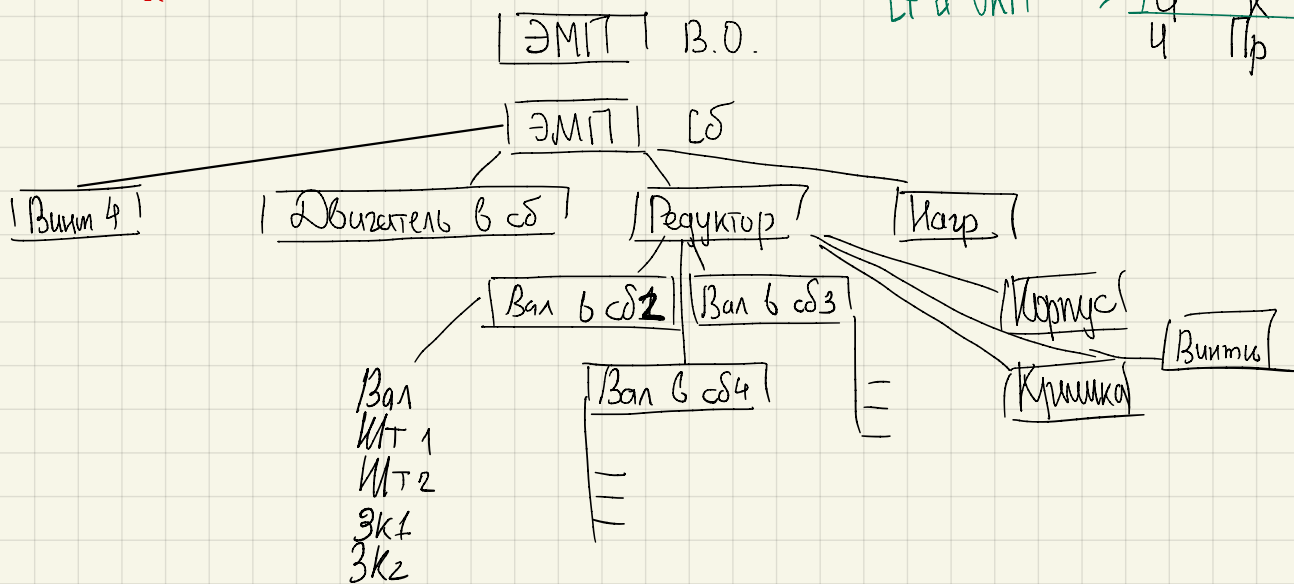
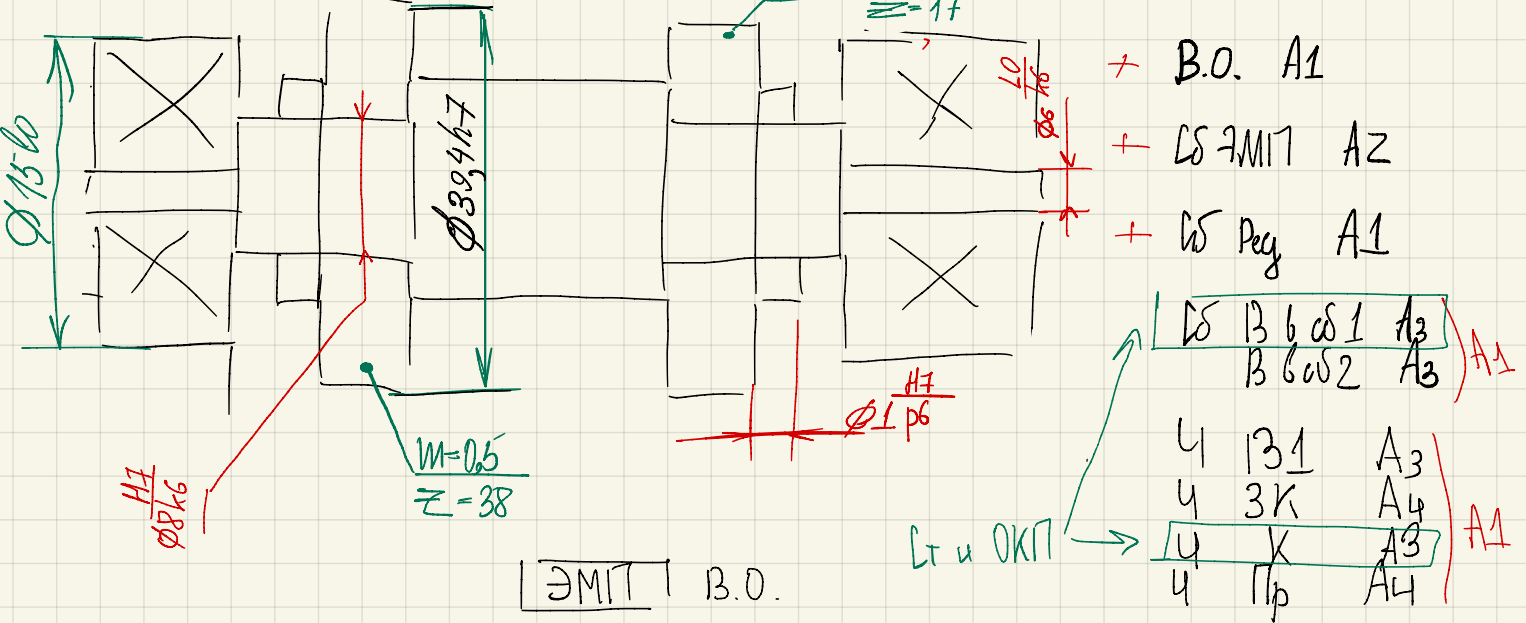


Подшипники качения оба кольца применяют в качестве основных деталей системы допусков

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



С натягом ставится то колесо, которое вращается $m=0,3$
 $\bar{z}=-17$



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

Потаниной "Разработка КД при КИТ"

А3