ГПиСО

13 февраля
Лекция 1

Гироскопические системы ориентации - системы которые служат для опоеделения углов курса крена и тангаж

Тангаж - угод между продольносй осью ЛА и ее проекцией на плоскость местного горизонта

Крена - угод между поперечной осью ЛА и ее проекцией на плоскость местного горизонта

Плоскость местного горизонта

Гировертикали - системы предназначены для измерения углов крена и тангажа. Грубые, повышенной точности и прецезионные

Угол Курса - это угол между проекцией продольной оси ЛА на плоскость местного горизонта и мередианальной плоскости.

Для определения угла курса служат **курсовые приборы и системы**: гироскопические компасы, гирополукомпасы, гироскопы направления, указатели направления ортодромии, гироорбитанты.

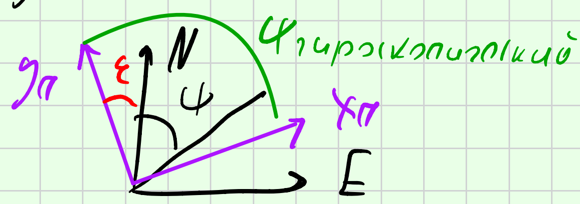
Курсовые приьоры и системы. Гирокомпасы. Будет рк с защитой. Дают рк по материалам на самостоятельную проработку.

Гирокомпас Фуко или гирокомпас на дусе.
Гирокмпас — прибор который подобно магнитной стрелке находит направление направление географического мередиана и удерживает это направление в течение всего времени действия прибора

Приниуп действия

угол курса

угол азимутальный



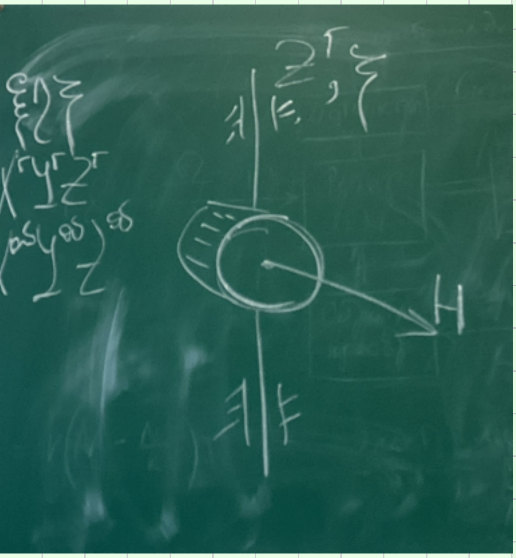
$\xi\ \eta\ \zeta$ — ск связнаная с основание на котором установлен двухстепенной гирокомпас

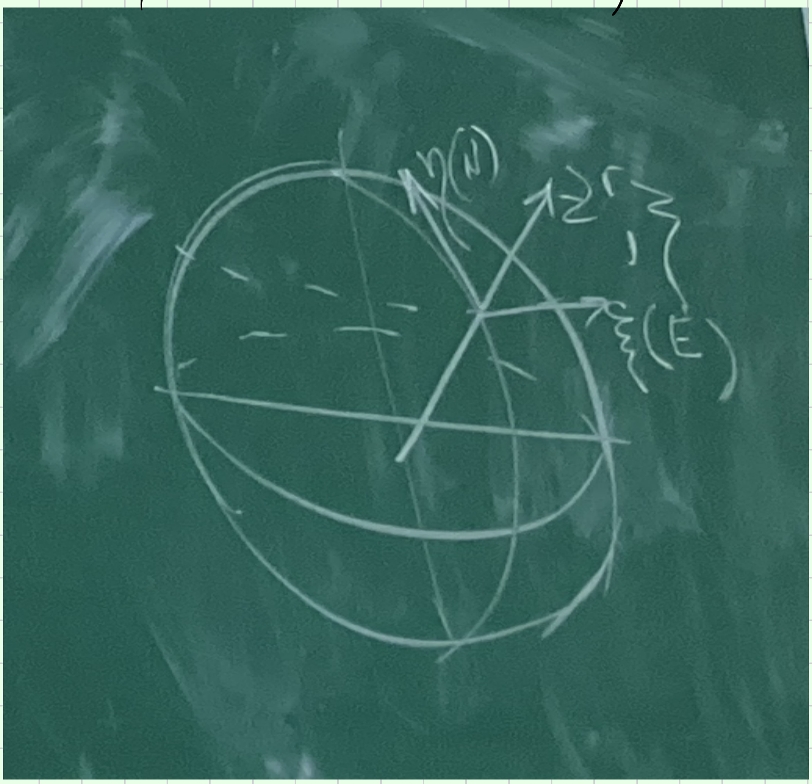
$X^г y^г z^г$ — ск связанная с самим элементом

$x^{од}\ y^{од}\ z^{од}$ — промежуточная ск

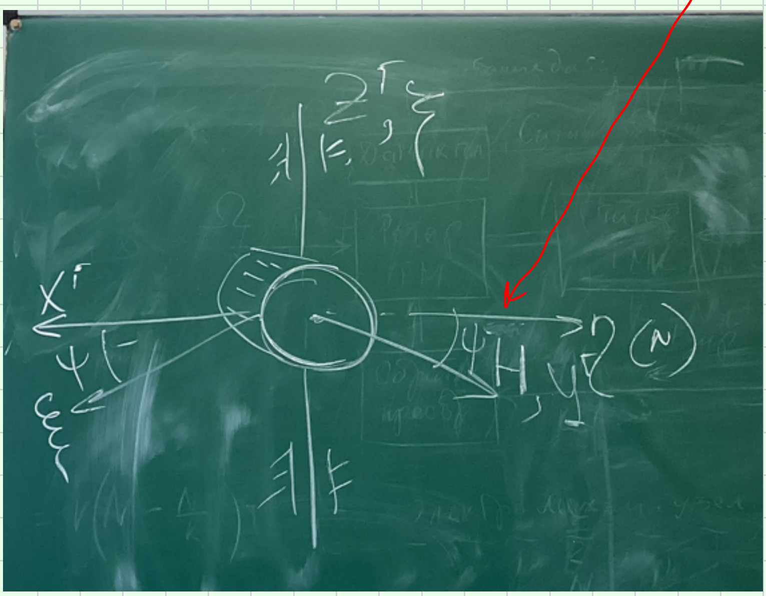
16

$z^г$ связана с ист. вертикалью, т.е ζ

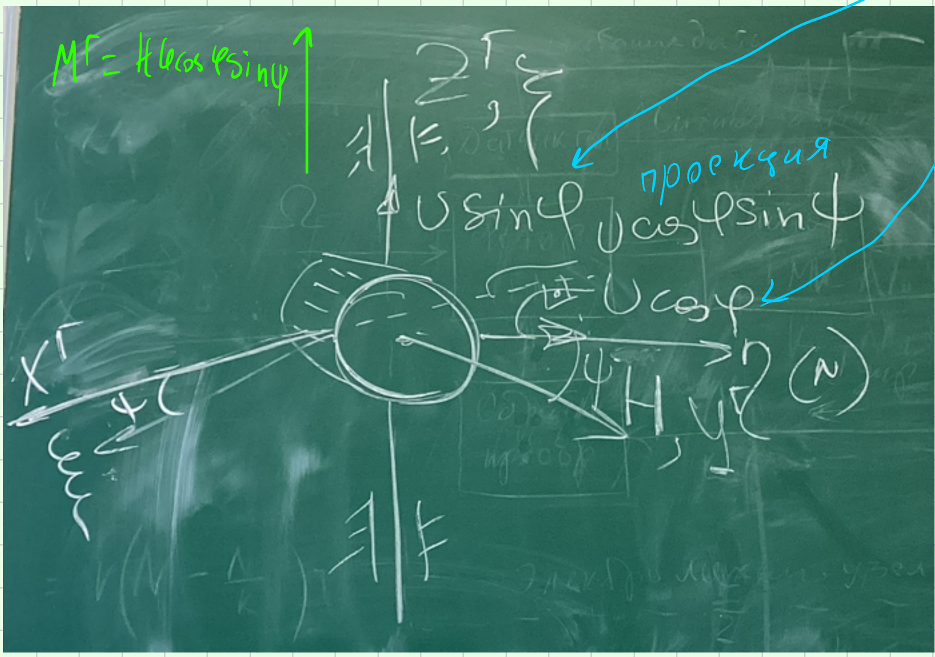




В начальный момент времени угол ψ



21 Проекции суточного вращения скорости Земли:



Будет Мгир по оси z. Направлен вверх: под дейсвтием Мгир будет поворот до направления на север. Движение до тех пор пока ось угне совеститься
27 с направлением на север ось эта. Проекция натось хг станет равной 0

Принцп действия
В начальный момент две ск развернуты друг отн друга на пси. Дальше у нас на оси кси эта дзета пооекции скорости суточного вр земли 0 Ucos фи Usinpsi. Они имеют проекции на ось X гироскопа, равную U cos фи sin фи, которая является переносной углоыой скоростью для нашего гир. Возникает Мгир по оси зет ао действием которого Н стремиться совеститься с направление географиечксрго мередиана. Движение будет происходить до тех пор пока ось уг не совеститься с направлением географического мередиана.

Уравнение движения в осях гироскопа
По принципу Даламбера. Нужна усмма моментов отн Z г

$$\sum M_{z^{Г}} = 0$$

без cos

$$-I_z \cdot \dot{\omega}_{z^{Г}} - \mathcal{D}_z \cdot \dot{\alpha} + H\omega_{x^{Г}} + M^{ВН} = 0$$

Но объект подвижный

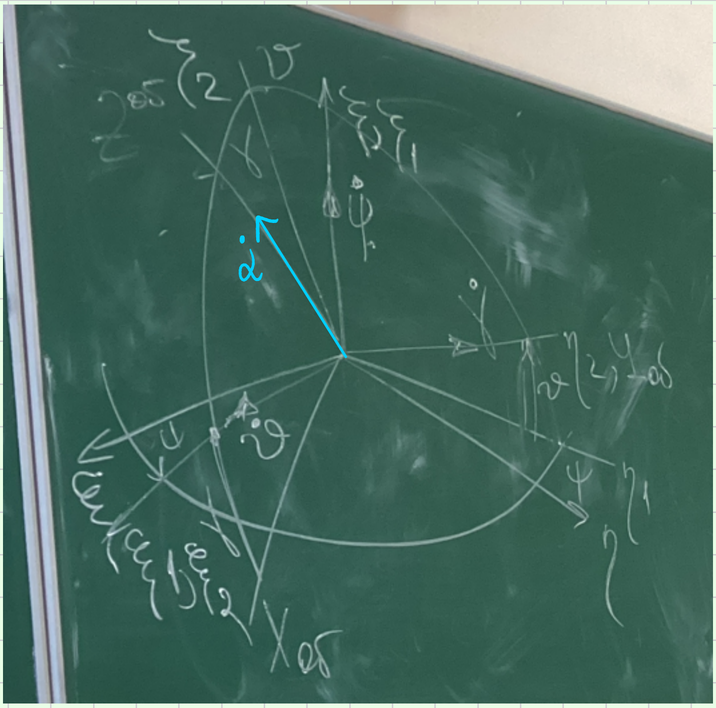
$\dot{\psi}$ - курс

$\dot{\gamma}$ - крен

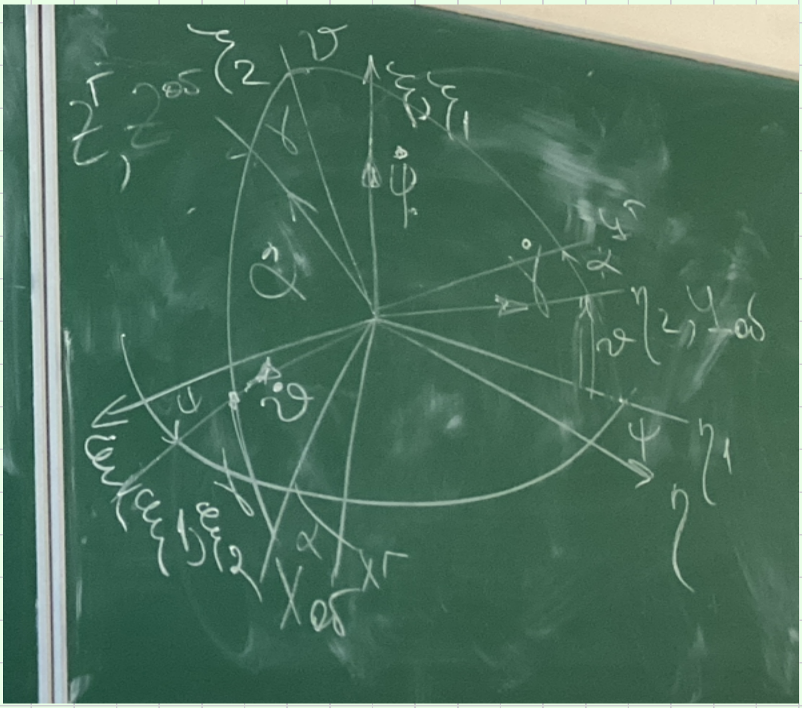
$\dot{\vartheta}$ - тонгаж.

38

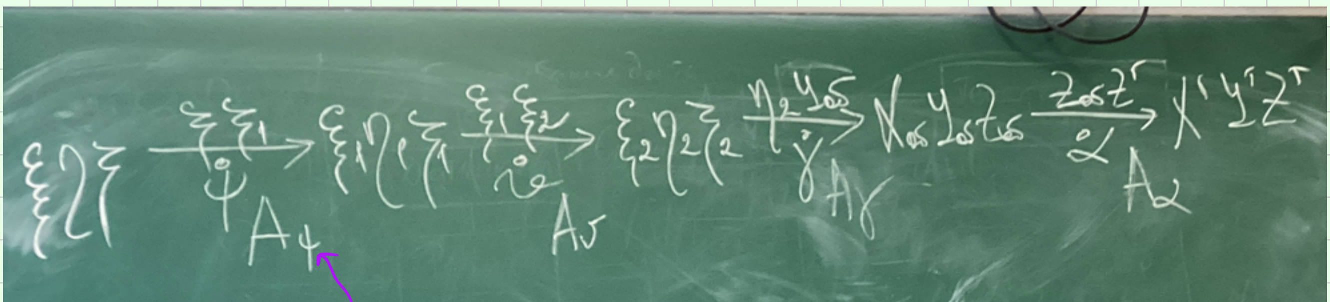
3 поворота



1 поворот с $\dot{\alpha}$

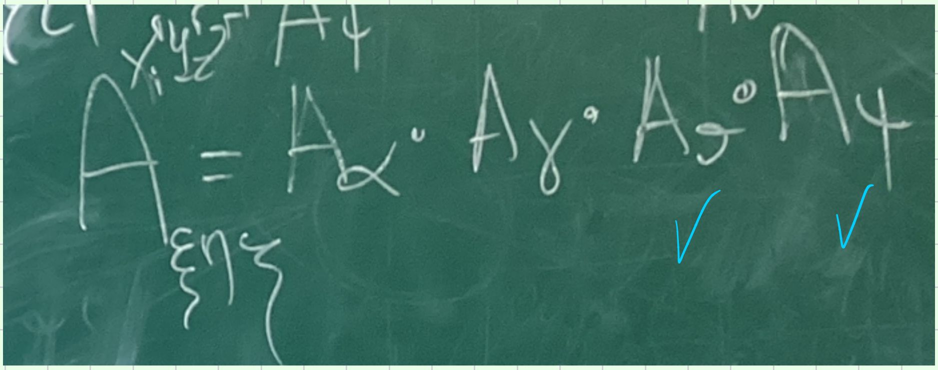


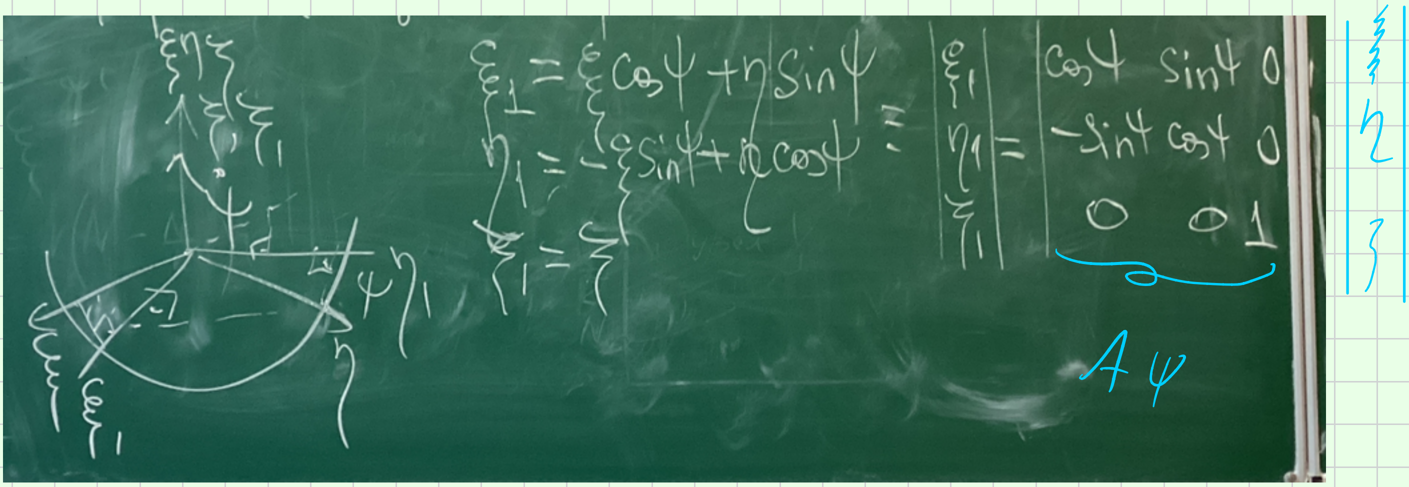
43 **Схема поворотов:**



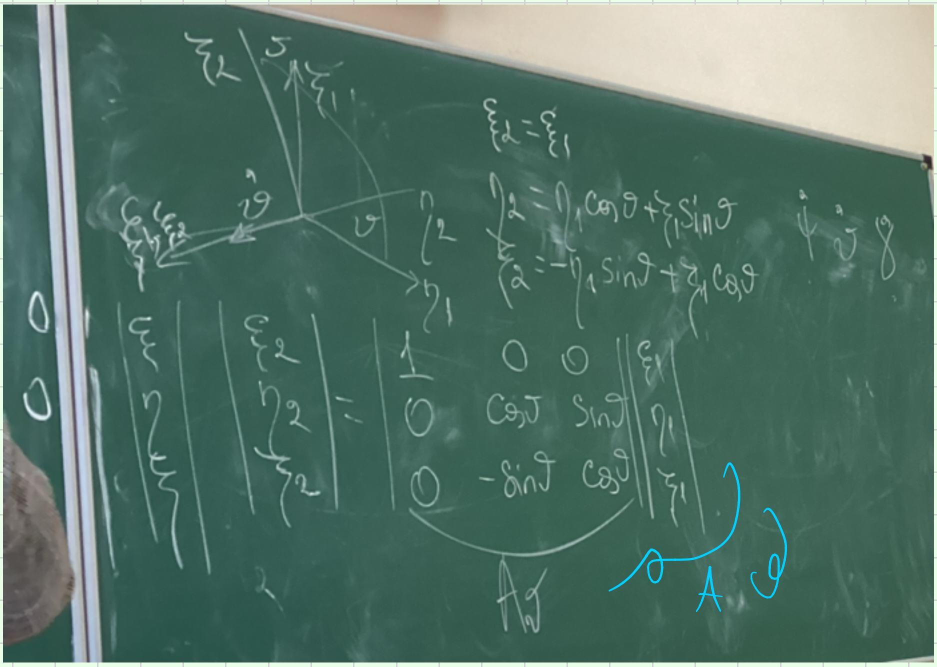
название матриц.

Made with Goodnotes





52 Второй поворот:



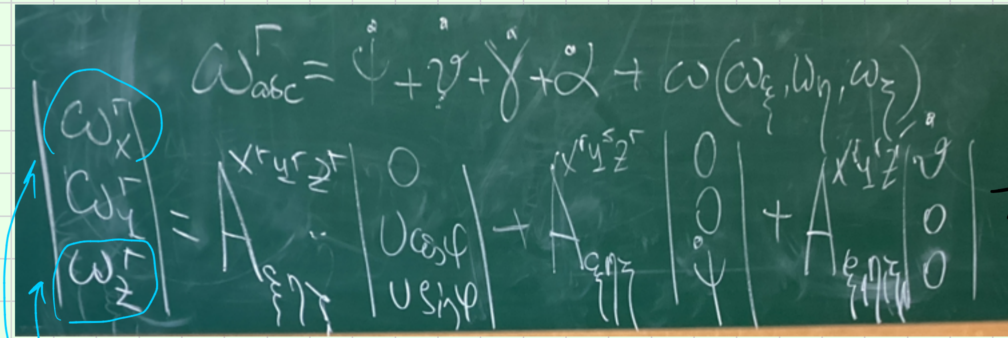
Дальше строим еще две матрицы. Потом перемножаем, получится матрица 3x3

58

Дальше нужна абсолютная угловая скорость на оси

$$\omega_{o\delta c}^{\Gamma} = \dot\psi + \dot\vartheta + \dot\gamma + \dot\alpha + \underbrace{\omega(\omega_\xi, \omega_\eta, \omega_\zeta)}_{\text{Поворот основания}}$$

1.02

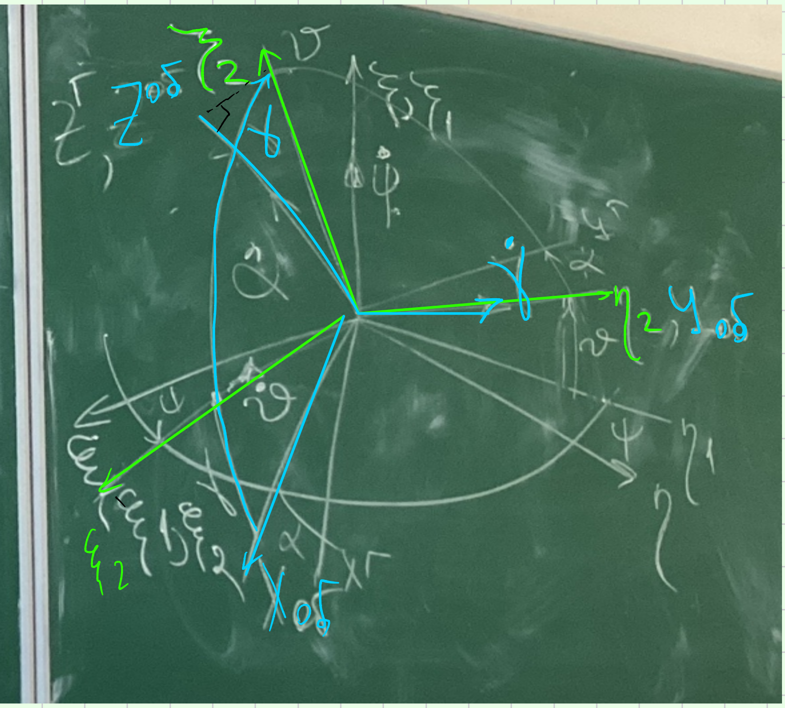


$$+A^{x^\Gamma y^\Gamma z^\Gamma}_{\xi_2\eta_2\zeta_2}\begin{vmatrix}0\\ \dot\gamma\\ 0\end{vmatrix} + A_\alpha\begin{vmatrix}0\\ 0\\ \dot\alpha\end{vmatrix}$$

$$A^{x^\Gamma y^\Gamma z^\Gamma}_{x_{o\delta}\, y_{o\delta}\, z_{o\delta}}$$

Нам нужны

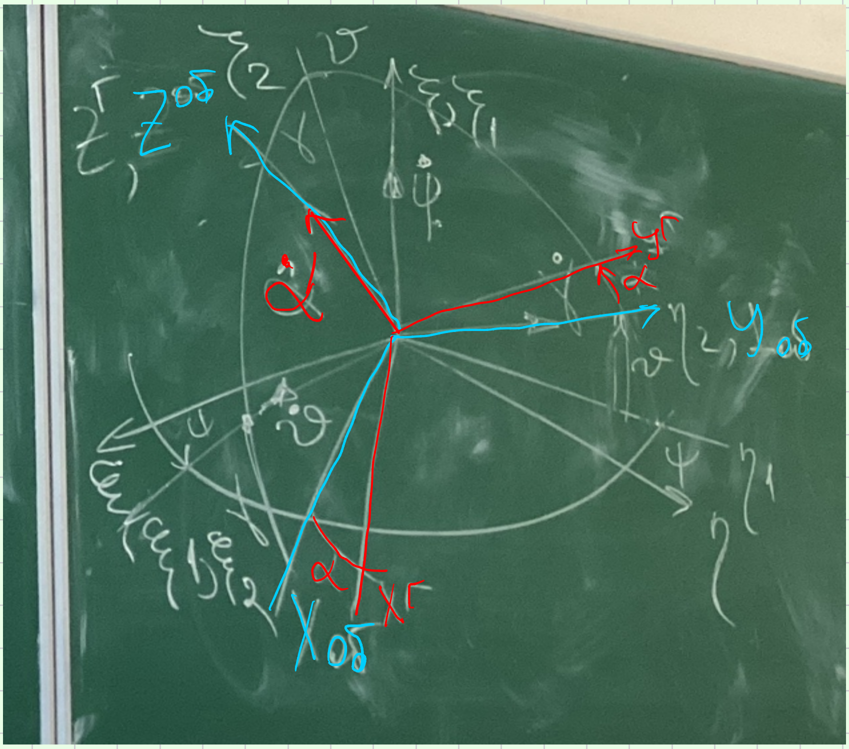
Ищу A_γ; $\xi_2\,\eta_2\,\zeta_2 \xrightarrow{\dot\gamma} x_{o\delta}\, y_{o\delta}\, z_{o\delta}$



$$x_{o\delta} = \zeta_2 \cos\gamma - \xi_2 \sin\gamma$$
$$y_{o\delta} = \eta_2$$
$$z_{o\delta} = \zeta_2 \sin\gamma + \xi_2 \cos\gamma$$

$$\begin{vmatrix} x_{o\delta}\\ y_{o\delta}\\ z_{o\delta}\end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -\sin\gamma & 0 & \cos\gamma\\ 0 & 1 & 0\\ \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \end{vmatrix}\begin{vmatrix}\zeta_2\\ \eta_2\\ \xi_2\end{vmatrix}$$

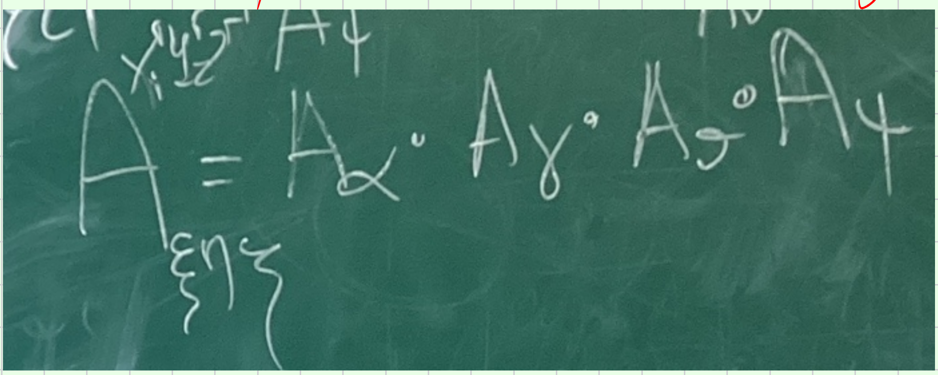
Ищу A_α: $X_{\text{об}}\, Y_{\text{об}}\, Z_{\text{об}} \xrightarrow[\alpha]{z} X^{\text{г}}\, Y^{\text{г}}\, Z^{\text{г}}$



$$X^{\text{г}} = X^{\text{об}} \cos\alpha + Y^{\text{об}} \sin\alpha$$
$$y^{\text{г}} = -X^{\text{об}} \sin\alpha + y^{\text{об}} \cos\alpha$$
$$z^{\text{г}} = Z^{\text{об}}$$

$$\begin{Vmatrix} X^{\text{г}} \\ Y^{\text{г}} \\ Z^{\text{г}} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} X_{\text{об}} \\ Y_{\text{об}} \\ Z_{\text{об}} \end{Vmatrix}.$$

Перемножаю матрицы



$$A_{\xi\eta\zeta}^{X^{\text{г}} y^{\text{г}} z^{\text{г}}} = \underbrace{\begin{Vmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}}_{A_\alpha} \underbrace{\begin{Vmatrix} -\sin\gamma & 0 & \cos\gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \end{Vmatrix}}_{A_\gamma} \underbrace{\begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\vartheta & \sin\vartheta \\ 0 & -\sin\vartheta & \cos\vartheta \end{Vmatrix}}_{A_\vartheta} \underbrace{\begin{Vmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}}_{A_\psi}$$

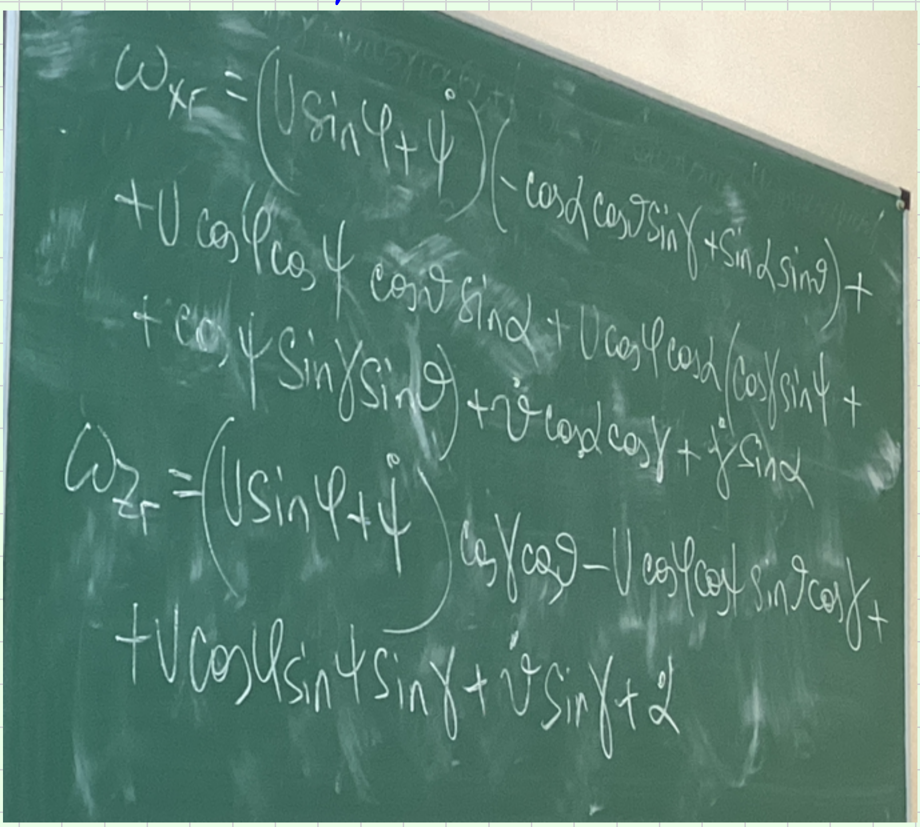
$$A_{\xi\eta\zeta}^{x_r y_r z_r} = \underbrace{\begin{pmatrix} -\cos\alpha\sin\gamma & \sin\alpha & \cos\alpha\cos\gamma \\ \sin\alpha\sin\gamma & \cos\alpha & -\sin\alpha\cos\gamma \\ \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \end{pmatrix}}_{A_\alpha \cdot A_\gamma} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} \cos\psi & \sin\psi\cos\theta & \sin\psi\sin\theta \\ -\sin\psi & \cos\psi\cos\theta & \cos\psi\sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}}_{A_\vartheta \cdot A_\psi}$$

$$= \begin{pmatrix} +\cos\psi\cos\alpha\sin\gamma - \sin\psi\cos\theta\sin\alpha\sin\gamma + \sin\psi\sin\theta\cos\gamma & \cos\psi\sin\alpha + \sin\psi\cos\theta\cos\alpha & \cos\psi\cos\alpha\cos\gamma - \sin\psi\cos\theta\sin\alpha\cos\gamma + \sin\psi\sin\theta\sin\gamma \\ \sin\psi\cos\alpha\sin\gamma + \cos\psi\cos\theta\sin\alpha\sin\gamma + \cos\psi\sin\theta\cos\gamma & -\sin\psi\sin\alpha + \cos\psi\cos\theta\cos\alpha & -\sin\psi\cos\alpha\cos\gamma - \cos\psi\cos\theta\sin\alpha\cos\gamma + \cos\psi\sin\theta\sin\gamma \\ -\sin\theta\sin\alpha\sin\gamma + \cos\theta\cos\gamma & -\sin\theta\cos\alpha & \sin\theta\sin\alpha\cos\gamma + \cos\theta\sin\gamma \end{pmatrix}$$

20 февраля
Лекция 2

$$\omega_{x_r} = (U\cdot\sin\varphi + \dot\psi)(-\cos\alpha\cdot\cos\vartheta\cdot\sin\gamma + \sin\alpha\cdot\sin\vartheta) +$$
$$+ U\cdot\cos\varphi\cdot\cos\psi\cdot\cos\vartheta\cdot\sin\alpha + U\cos\varphi\cos\alpha(\cos\gamma\sin\psi + \cos\psi\cdot\sin\gamma\cdot$$
$$\cdot\sin\vartheta) + \dot\vartheta\cos\alpha\cos\gamma + \dot\gamma\sin\alpha$$

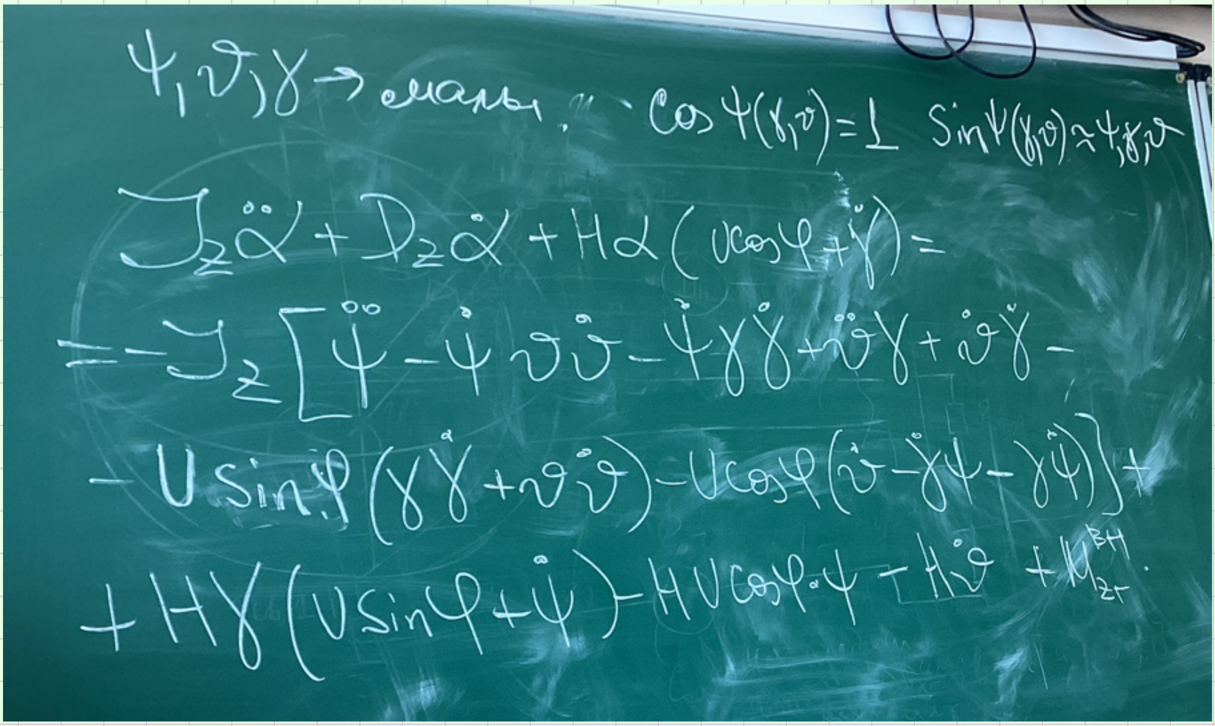
$$\omega_{z_r} = (U\sin\varphi + \dot\psi)\cos\gamma\cos\vartheta - U\cos\varphi\cos\psi\cdot\sin\vartheta\cdot\cos\gamma +$$
$$+ U\cdot\cos\varphi\cdot\sin\psi\sin\gamma + \dot\vartheta\cdot\sin\gamma + \dot\alpha$$



$$\psi, \vartheta, \gamma - \text{малы} \Rightarrow \cos\psi(\gamma,\vartheta)=1 \quad \sin\psi(\gamma,\vartheta) \approx \psi,\gamma,\vartheta$$

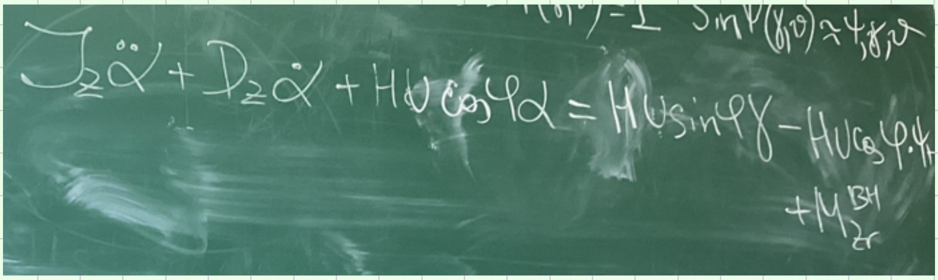
$$I_z\ddot{\alpha} + D_z\dot{\alpha} + H\alpha(U\cos\varphi + \dot{\gamma}) = -I_z[\ddot{\psi} - \dot{\psi}\vartheta\dot{\vartheta} - \dot{\psi}\gamma\dot{\gamma} + \ddot{\vartheta}\gamma + \dot{\vartheta}\dot{\gamma} - U\sin\varphi(\gamma\dot{\gamma} + \vartheta\dot{\vartheta}) - U\cos\varphi(\dot{\vartheta} - \dot{\gamma}\psi - \gamma\dot{\psi})] +$$

$$+ H\gamma(U\sin\varphi + \dot{\psi}) - H\cdot U\cdot\cos\varphi\cdot\psi - H\dot{\vartheta} + M_{zr}^{вн}$$



Двухстепенной гирокомпас на подмвдном основании не используется никогда

$$I_z\ddot{\alpha} + D_z\dot{\alpha} + HU\cos\varphi\,\alpha = HU\sin\varphi\,\gamma - HU\cos\varphi\cdot\psi + M_{zr}^{вн}$$



22

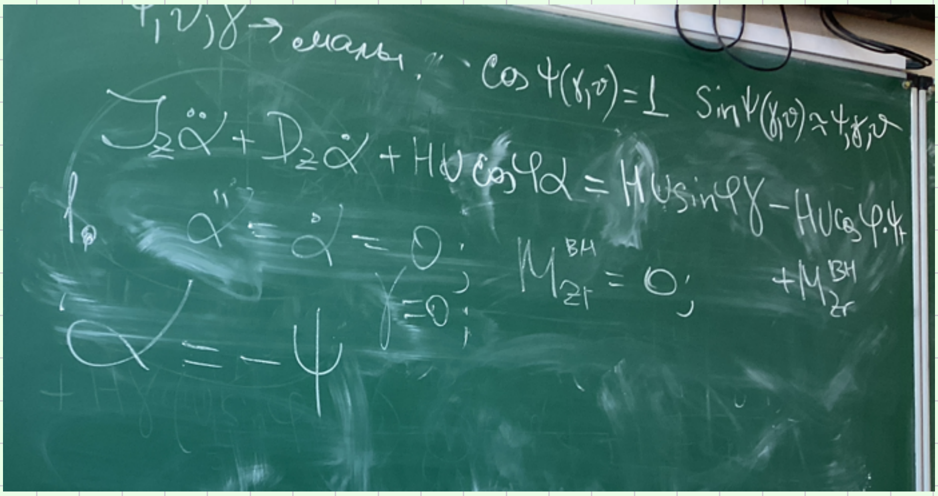
1 частный случай

Возьмем установившийся режим:

Пускай прибор идеальный то есть Мвозм. Не будет. Будем полагать что ось гироблока установлена вертикально.

$$\ddot{\alpha} = \dot{\alpha} = 0; \quad M_{zr}^{вн} = 0; \quad \gamma = 0$$

$\alpha = -\psi$ - угол курса, т.е гирокомпас работает



2 частный случай

2б $\ddot{\alpha} = \dot{\alpha} = 0$; $\gamma = 0$

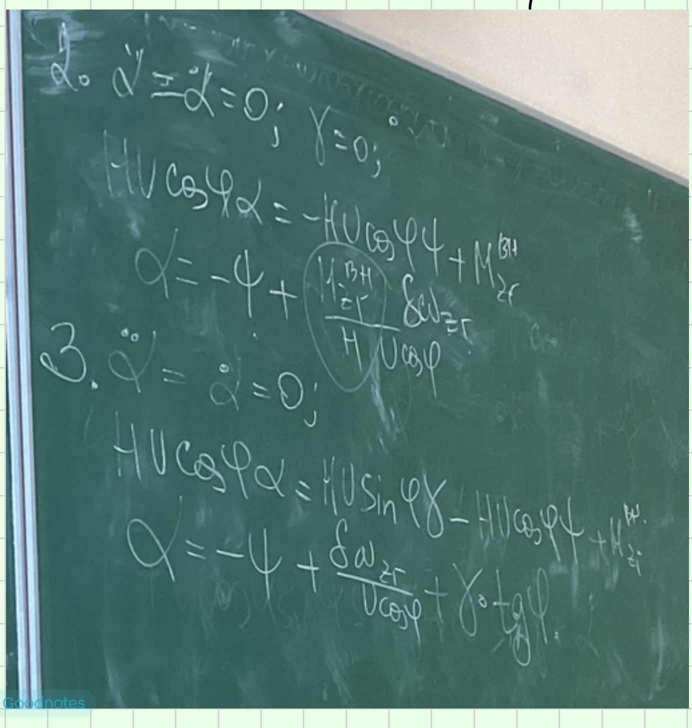
$$HU\cos\varphi\,\alpha = -HU\cos\varphi\,\psi + M_{z\Gamma}^{BH}$$

$$\alpha = -\psi + \frac{M_{z\Gamma}^{BH}}{HU\cos\varphi} \quad \delta\omega_{z\Gamma}$$

Чем точнее гироблок, тем точнее опредяем угол курса

3 частный слуяай $\ddot{\alpha} = \dot{\alpha} = 0$

$$HU\cos\varphi\,\alpha = HU\sin\varphi\,\gamma - HU\cos\varphi\,\psi + M_{z\Gamma}^{BH}$$

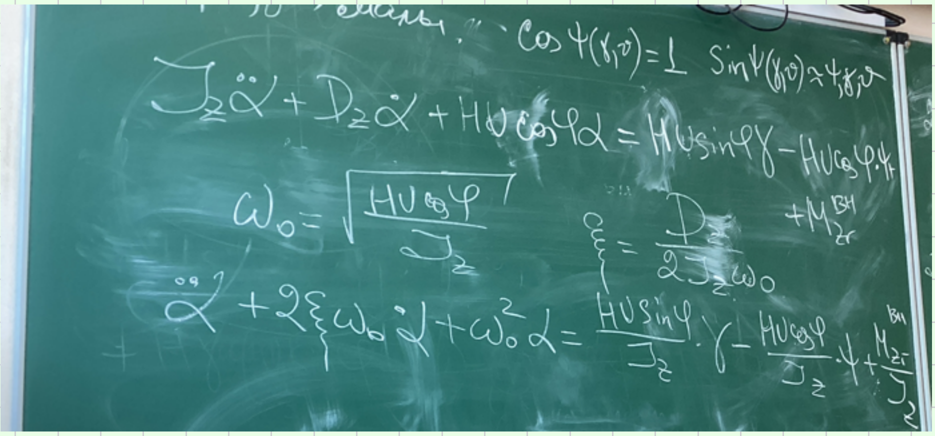


То есть на высоких широтах, если мы z не строго вертикализировли, ошибка может быть большой

ω_0 — собственная частота колебаний гирокомпаса

ξ — декремент затухания $\qquad \xi = \dfrac{D_z}{2 I_z \omega_0}$

$$\ddot{\alpha} + 2\xi\omega_0\dot{\alpha} + \omega_0^2\alpha = \frac{HU\sin\varphi}{I_z}\gamma - \frac{HU\cos\varphi}{I_z}\cdot\psi + \frac{M_{z\Gamma}^{BH}}{I_z}$$



Период: $T = \dfrac{2\Pi}{\omega_0} = 10..30\text{с}$

Период колбений неудобный, потому что по точкам реверсии снимать показания по точк₽м реверсии неудобно. Очень маленький период. А для цифровой обработки период великоват

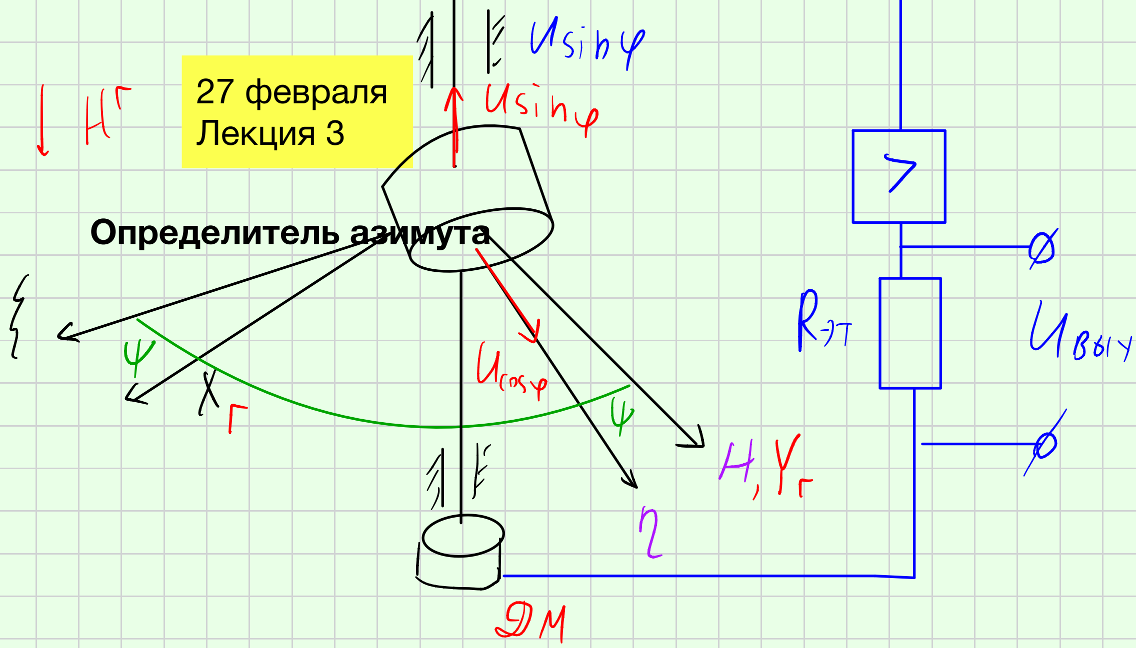
36 Самостоятельно еще рвз посмотреть что будет с гирокомпасом при движении на подвижном основании. Задать только одну скорость и усокрени убрать. Посмотреть что получится

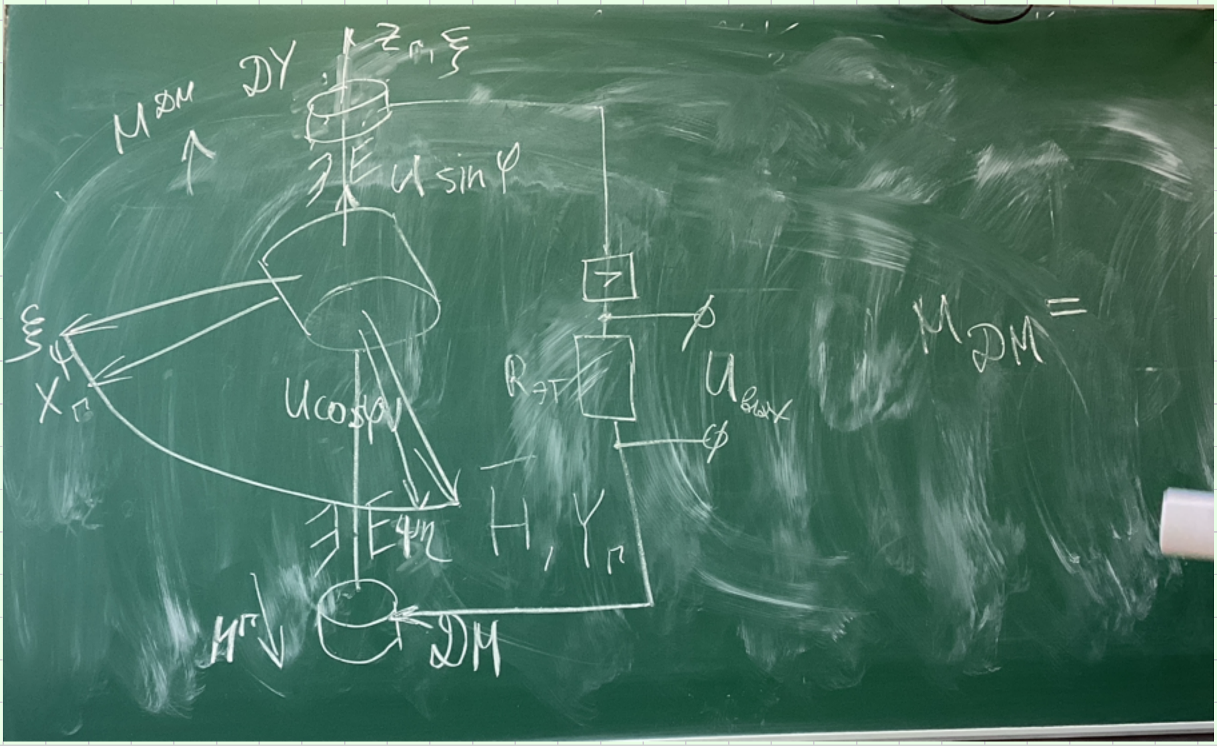
Пусть есть скорость основания по оси x

$$\omega_{x\Gamma} = (U\cdot\sin\varphi + \psi)(-\cos\alpha\cdot\cos\vartheta\cdot\sin\gamma + \sin\alpha\cdot\sin\vartheta) +$$
$$+ U\cos\varphi\cdot\cos\psi\cdot\cos\vartheta\cdot\sin\alpha + U\cos\varphi\cos\alpha(\cos\gamma\sin\psi + \cos\psi\cdot\sin\gamma\cdot$$
$$\cdot\sin\vartheta) + \dot{\vartheta}\cos\alpha\cos\gamma + \dot{\gamma}\sin\alpha$$

27 февраля
Лекция 3

Определитель азимута





$$M_{дм} = K_{ду} \cdot K_{у} \cdot K_{дм} \cdot \alpha$$

Если есть рассогласование между системами координат географической то есть связанной с основанием и ск связанной с чувствительным элементом на ось чувствительности будет проецироваться сигнал Ucos fi sin psi. Появится ~~гироскопический момент.~~ Который заставит его поворачиваться. С эталонного резистра снимаем сигнал. Снимаем информацию об ушле рассогласования.

Уравнения движения

ψ – Отклонение от севера

$$\sum M = 0$$

$$M^{Г} + M^{дм} + M^{вн} = 0$$

14

$$I\ddot{\alpha} + D\cdot\dot{\alpha} + H\cdot U\cdot\cos\varphi\,\sin(\psi+\alpha) + K_{дм}\,i_{ос} = 0$$

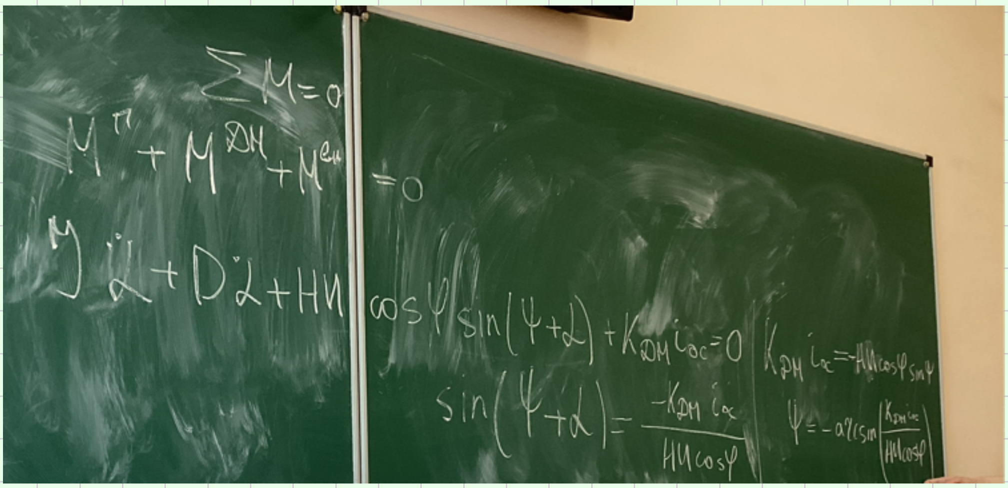
$$\sin(\psi+\alpha) = \frac{-K_{дм}\cdot i_{ос}}{HU\cos\varphi}$$

α - необходим для работы устройства

Это наша статическая ошибка.

$$K_{дм}\cdot i_{ос} = -H\cdot U\cdot\cos\varphi\,\sin\psi$$

$$\psi = -\arcsin\left(\frac{K_{дм}\cdot i_{ос}}{H\cdot U\cos\varphi}\right)$$



19 Недостатки - то что нужно знать все параметры входящие в эту формулу

Плюсы - простая конструкция, можно скомпенсировать ошибки

В этом уравнении мы не учли вредные моментв

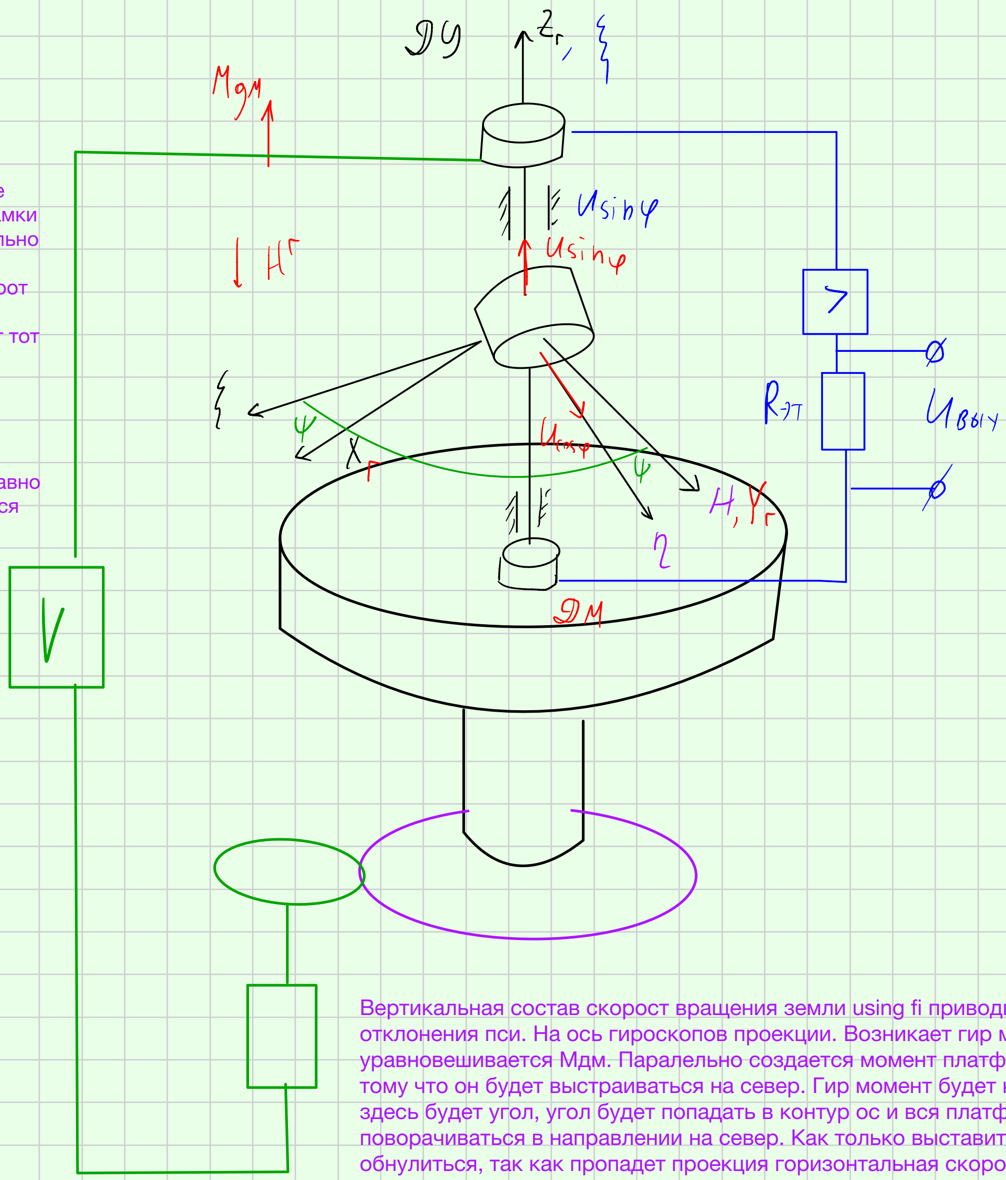
Повышение точности: взять точный дус. Ввести в ос интегратор и он обнулит альфа статическую ошибку

Развернусть вокруг H и померить трение. Трение в одну трение в другую и скомпенсиурем ошибку

Геометрическая схема

Недостк сложная конструкция, явление захвата, когда ось рамки установлена не идеально совпадая с осью стабилизации, разворот будет неправильный. Будет поадваться нет тот кгол, и не тот север

Достинства: нам не нужно знать все параметры системы, потому что она все равно будет разоврачиваться на север



29

Вертикальная состав скорост вращения земли using fi приводит Появляется угол отклонения пси. На ось гироскопов проекции. Возникает гир момент, он уравновешивается Мдм. Паралельно создается момент платформы. Это приведет к тому что он будет выстраиваться на север. Гир момент будет компенсировать Мдм но здесь будет угол, угол будет попадать в контур ос и вся платформа будет поворачиваться в направлении на север. Как только выставить на север то угол обнулиться, так как пропадет проекция горизонтальная скорости вращения земли проек. Пропадет угол и гс остановится.

Труднее делать и явление захвата

31

Явление захвата самим разобраться в Пельпоре
Будет подаваться нина оот момент и выставляться не на север

Здесь не надо точно знать параметры в отличие от прошлого

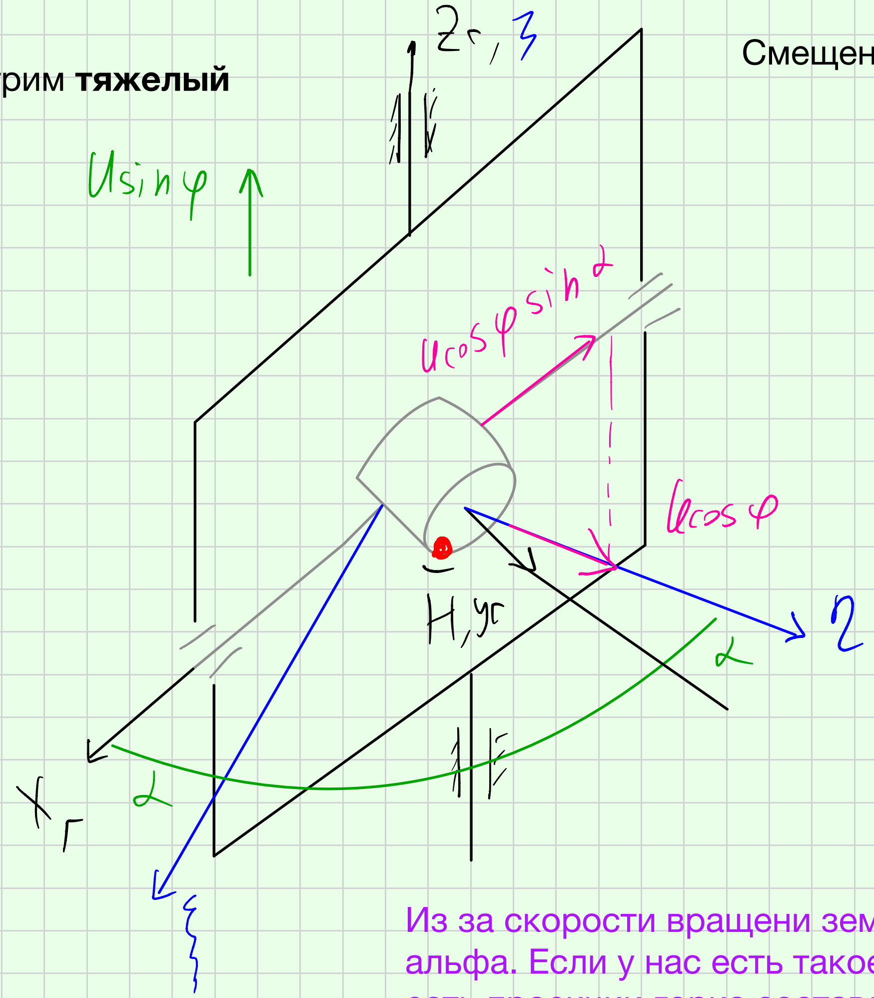
33

Трёхстепенной гирокомпас

Тяжелый это центр подвеса с цетром масс не совпадают

Рассматрим **тяжелый**

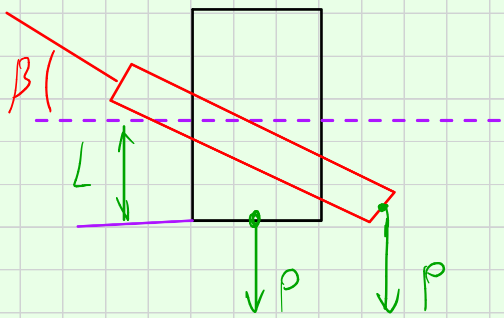
Смещен вдоль оси зет



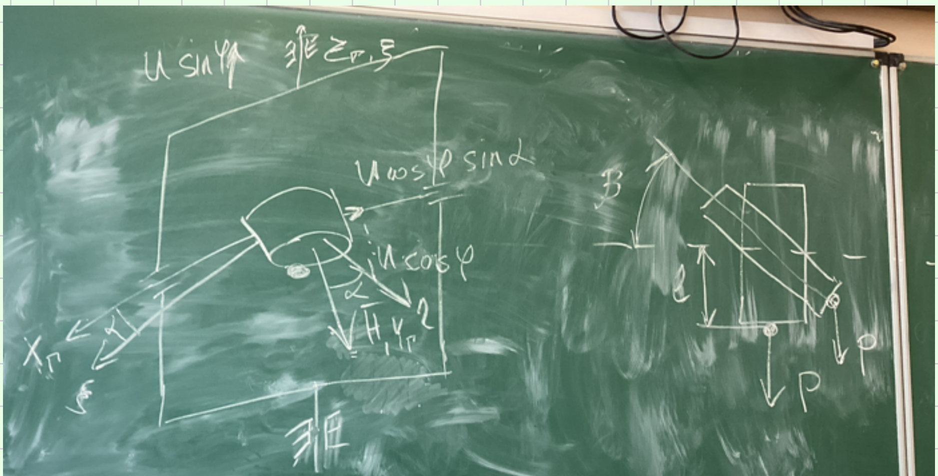
Из за скорости вращени земли возникает угол альфа. Если у нас есть такое от альфа у нас есть проекции гориз составляющей. Эта скорость приведет к тому мы будем видеть кажущийся уход. Визу н отн горизонта меняет свое положение

Посмотрим со стороны

У нас есть пр



$$M^{м} = pl\sin\beta$$



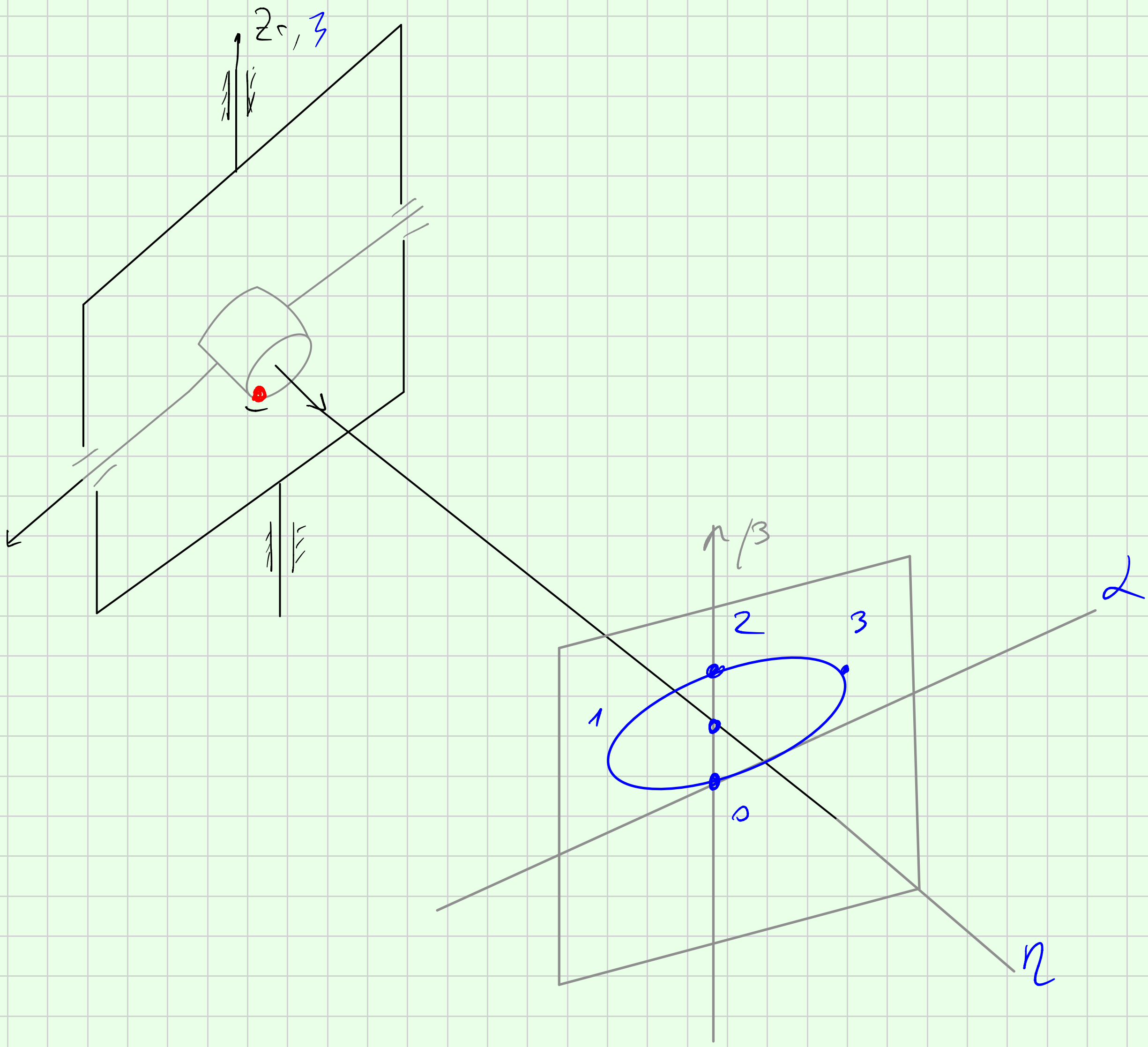
$$\omega_{пр} = \frac{M^{M}}{H} = U\sin\varphi$$

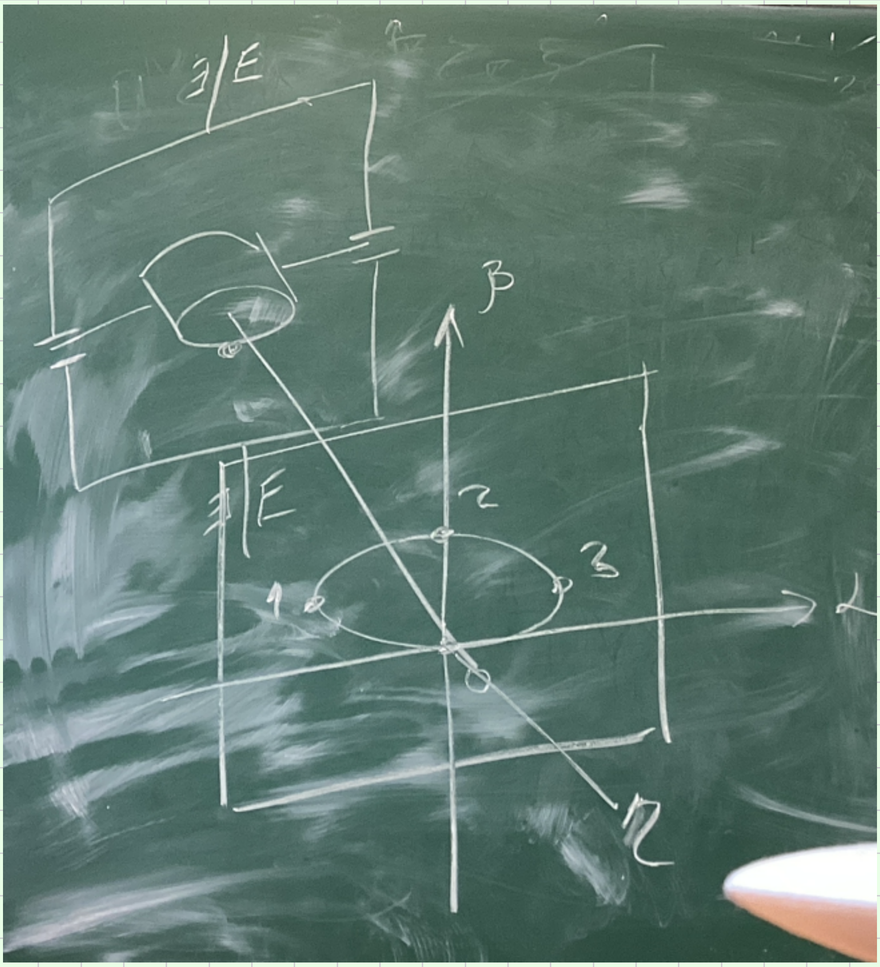
$$\frac{P\cdot L\cdot\sin\beta}{H} = U\cdot\sin\varphi$$

$$\beta = \arcsin\frac{U\cdot\sin\varphi\cdot H}{P\cdot L}$$

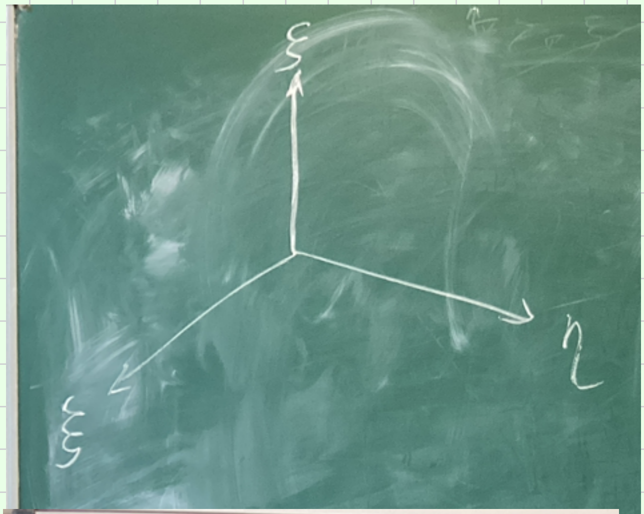
Когда уровняются Моменты ускорения пропадают скорость оста

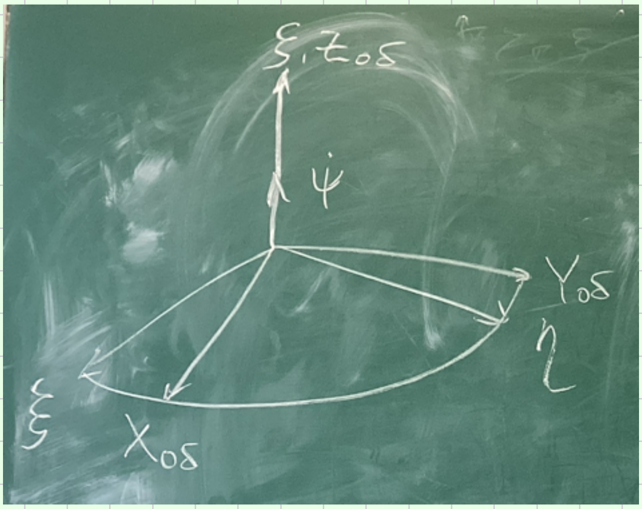
Движение апекса гироскопа

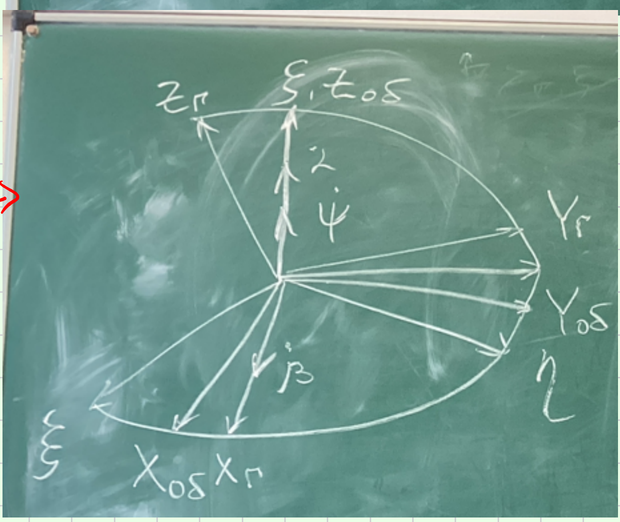


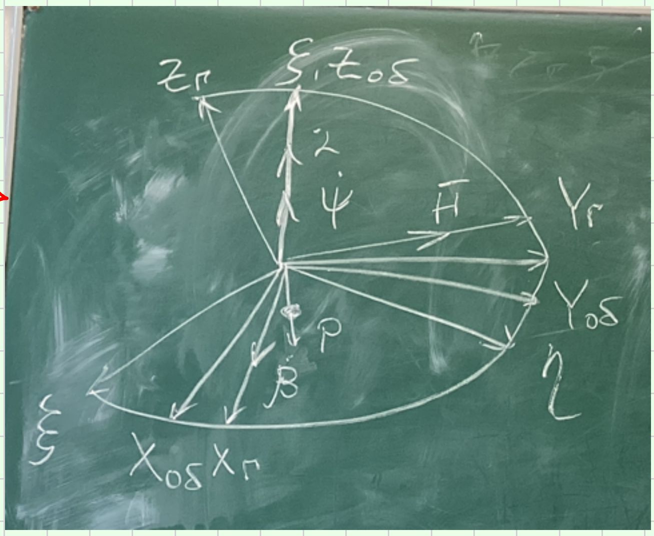


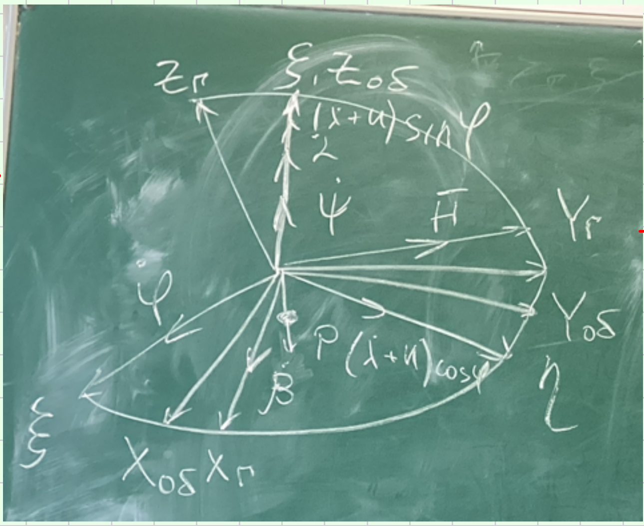
55 **Уравнения движения трехстепенного гирокопаса**

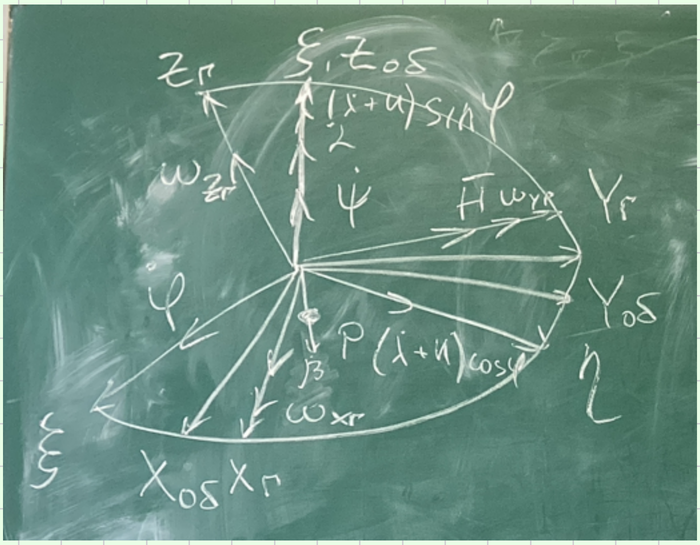




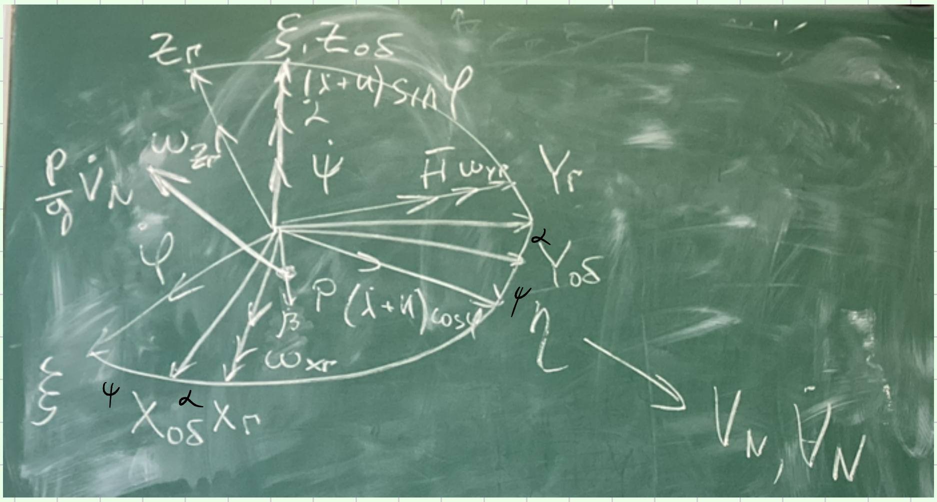








Есть линейная скорость и линейное ускорение:



Нужно 2 уравнения

1.01

$$\sum M_{xг} = 0$$

$$\sum M_{yг} = 0$$

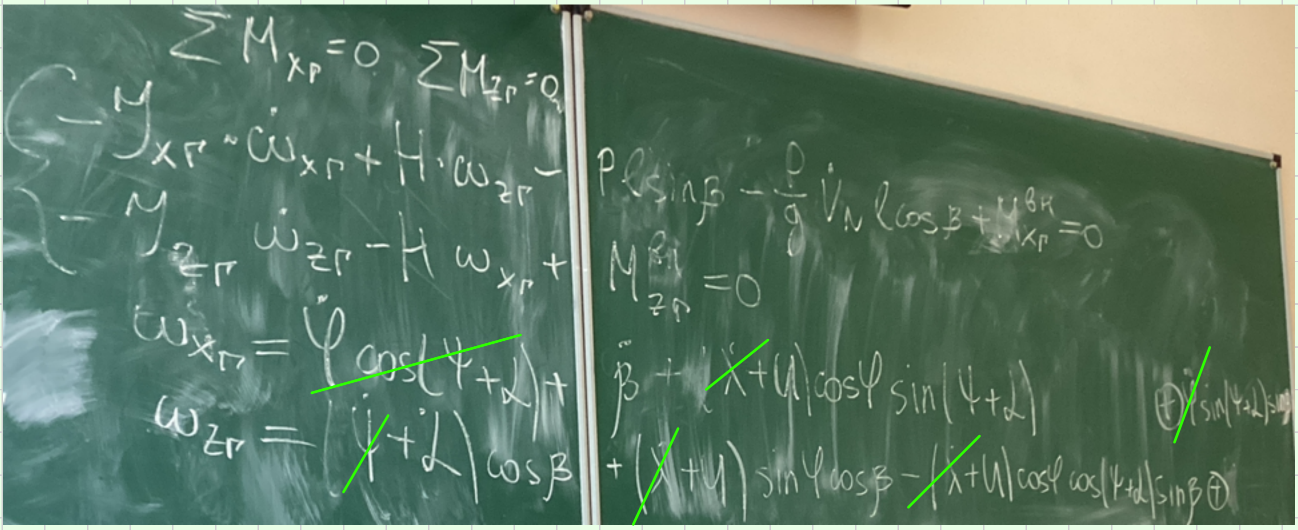
$$-I_{xг}\cdot\dot\omega_{xг} + H\cdot\omega_{zг} - PL\cdot\sin\beta - \frac{P}{g}\dot V_N\cdot L\cos\beta + M^{вн}_{xг} = 0$$

$$-I_{zг}\cdot\dot\omega_{zг} - H\cdot\omega_{xг} + M^{вн}_{zг} = 0$$

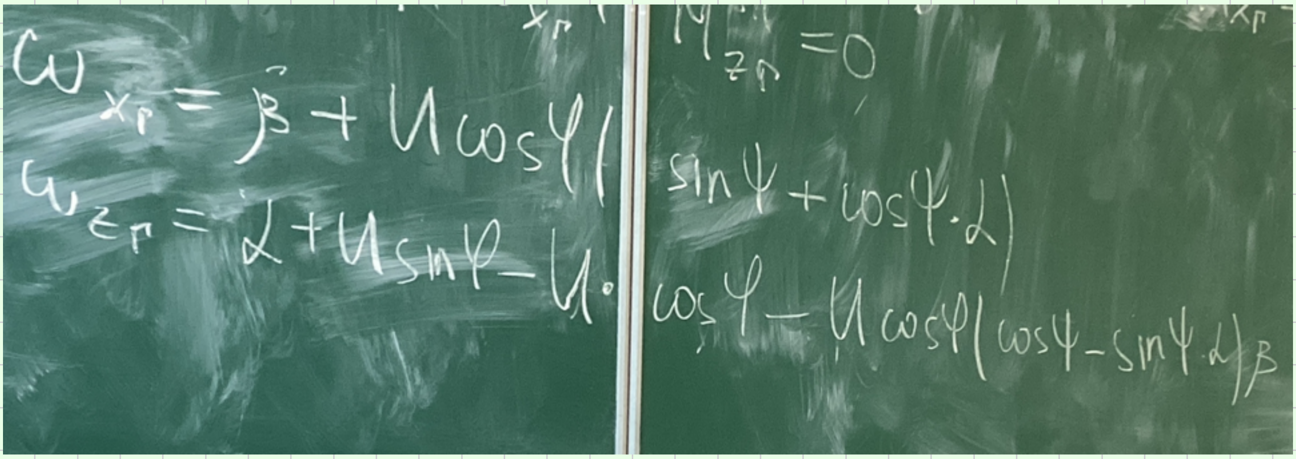
$$\omega_{xг} = \dot\varphi\cos(\psi+\alpha) + \dot\beta + (\lambda+u)\cos\varphi\cdot\sin(\psi+\alpha)$$

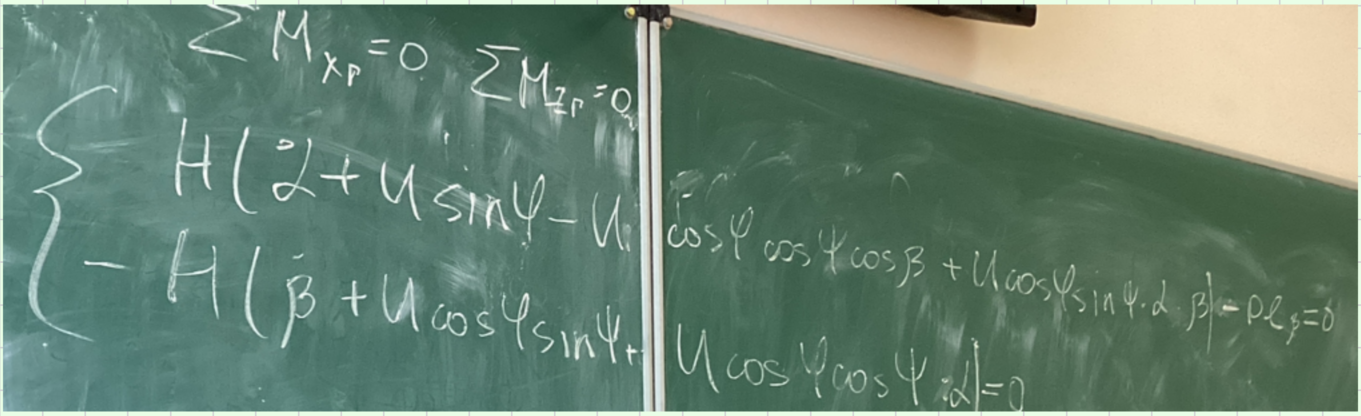
$$\omega_{zг} = (\dot\psi+\dot\alpha)\cos\beta + (\dot\lambda+u)\sin\varphi\cdot\cos\beta - (\lambda+u)\cos\varphi\cos(\psi+\alpha)\cdot$$

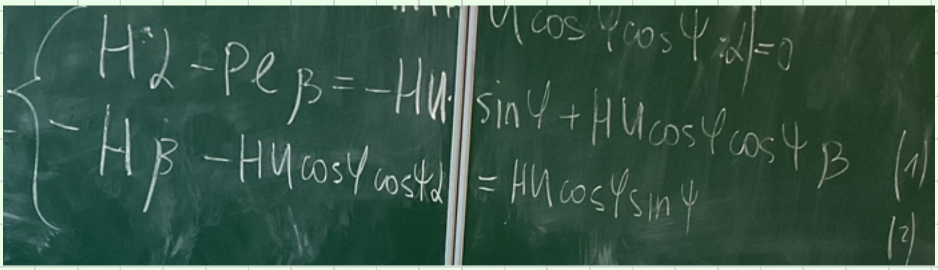
$$\cdot\sin\beta + \dot\varphi\sin(\psi+\alpha)\sin\beta$$



Итоговые выражени: альфа и бета малы



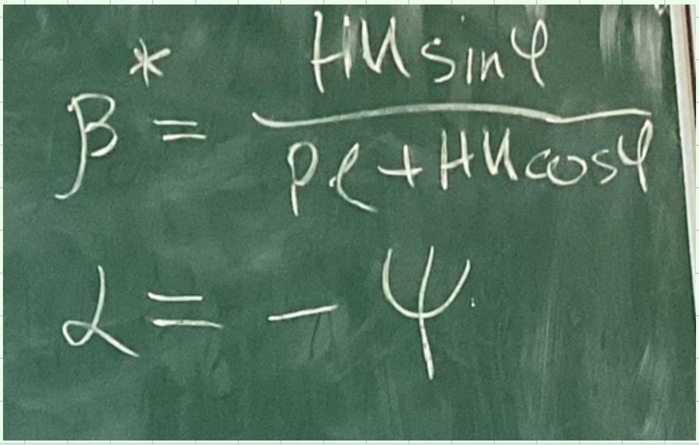




— Прецессионные уравнения

1.17

Уствновившийся режим —



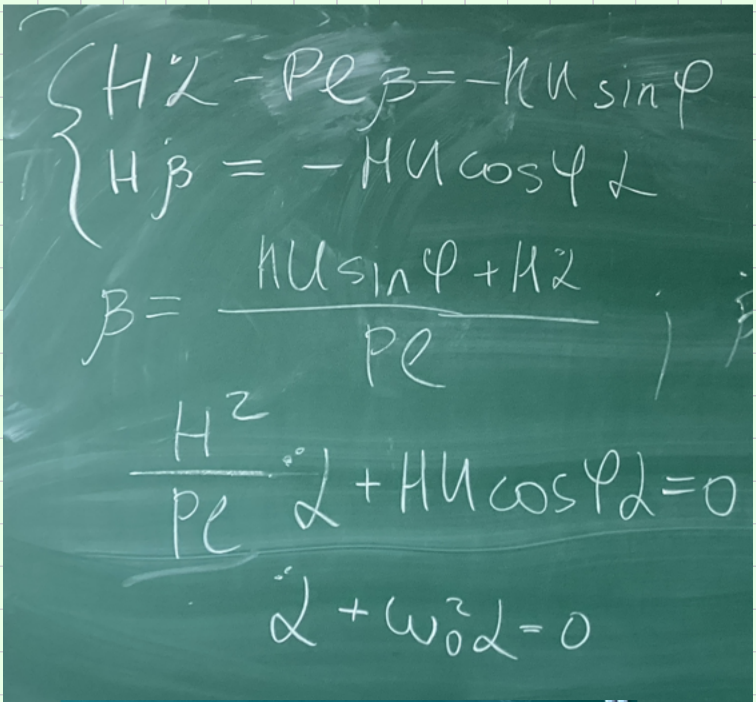
То есть гироскоп указывает на север

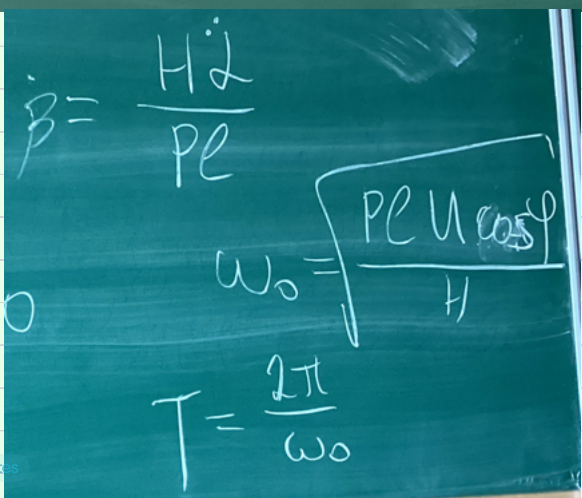
Тут ошибка угол бета с другой стороны (от вертикали считается)

Запишем уравнение

6 марта
Лекция 4

Система ду с разделяющимися переменными:



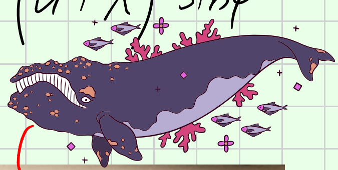


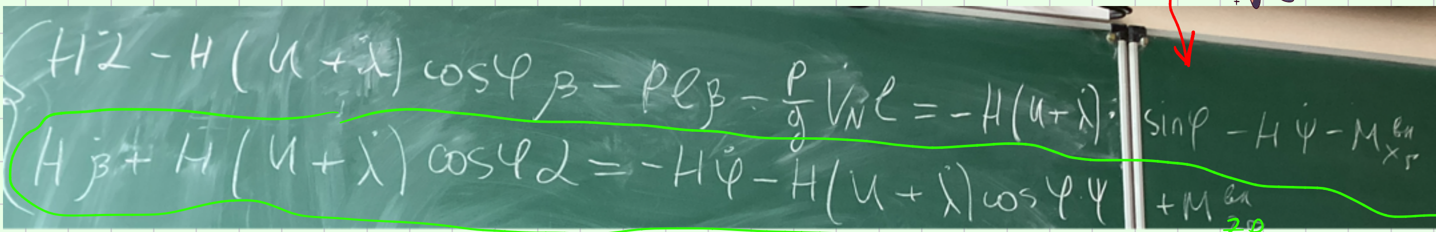
5

Погрешности гирокомпаса

Прецессионные уравнения в общем виде

$$H\alpha - H(U+\lambda)\cos\varphi\cdot\beta - Pl\beta - \frac{P}{g}\dot V_N l = -H(U+\dot\lambda)\sin\varphi -$$
$$- H\dot\varphi - M^{вн}_{xг}$$

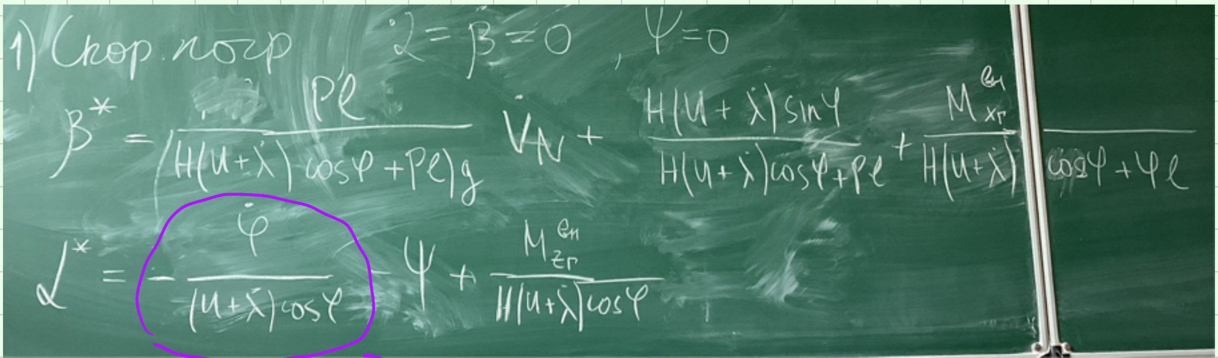




1) **скоростная погрешность** $\dot\alpha = \dot\beta = 0$, $\dot\psi = 0$

$$\dot\beta = \frac{Pl}{(H(U+\dot\lambda)\cos\varphi + Pl)g}\cdot\dot V_N + \frac{H(U+\dot\lambda)\sin\varphi}{H(U+\dot\lambda)\cos\varphi + Pl} +$$

$$+ \frac{M^{вн}_{xг}}{H(U+\dot\lambda)\cos\varphi + \varphi\cdot L}$$

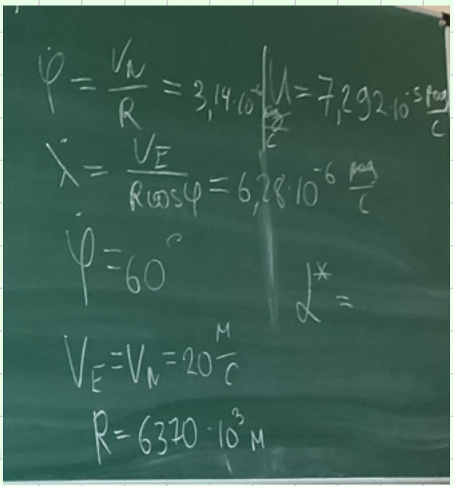


скоростная погрешность, с ней сделать ничего не можем

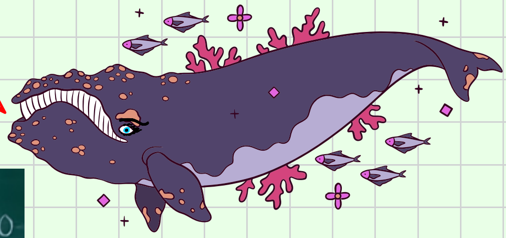
Нам второе выражение важнее

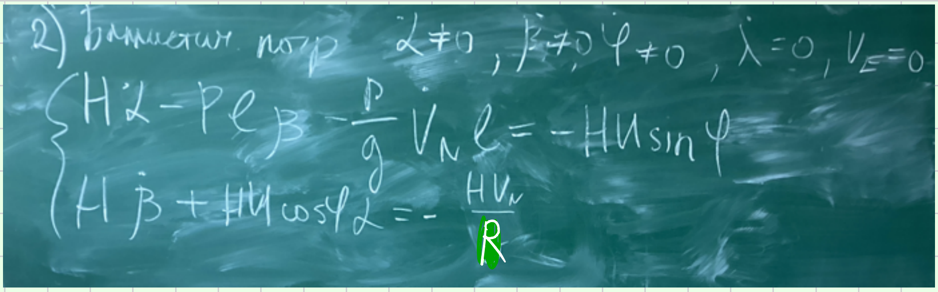
2) **Баллистическая погрешность** $\dot\alpha \neq 0, \dot\beta \neq 0$ $\dot\varphi \neq 0$, $\dot\lambda = 0$, $V_E = 0$

17

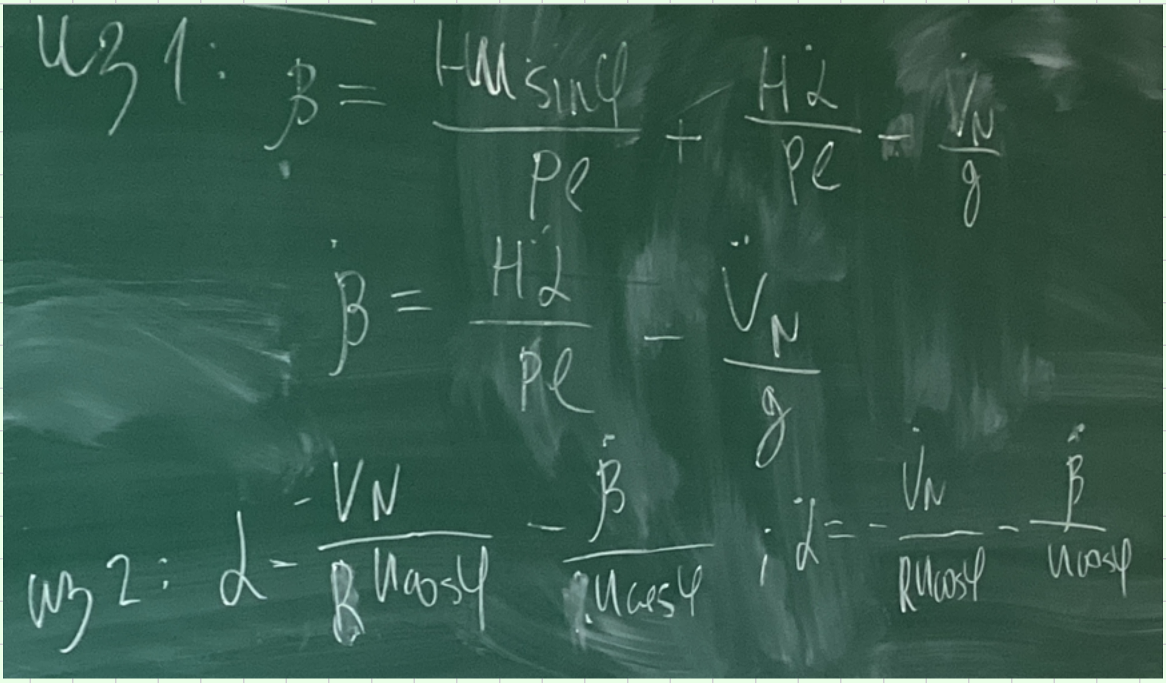


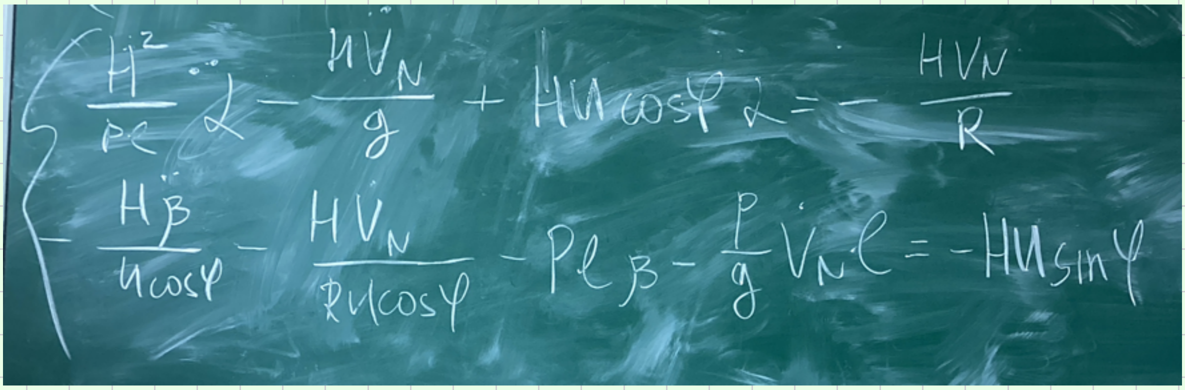
Разобраться почему такое выражение верно





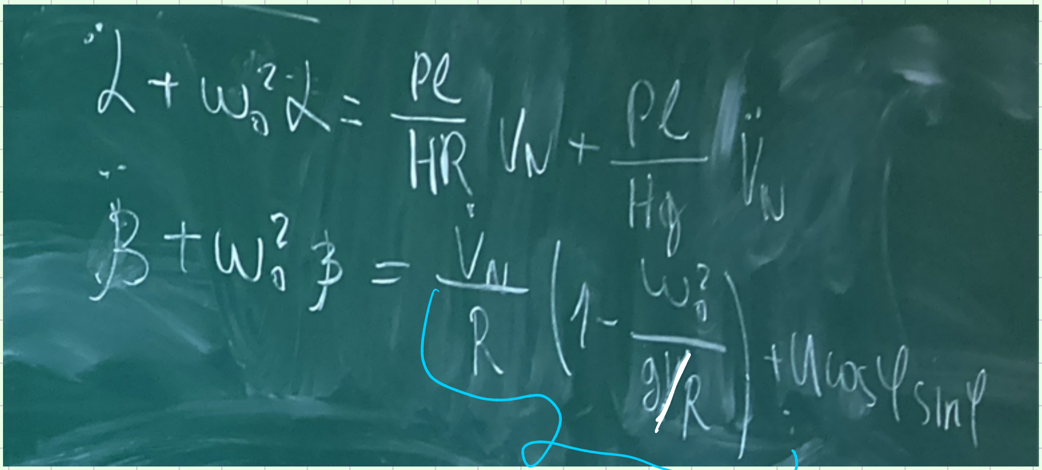
Просто выражаем бету



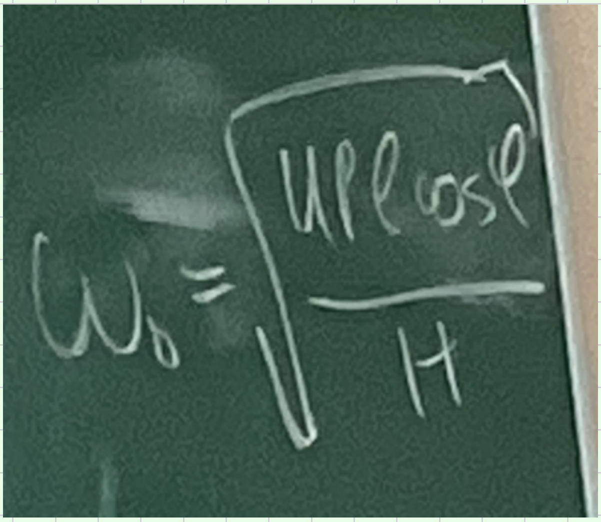


2 6

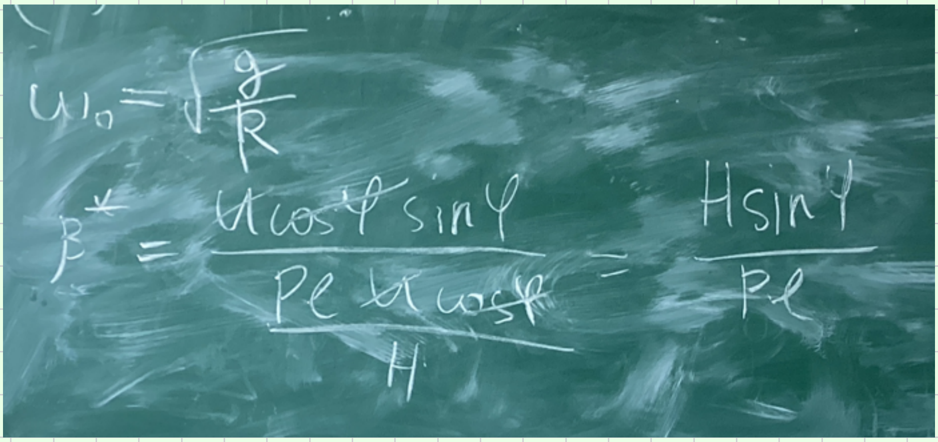
Перепишем через частоты



↑ это и есть баллистическая погрешность.



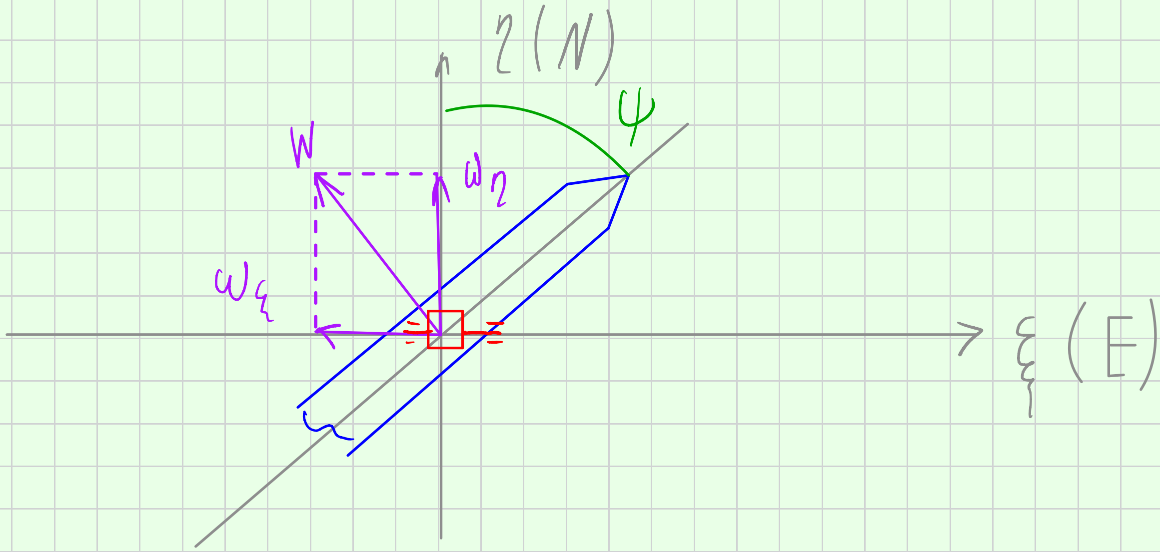
Настройка на период шулера позовлеят избавиться от баллистичекой

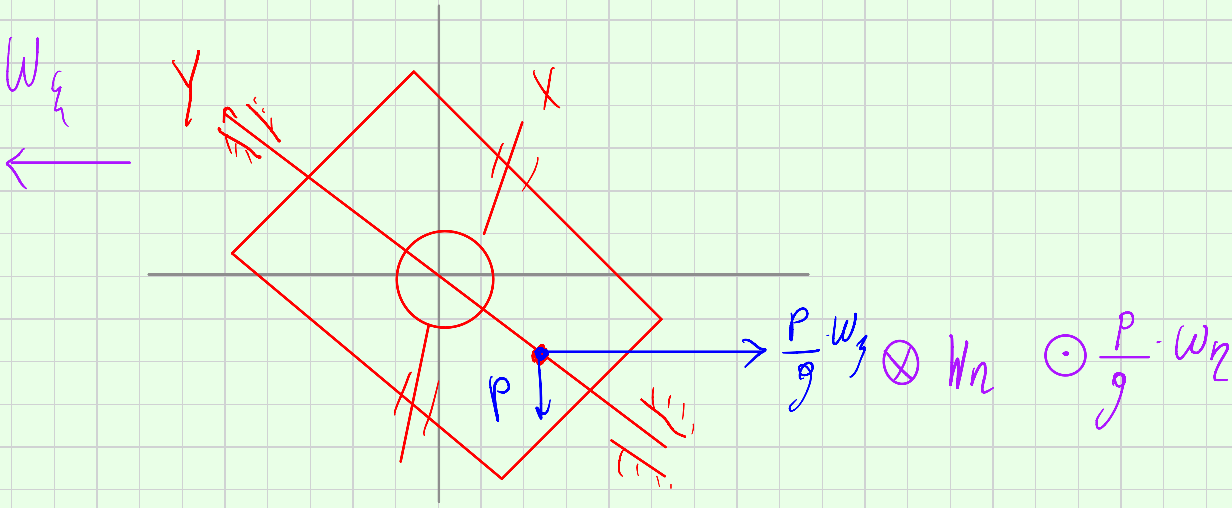


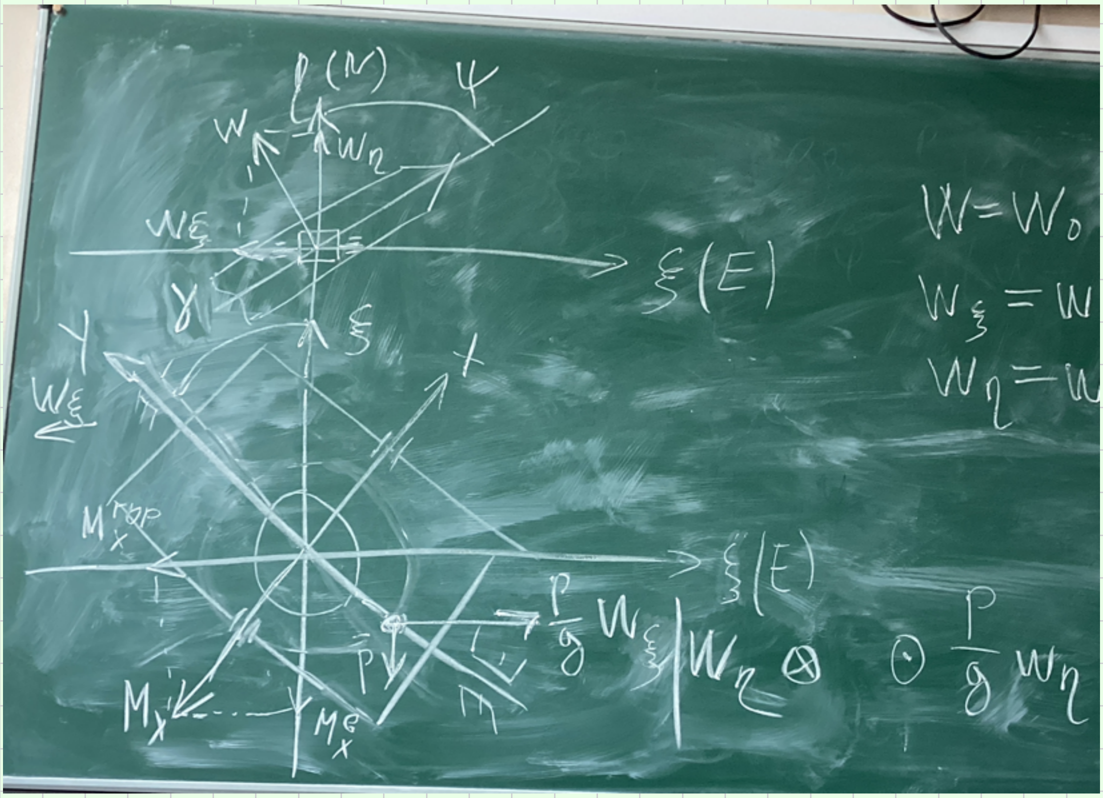
34 **3. Интеркоординальная**

Смотрим на корабль сверху

W - ускорение качки


η (N)
ψ
W
ω_η
ω_ξ
ξ (E)


W_ξ
Y
X
P
P/g · W_ξ ⊗ W_η
⊙ P/g · W_η


η (N)
ψ
W
W_η
W_ξ
ξ (E)
W = W_0
W_ξ = W
W_η = W
P/g W_ξ
W_η ⊗
⊙ P/g W_η

$$W = W_0 \sin \nu t$$

$$W_\xi = W \sin \psi = W_0 \sin \nu t \sin \psi$$

$$W_\eta = W \cos \psi = W_0 \sin \nu t \cos \psi$$

$$\gamma = \frac{W_\xi}{g}$$

$$\frac{P}{g} W_\eta$$

$$M_x = \frac{Pl}{g} W_\eta$$

$$M_x^{\text{гор}} = M_x \cos \gamma$$

$$M_x^{\text{в}} = M_x \sin \gamma$$

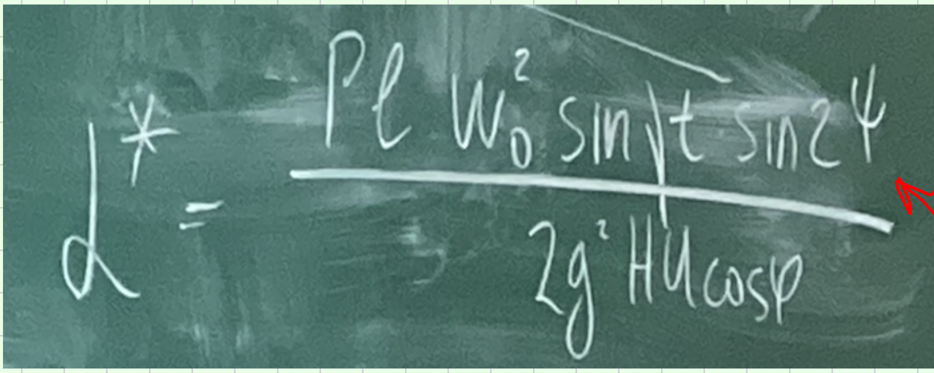
$$M_x^{\text{гор}} = \frac{Pl}{g} W_0 \sin \nu t \sin \psi \cos \gamma$$

$$M_x^{\text{в}} = \frac{Pl}{g} W_0 \sin \nu t \sin \psi \sin \gamma$$

$$M_x^{\text{в}} = \frac{Pl}{g} W_0 \sin \nu t \sin \psi \underset{\gamma}{\underset{\downarrow}{\sin \gamma}} \ominus$$

$$\ominus \frac{Pl}{g^2} W_0^2 \sin \nu t \underline{\sin \psi \cos \psi}$$

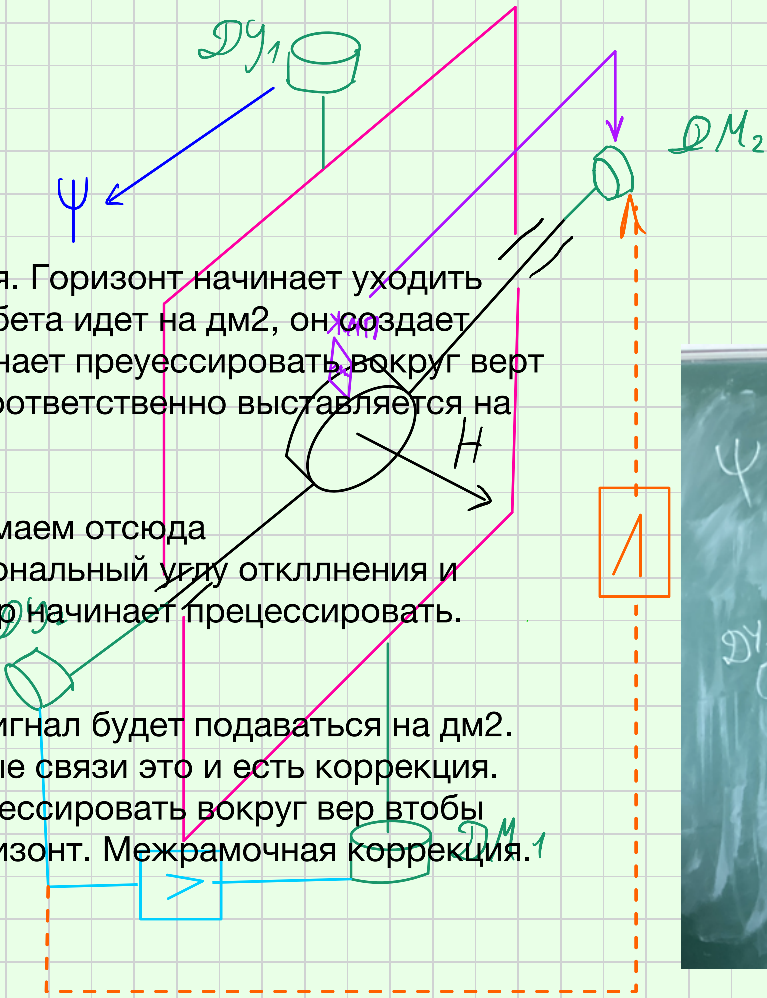
Made with Goodnotes



— Это и есть ошибка интекординальная

Качка вот так сказывается на происходящем с гирокомпасом

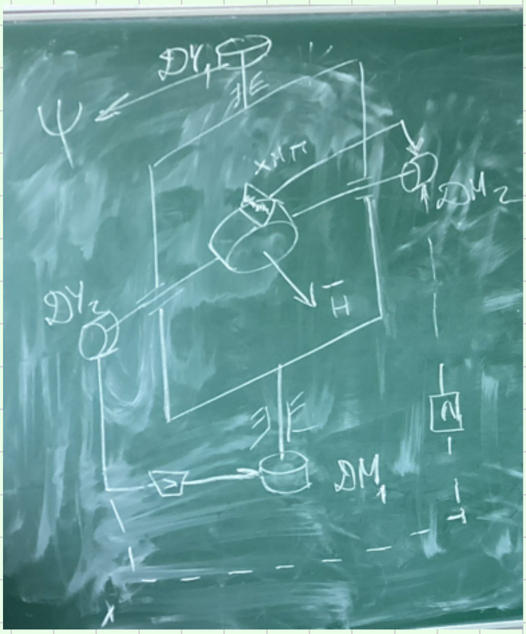
55 **Гирокомпас на основе астатического трехстепенного гироскопа**



Земля вращается. Горизонт начинает уходить появлется бета, бета идет на дм2, он создает момент гир начинает преуессировать вокруг верт оси нар рамки соответственно выставляется на курс

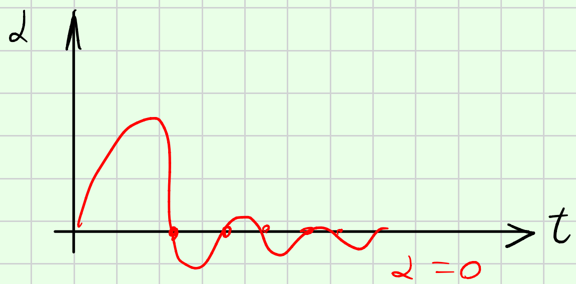
Спецамльно снимаем отсюда сигналпропоцриональный углу отклленения и подаем на дм, гир начинает прецессировать.

Ставим жмп и сигнал будет подаваться на дм2. Эти две обратные связи это и есть коррекция. Нам нужно прецессировать вокруг вер втобы вернуться в горизонт. Межрамочная коррекция.



Гирополукомпас отличается от гирокомпаса то что он н поворачивается на север а сохраняет свое положение

Следящий (автоматичсеский) трехстепенной гирокомпас



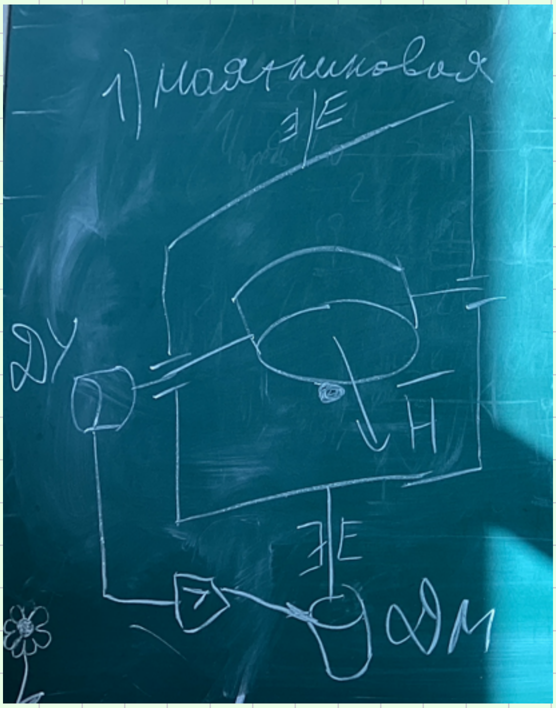
7.07 **Виды коррекции: горизонатальная и азимутальная**

Азимут уходит из за вращения Земли

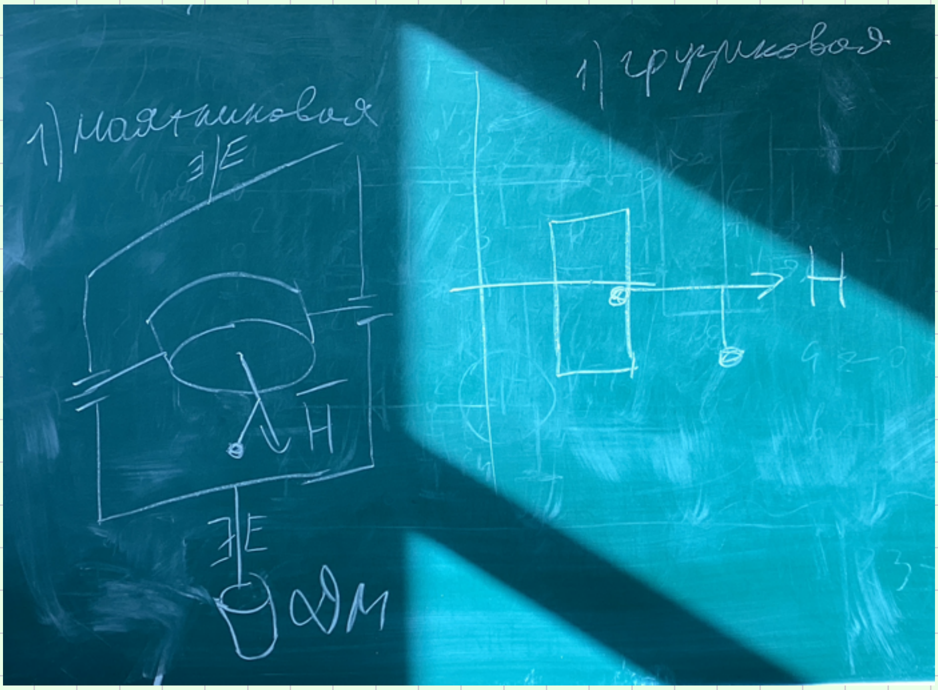
13 марта
Лекция 5

7 Маятниковая коррекция - это тяжелый гироскоп

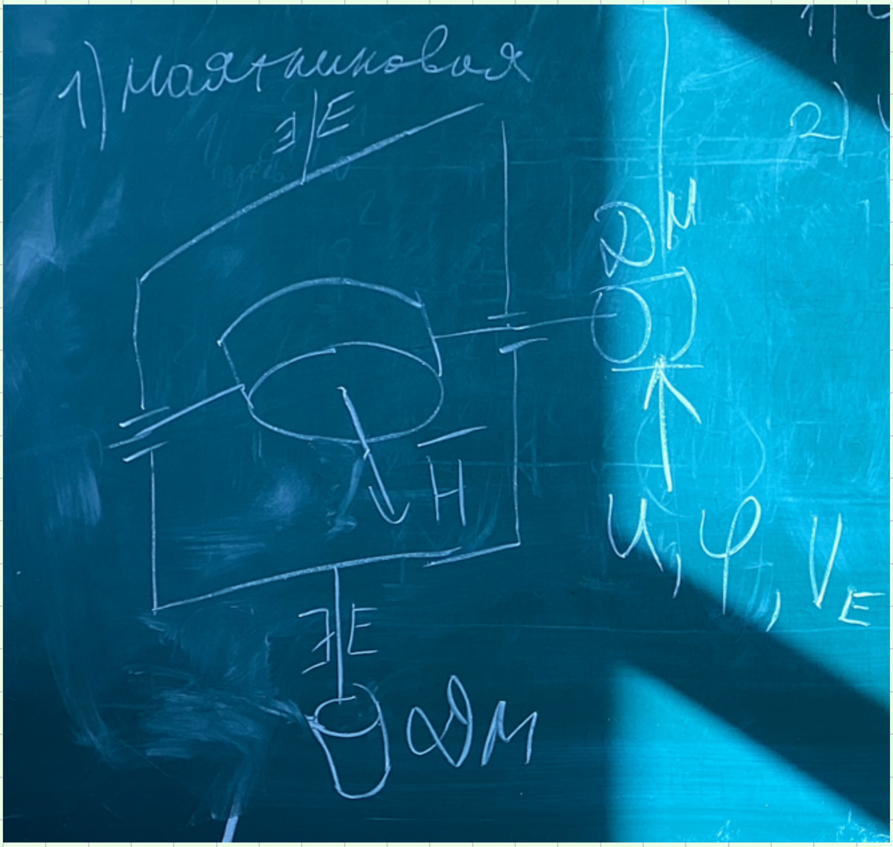
Минус - не можем настраивать параметры



1) грузиковая

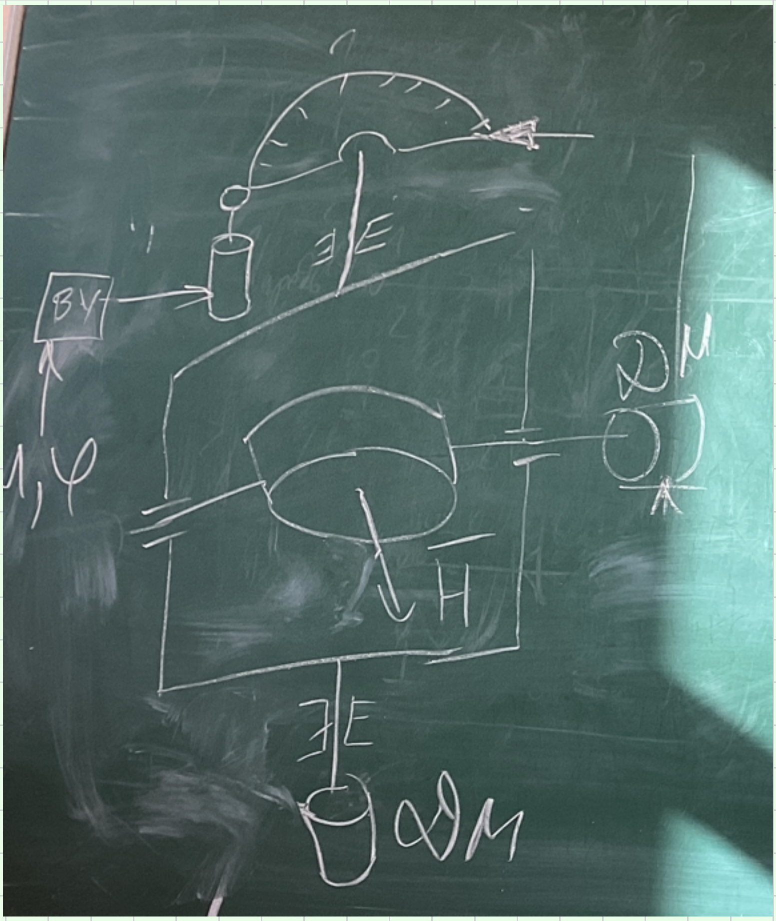


3) Широтная коррекция



1 8

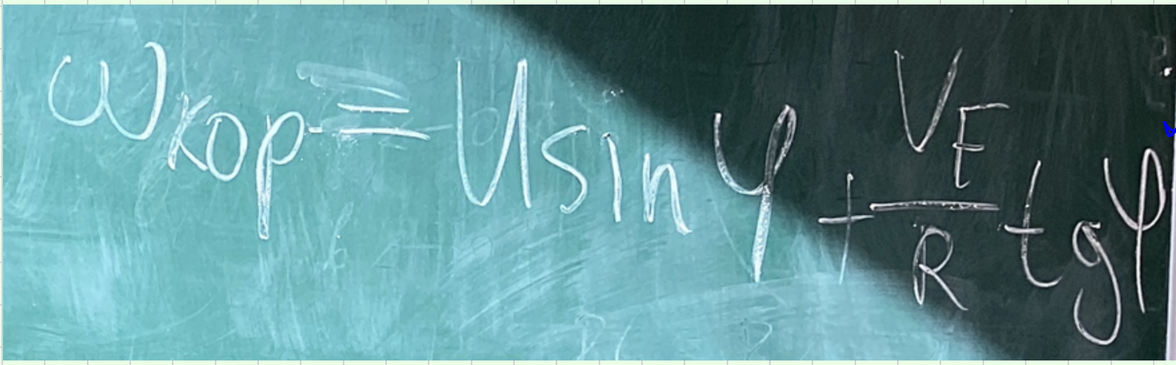
4) вращение шкалы



Это три вида азимутальной коррекции

У горизонтальной два вида коррекции

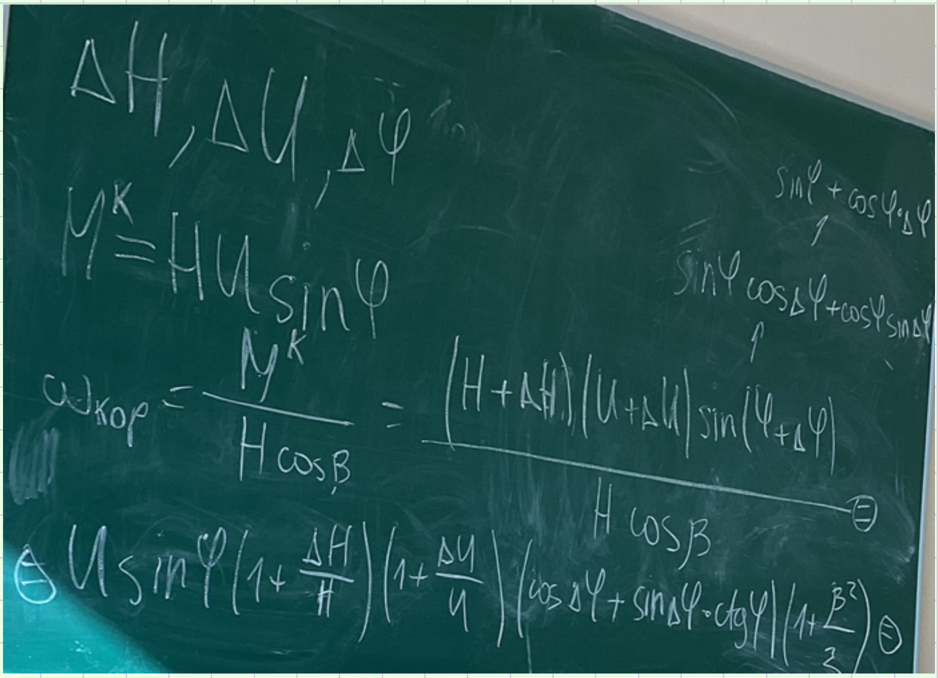
Гироскоп назывют азимутально свободным - если...

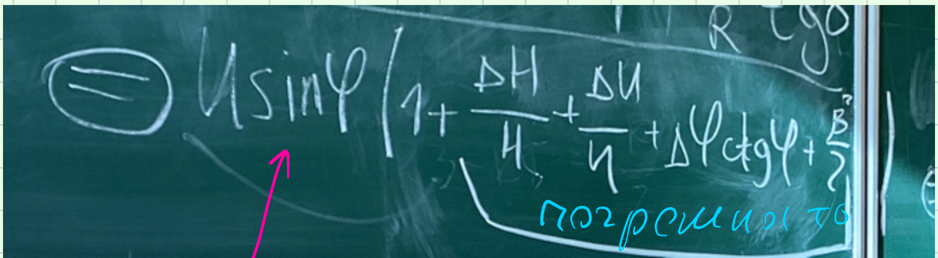


или δ

Если $\delta = 0$;

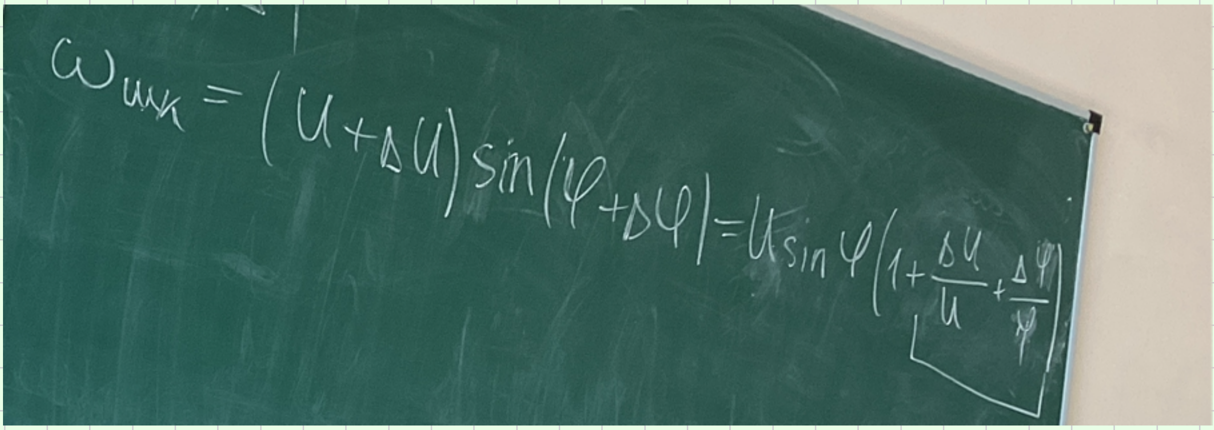
Для случая широтной коррекции





это нужно компенсировать

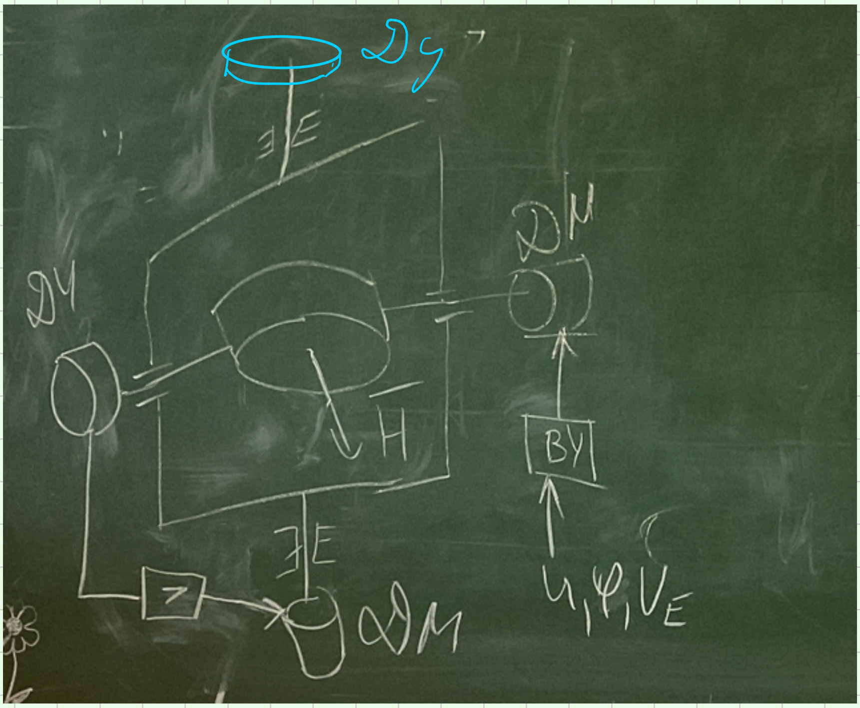
Для шкальной коррекции:



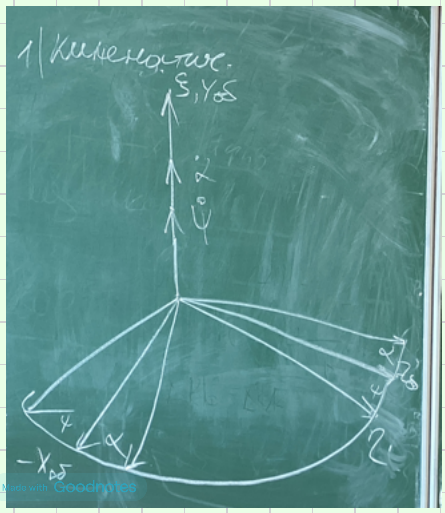
То есть мы просто вращаем шкалу как Землю

33

Теперь рассмотрим **погрешности самого прибора** вне зависимости от выбранной коррекции

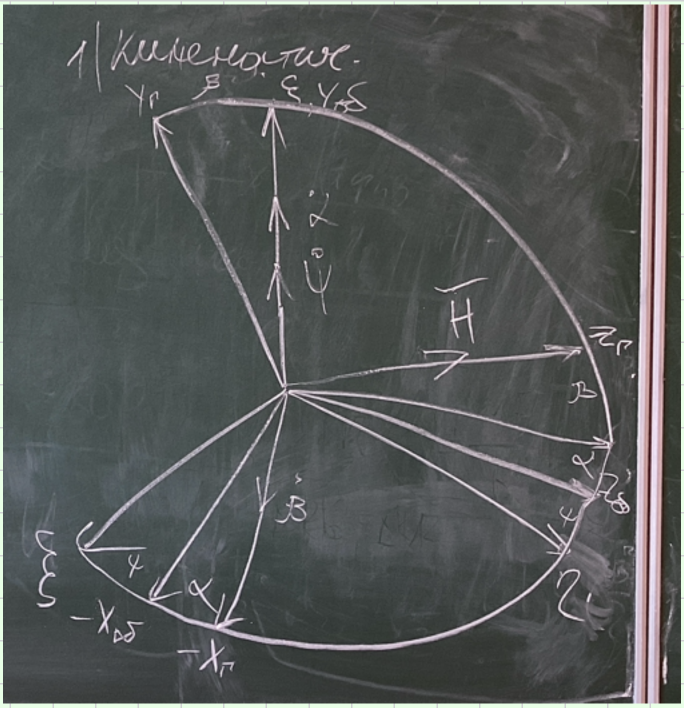


1) **Кинематическая погрешность.** Связана с отклонением H от плоскости наружной рамки. Угол бета



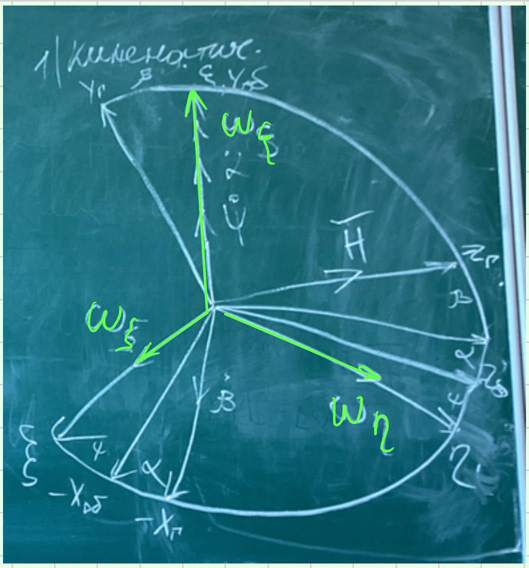
Первый поворот по альфа

Второй поворот по бета

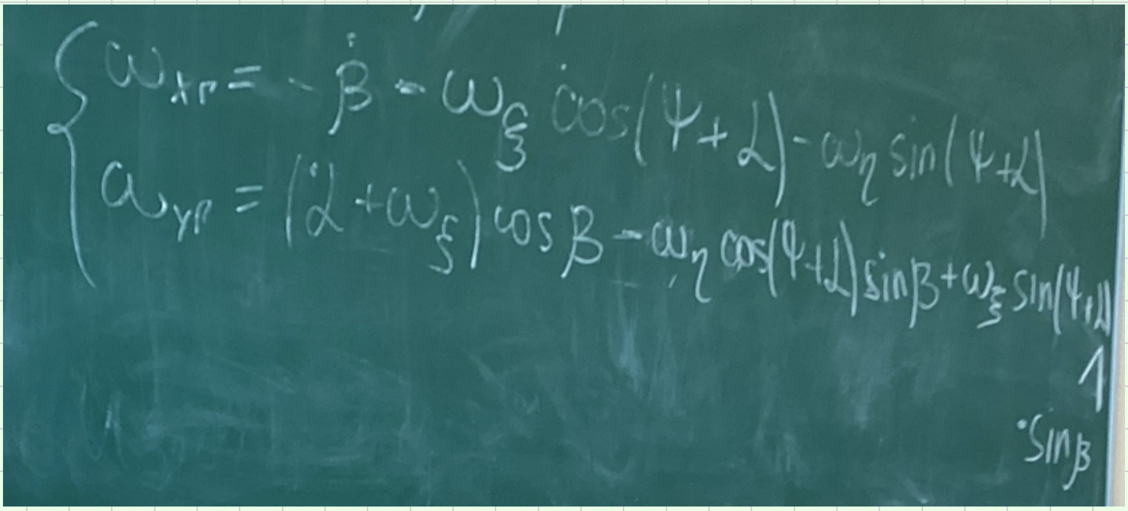


42 Прецессионные уравнения:

$$\begin{cases} H\omega_{y_г}^{абс} = M_x^{вн} \\ H\omega_{x_г}^{абс}\cdot\cos\beta = -M_y^{вн} \end{cases}$$

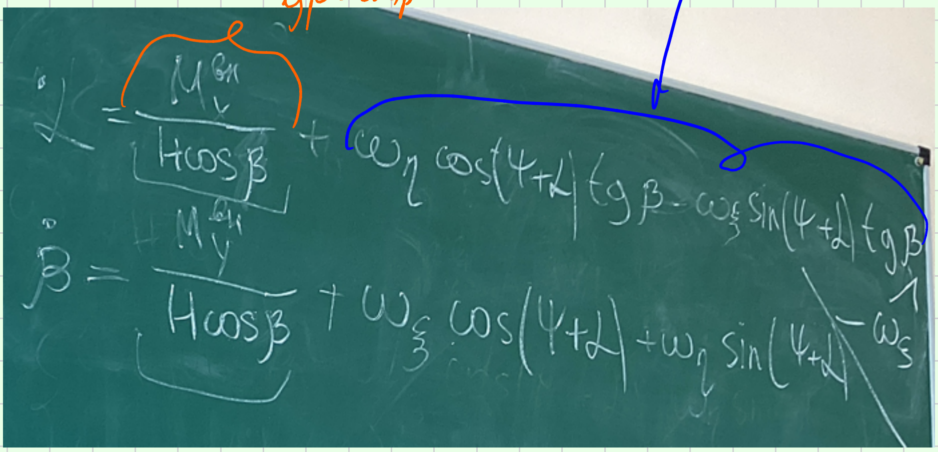


Абсолютные угловые скорости движения гироскопа



собственный дрейф

кинематическая погрешность



55

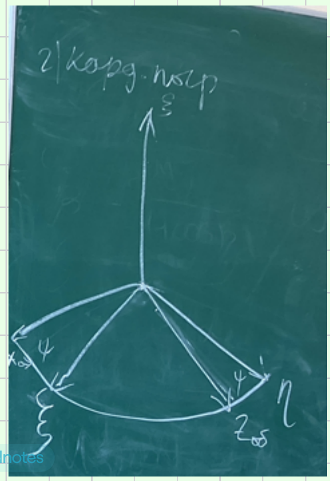
Как избавится от погрешности?

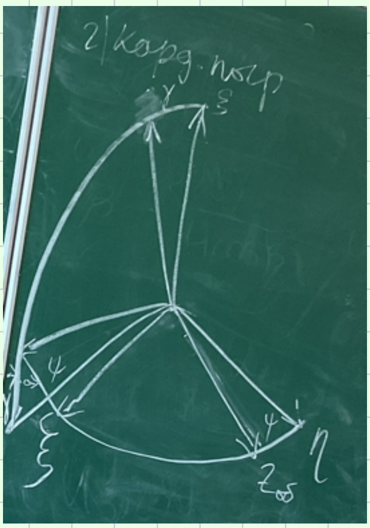
1) $\beta \to 0$

Первая причина кинематической погрешности - наличие угла бета (отклонение H от плоскости наружной рамы)

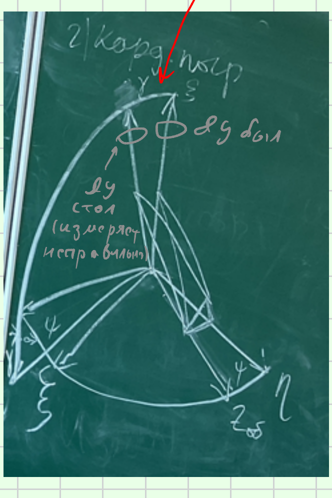
Корданная погрешность

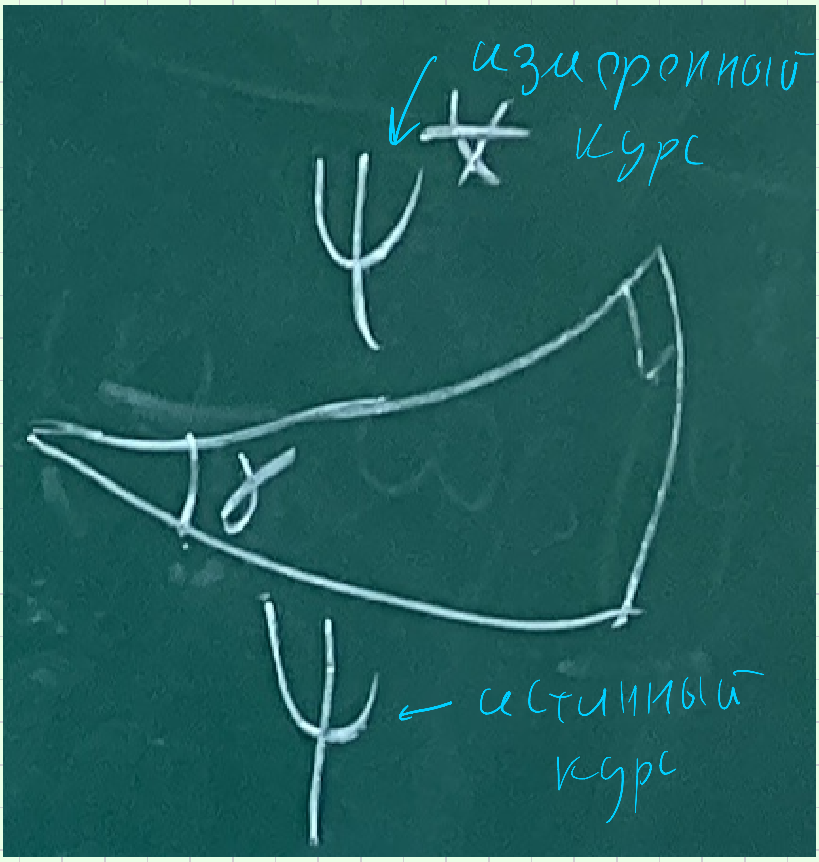
57

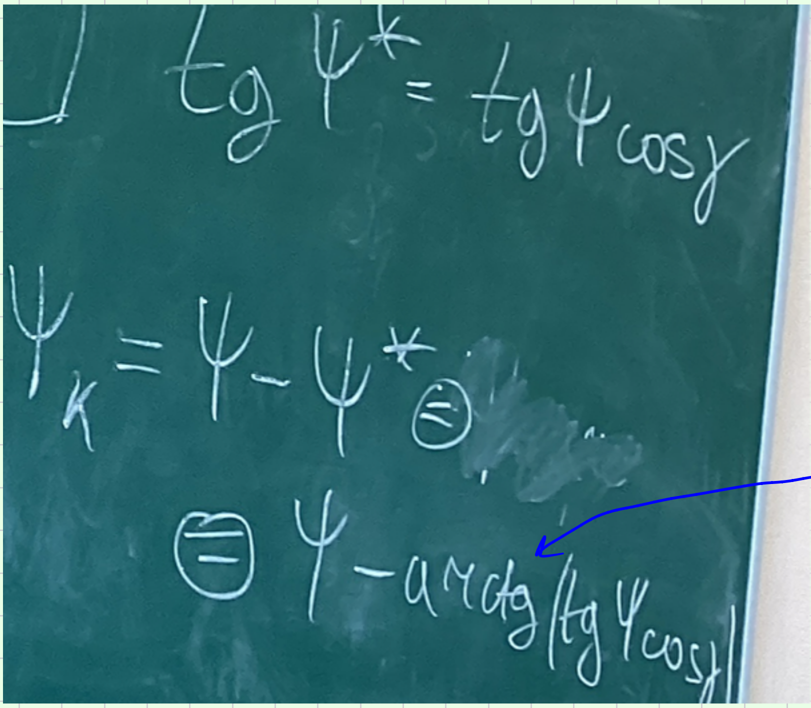




из-за крена

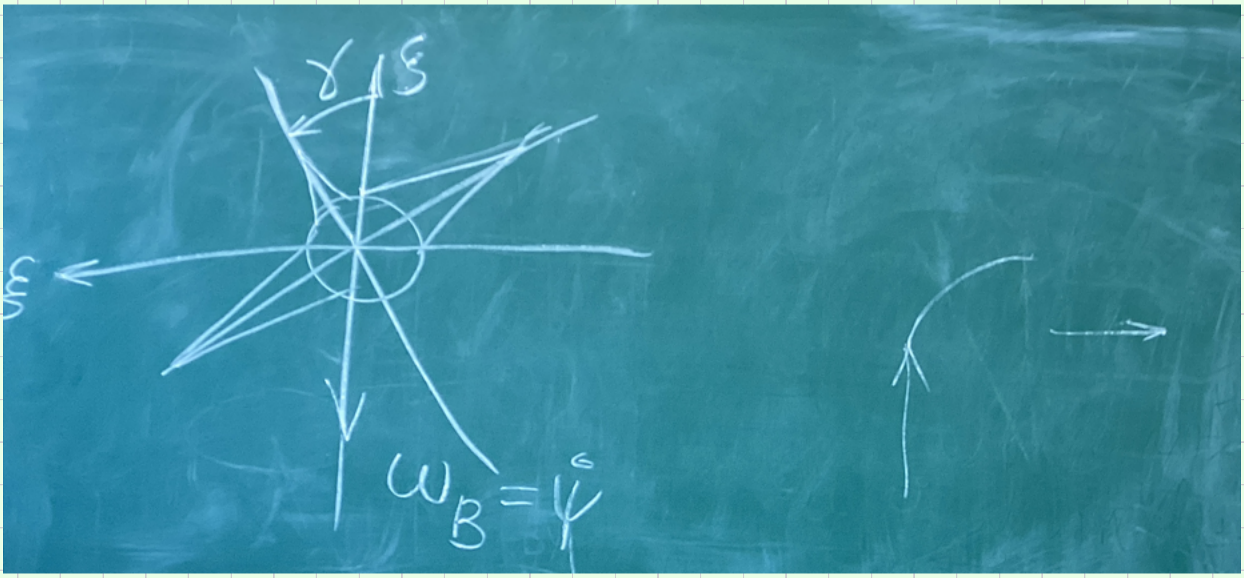






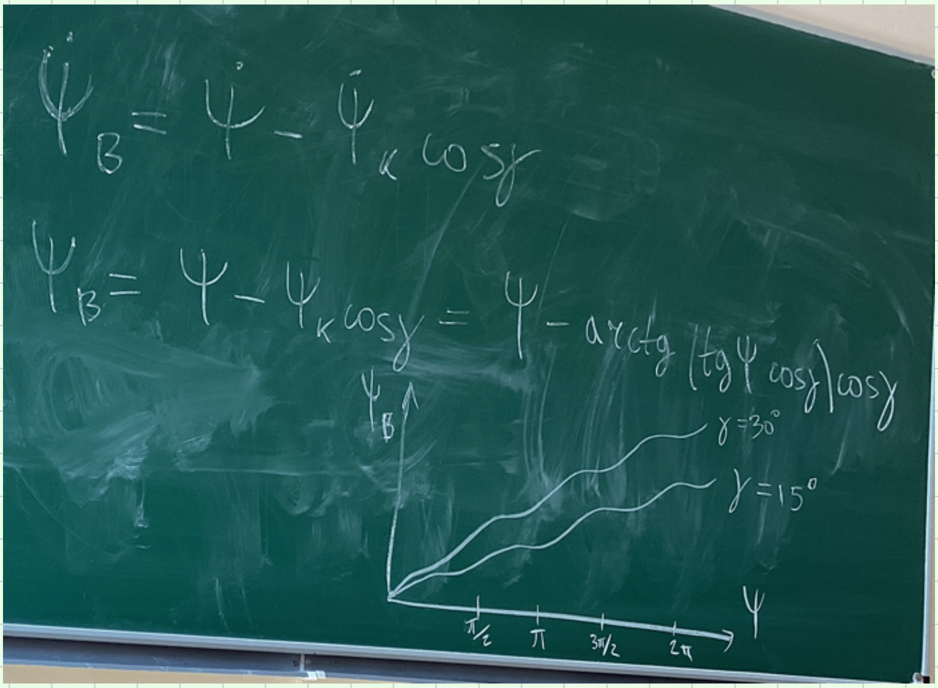
погрешность

Виражная погрешность



Прочитать про виражную погрешность

20 марта
Лекция 6

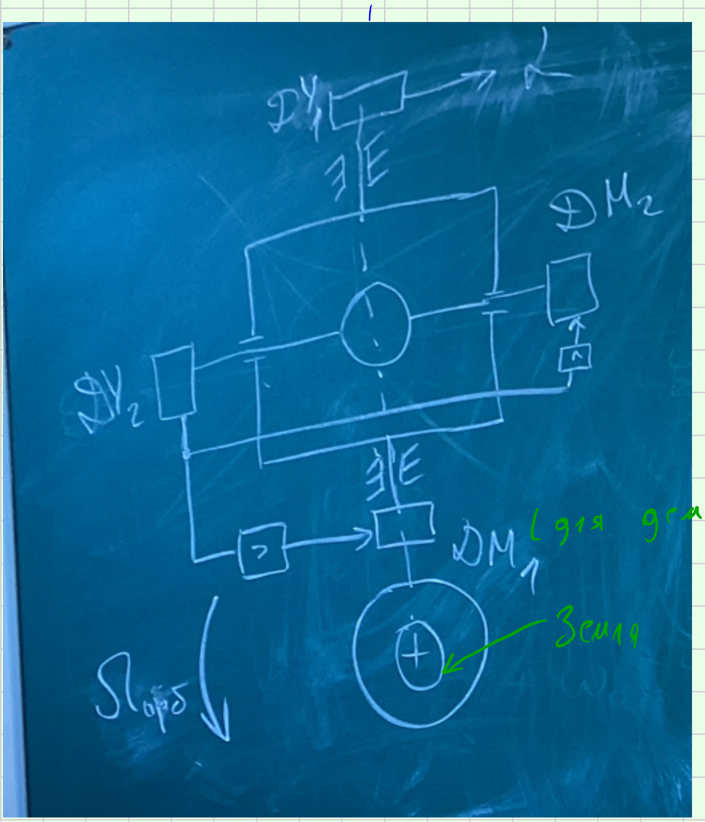


Один из вариантов устранения ошибки — разомкнуть горизонтальную коррекцию

Гироарбитант

12

Определяет плоскость орбиты ЛА и угол рыскания



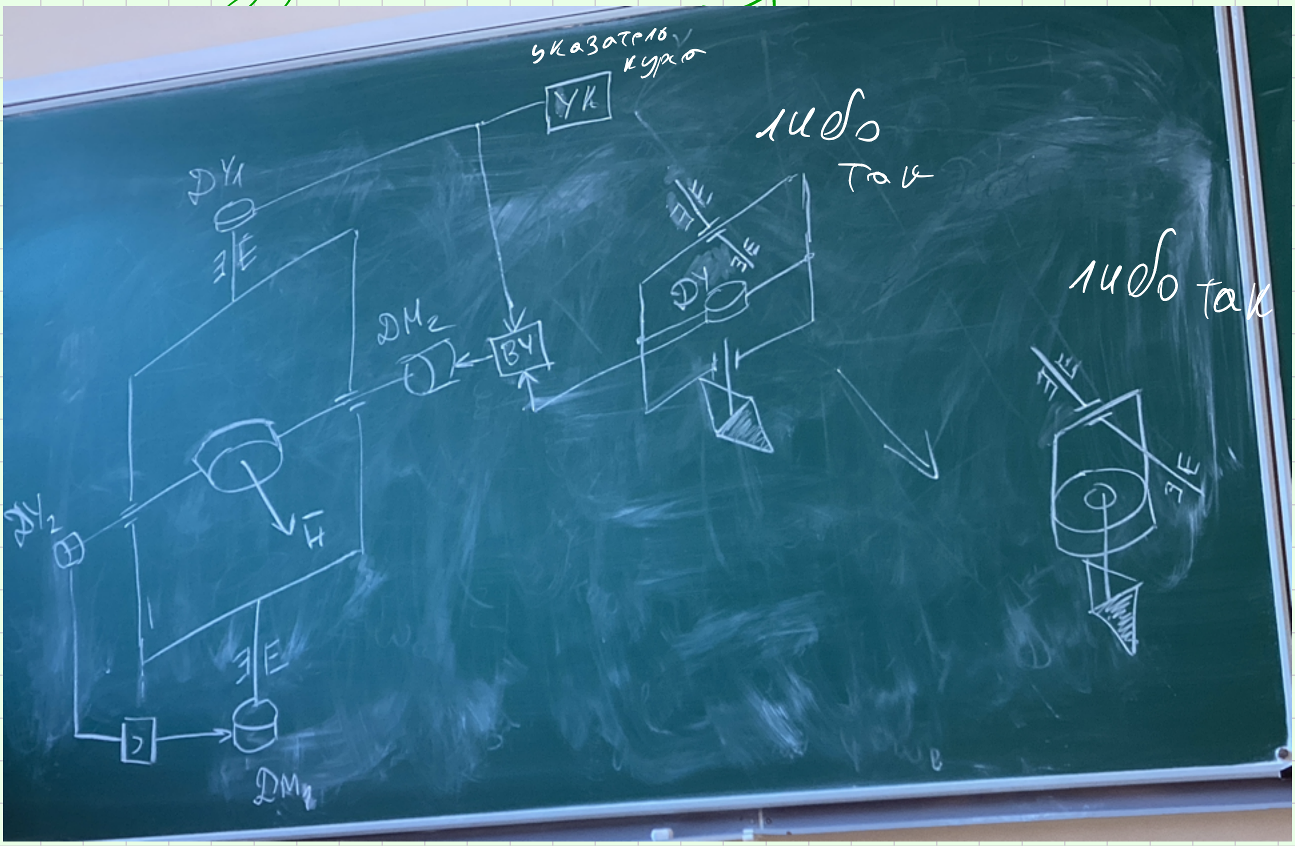
(для демпфирования собственных колебаний.

С ДУ1 — снимаем угол рыскания

Дз Что такое указатель направления артодромии чем отличается от ГПК, и гироарбитант

Разница только в ОС

Гиромагнитный компас



δ — Угол склонения (между проекцией вектора напряженности магнитного поля на плосксоть местно7о горизонта и плоскостью географического мередиана)

Главная проблема — магнитная девиация,

$$\delta = A + B\sin\psi + C\cos\psi + D\sin 2\psi + E\cos 2\psi$$

A — постоянная или круговая девиация. Обусловлена действием мягкого железа
B, C — полукруговая девиация (с твердым железом)
Д, Е — четвертичная девиация (обусловлена мягким железом)

2. Погрешность — **поворотные ошибки**

$$\Delta\psi_H = \psi_H - \mathrm{arctg}\left[\mathrm{tg}\,\psi_H \cos\gamma - \frac{\mathrm{tg}\,\theta \sin\gamma}{\cos\psi_H}\right]$$

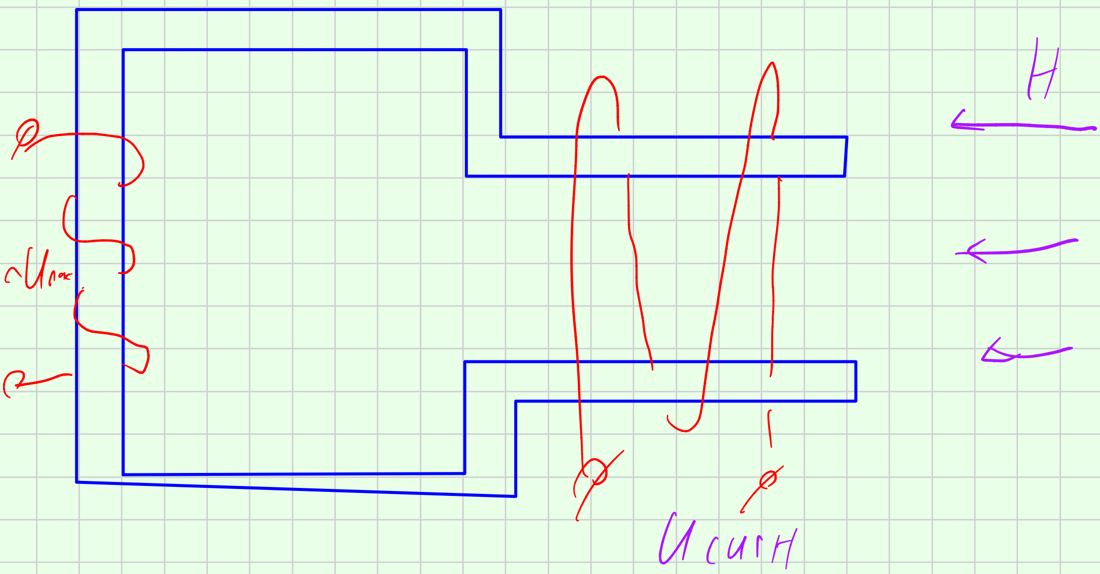
ψ_H — это угол который образует с магнитным мерединаном положительное горизонтальная ось поворота плоскости чувствительнсоти магнитного элемента. Этот угол меняется от 0 до 2π

γ — Угол наклона плоскости чувствительности к плоскости к плоскости горизонта

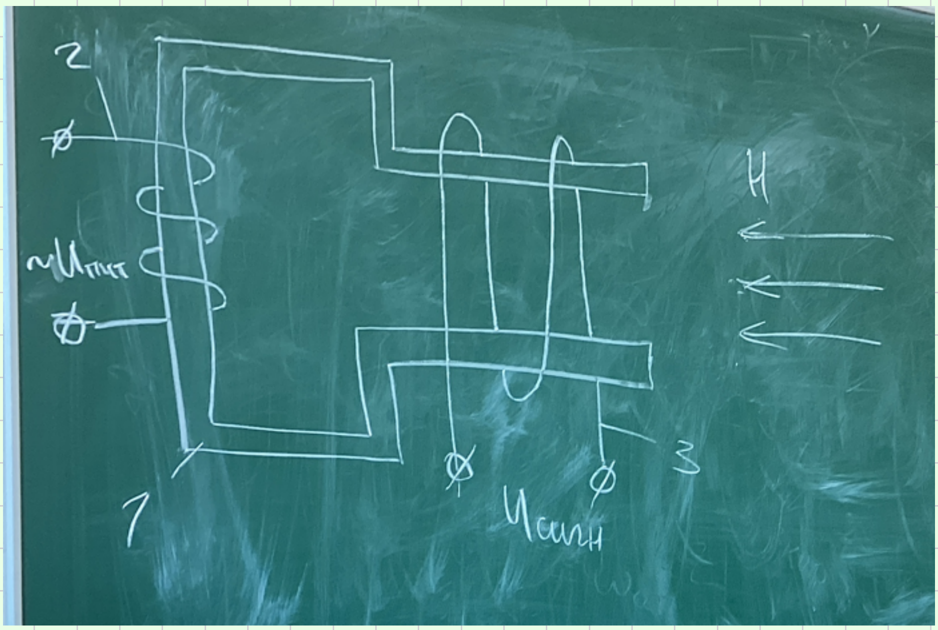
θ — Угол наклона вектора напряженности магнитного поля к плоскости горизонта

Эта формула **поворотной ошибки**

39 **Гироиндукционный компас (ГИК)**



1. Сердечник
2. Обмотка подмагничивания
3. Вторичная обмотки



Магнитный поток возбуждаемый первчиной обмоткой 2 каждой из половин стержня имеет взаимно противоположное направление и не наводит эдс во вторичной обмотке. Это в случае отсутствия магнитного поля.

Этот поток дважды насыщает половины стержня (туда обратно)

Вследствие периодического изменения магнитной проницаемости, внешнее магнитное поле будет создавать в стержне пульсирующий поток удвоенной частоты, направленный в обоих половинках стержня одинаково. Поэтому этот рульсирующий поток будкт наводить ток во вторичной лбмотке с двойной частотой относительно U питания.

Первичные соединяются последовательно

Посмотреть ка соединять треугольником и звездой и зачем. Это частый вопрос на экзамене

48

Рк по всему что читала принцип дейтсвия писать

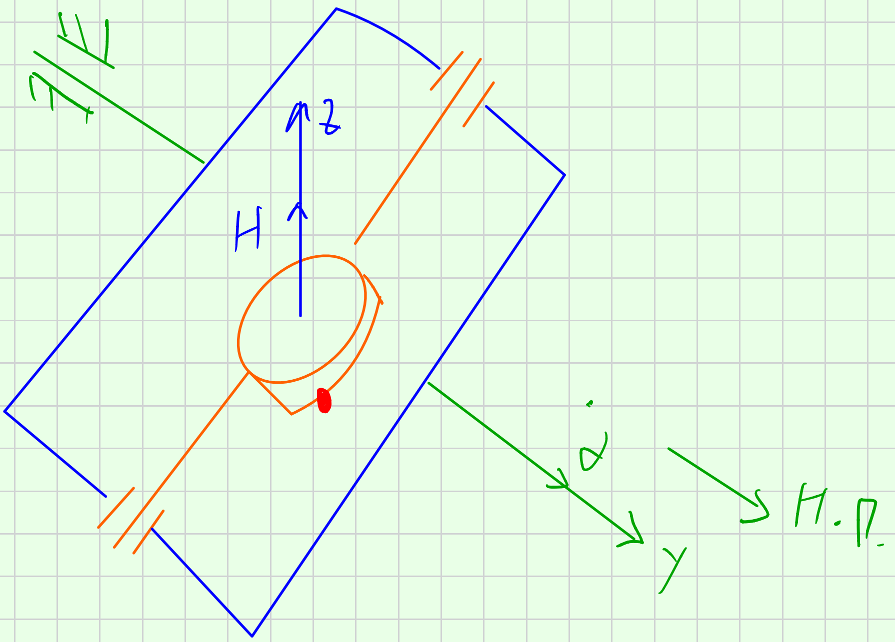
27 марта
Лекция 7

На следующей паре рк

Гировертикали

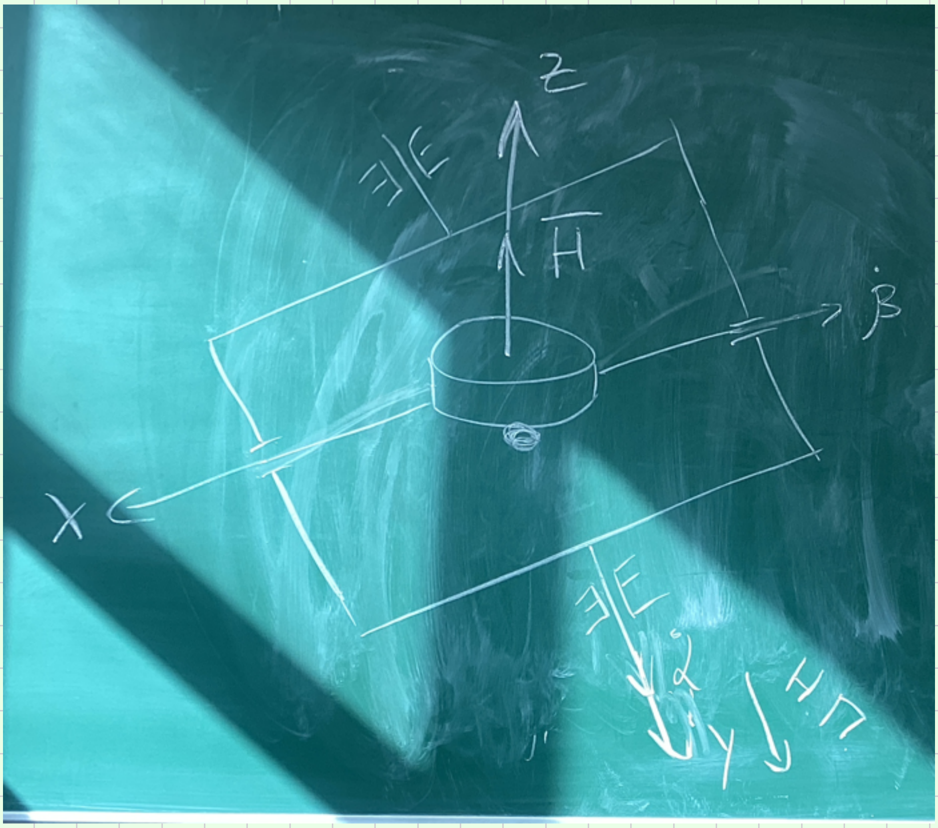
Нужна чтобы измерить крен и тангаж.

Берем тяжелый гироскоп мятник. Гироскоп устанавливаем вектором Н по вертикали.

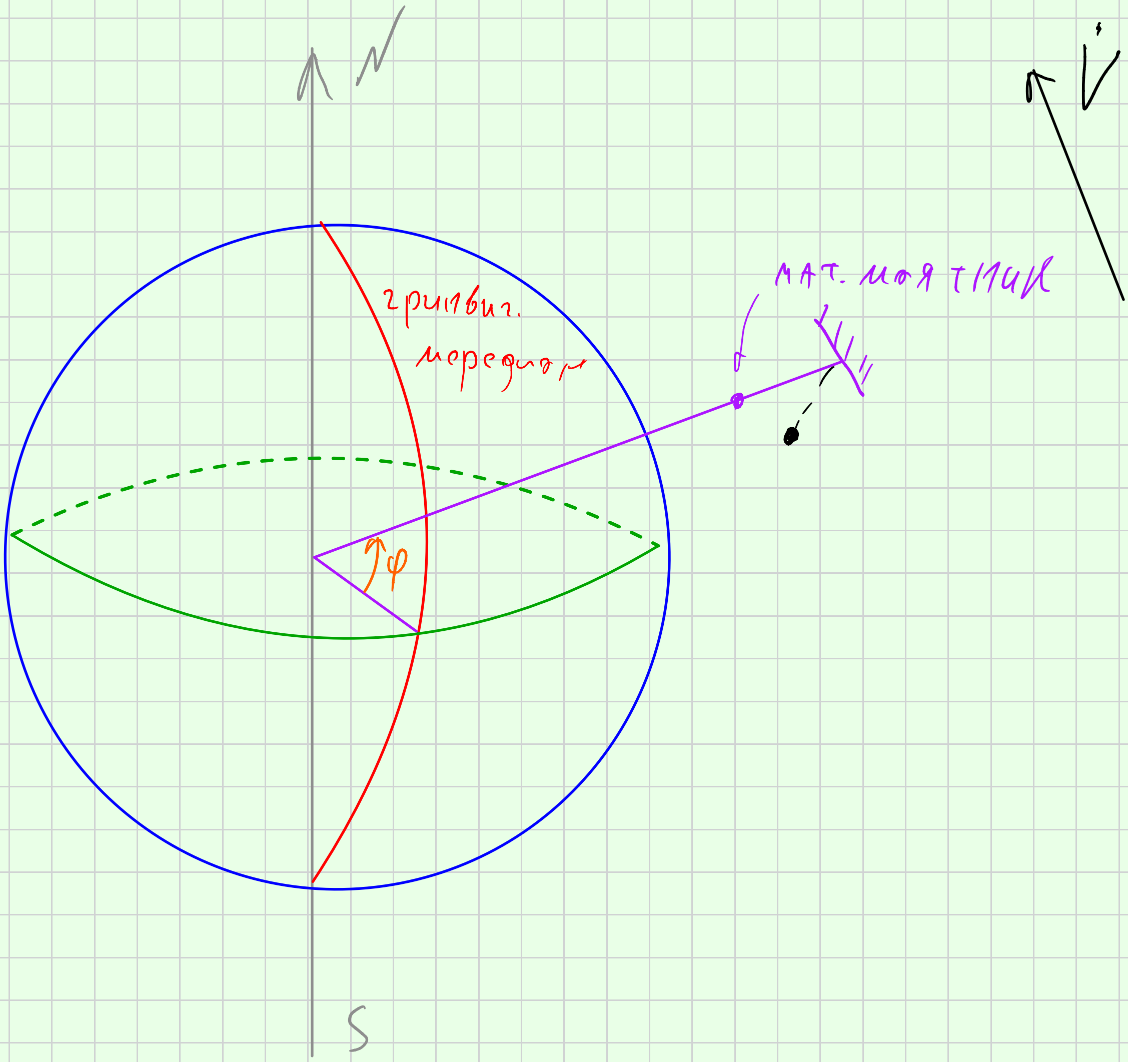


Н. П — направление полета

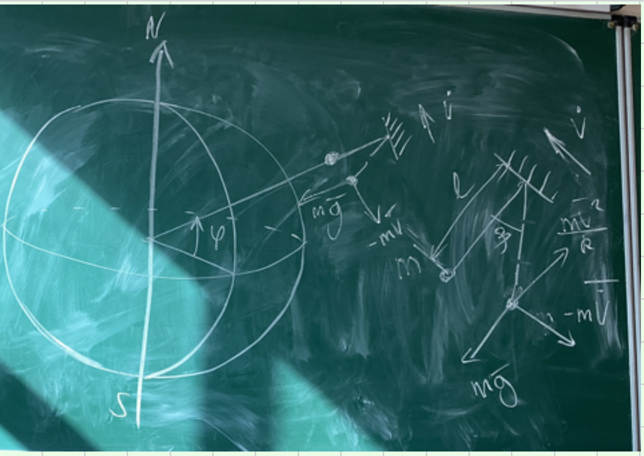
Сместили цм вдоль z

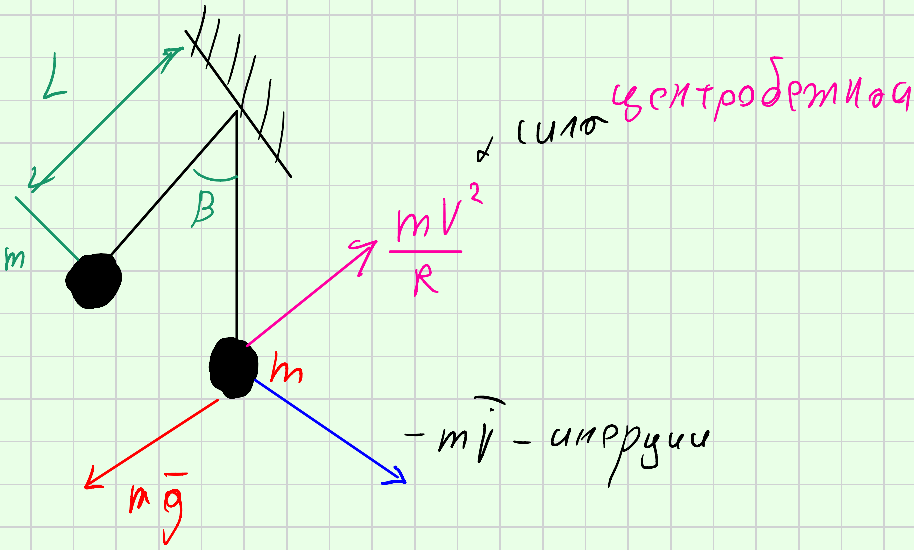


Рассмотрим поведение маятника на подвижном основании



Сила тяжести к центру земли параельно истинной вертикали





$$\dot{\varphi} = \frac{V}{R}$$

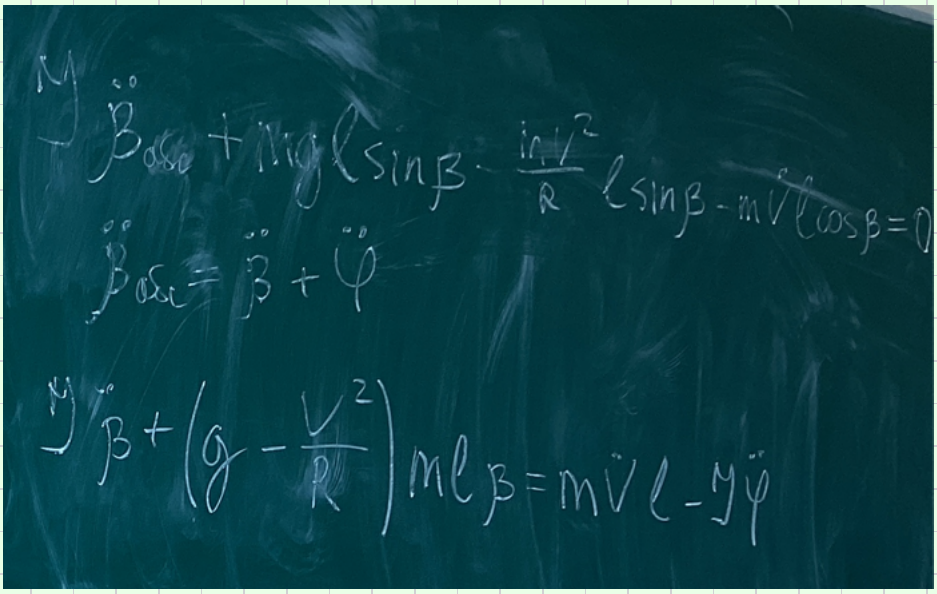
$$y = x^2$$

Уравнение движения маятника по принципу даламбера

$$I\ddot{\beta}_{абс} + mgL\sin\beta - \frac{mV^2}{R}L\cdot\sin\beta - m\dot{V}L\cos\beta = 0$$

$$\ddot{\beta}_{абс} = \ddot{\beta} + \ddot{\varphi}$$

$$I\ddot{\beta} + \left(g - \frac{V^2}{R}\right)mL\beta = m\dot{V}L - I\ddot{\varphi}$$



$$\ddot{\beta} + \omega_0^2 \beta = \frac{mL}{I}\dot{V} - \ddot{\varphi} = \frac{mL\dot{V}}{I} - \frac{\dot{V}}{R}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g - \frac{V}{R} mL}{I_0}} = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$$

$$I = mL^2$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

для мат маятника

$$\beta = A_0 \sin \omega_0 t + \frac{\left(\frac{mL\dot{V}}{I} - \frac{\dot{V}}{R}\right)}{\omega_0^2}$$

$$\dot{V} L \cos\beta = 0$$

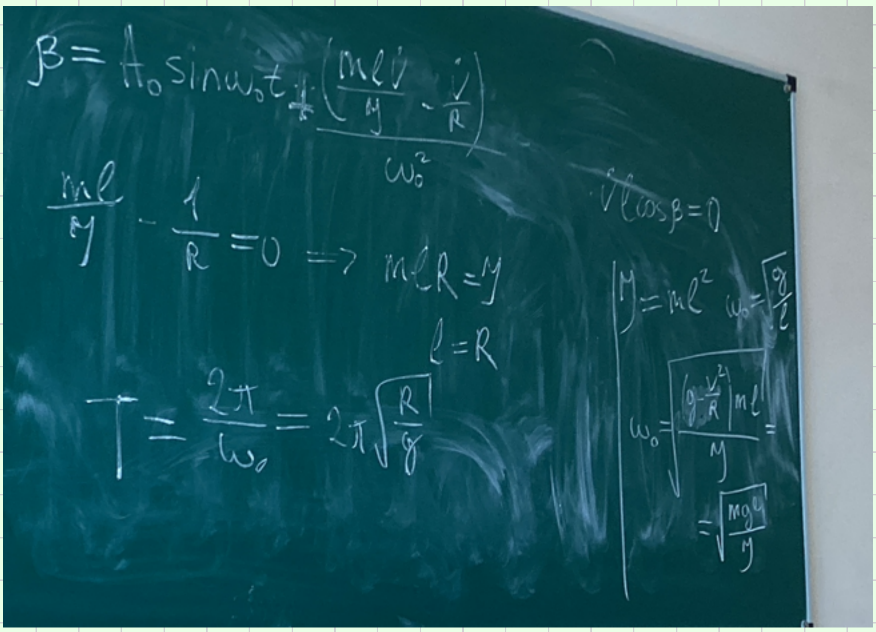
$$\frac{mL}{I} - \frac{1}{R} = 0 \Rightarrow mLR = I$$

$$L = R$$

Получается длина нити равна радиусу Земли

Период Шулера $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

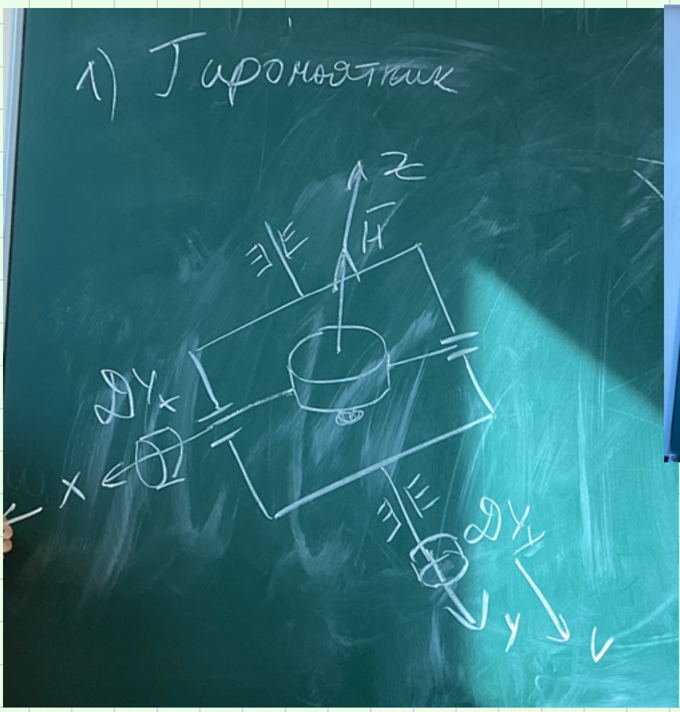
Сделаем гиромаятник, будем компенсировать скорость вращения Земли

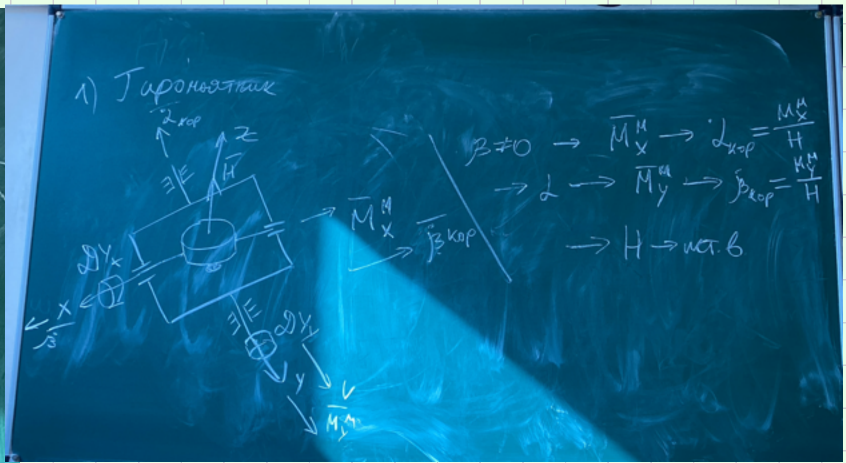


$$\omega_{max} > U + \frac{V}{R} + \omega_{c.c.n.}$$

Классификацияя гировертикалей

38 1) Гиромаятник

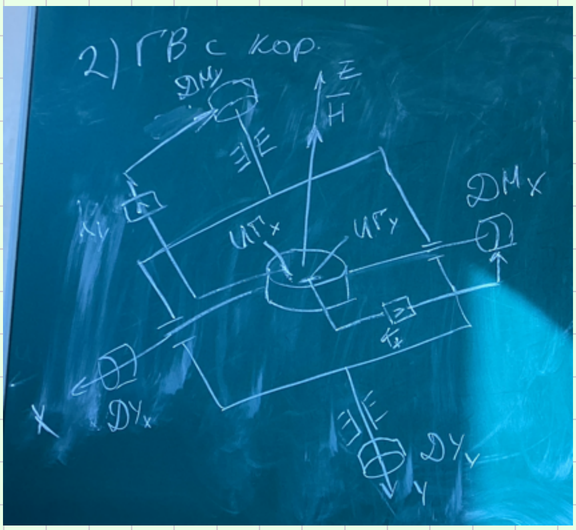




Недостатки как у гирокомпаса

39 **Гировертикаль с коррекцией**

ИГ — измеритель горизонта

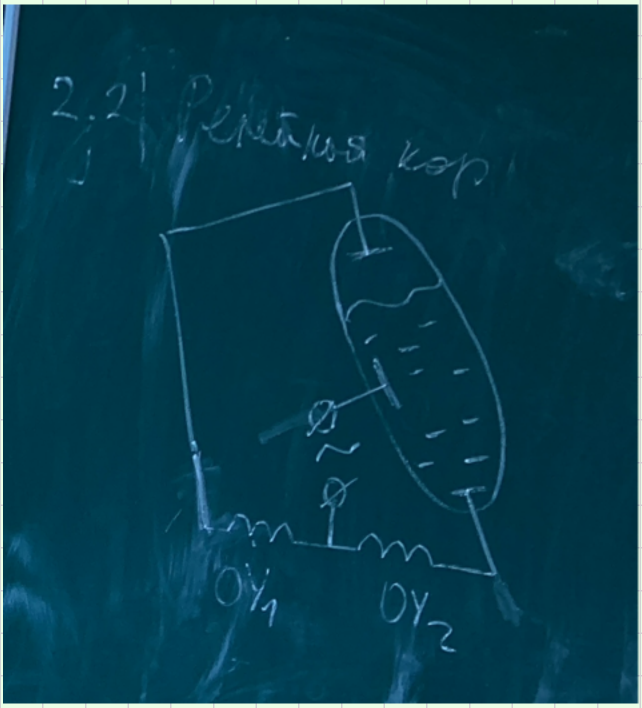


Нам нужно Н выставит в вертикаль

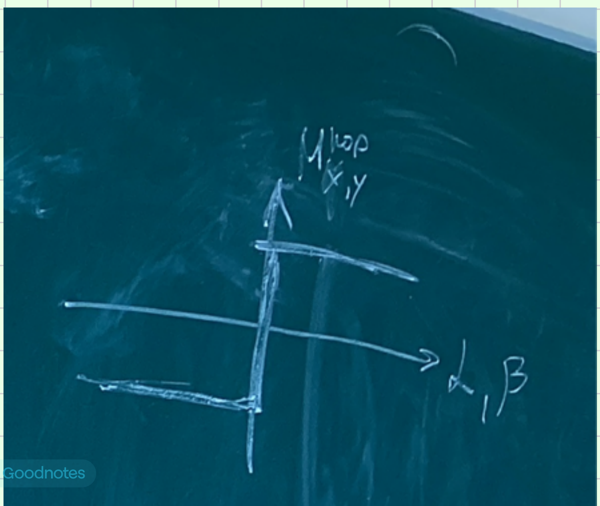
Виды коррекции:
1) Линейная (радиальная). С помощью акселерометра или маятника с датчиком угла

2. Релейная коррекция

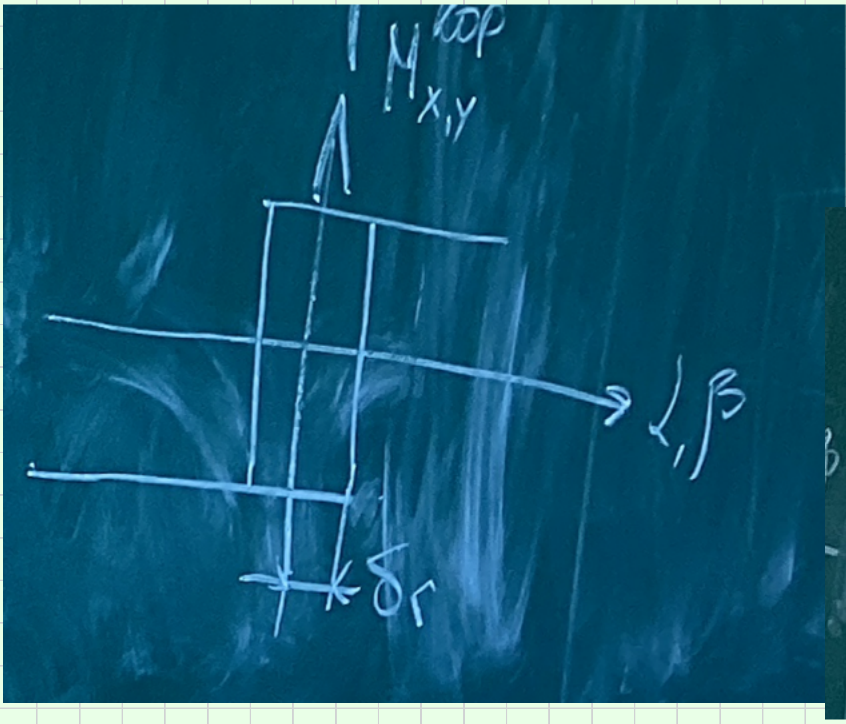
ЖМП с ртутью

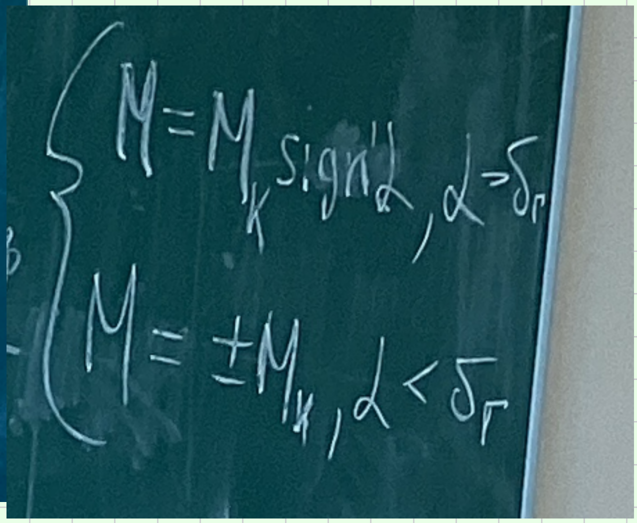


Идеальная - нет зоны гистерезиса



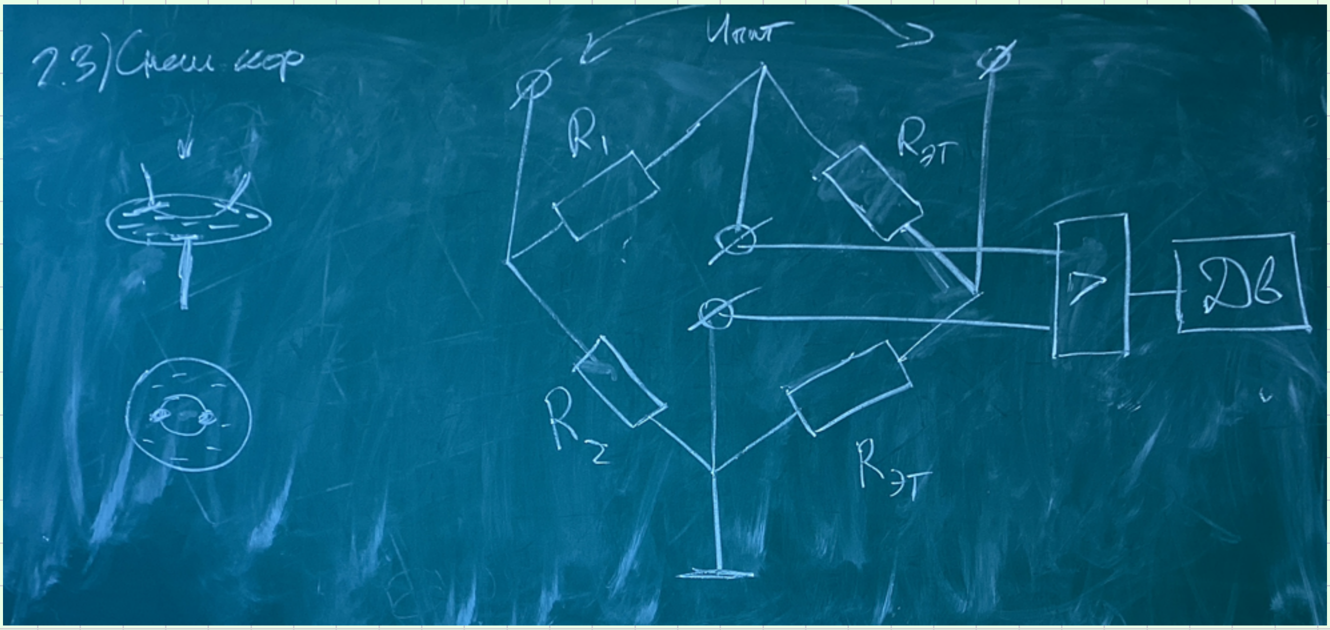
Есть зона неопределенности. Мы не понимаем какого знака у нас сигнал

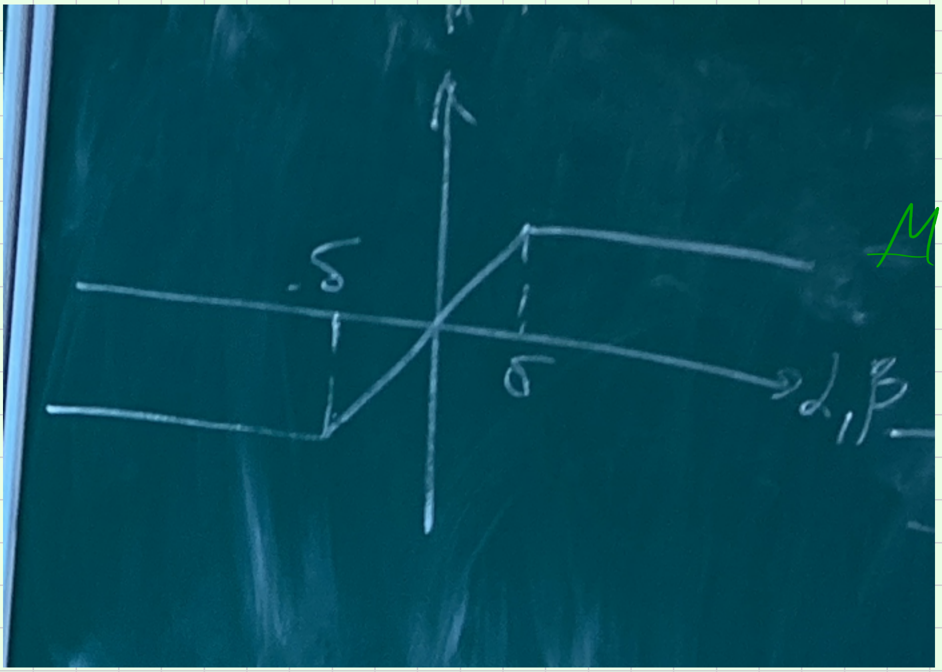




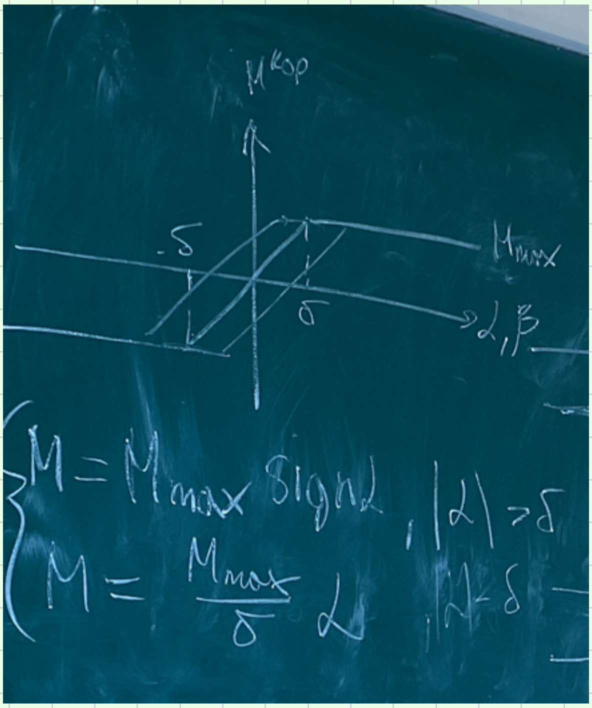
Недостаток — наличие зоны гистерезиса.

3. Смешанная коррекция



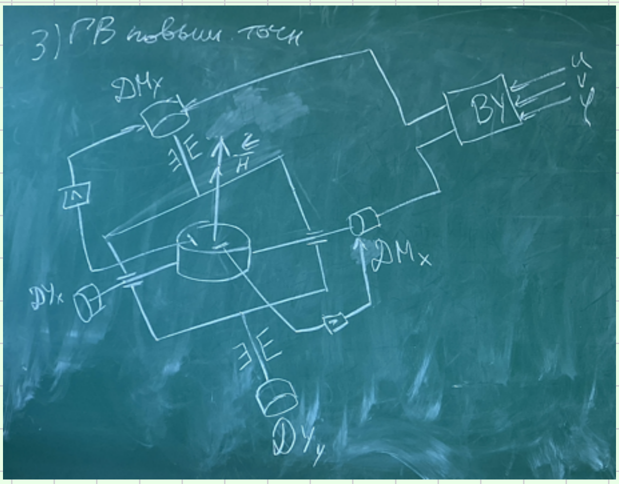


Mmax



57

3. Гировертикаль повышенной точности



$\omega_к > \omega_{сп.}$

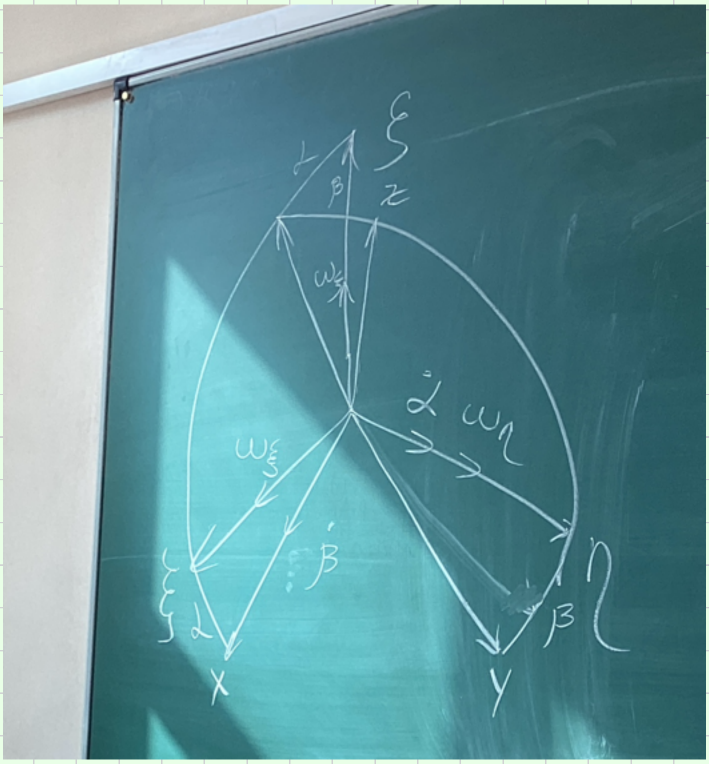
1.02 **4. Прецезионные гировертикали ГВ**

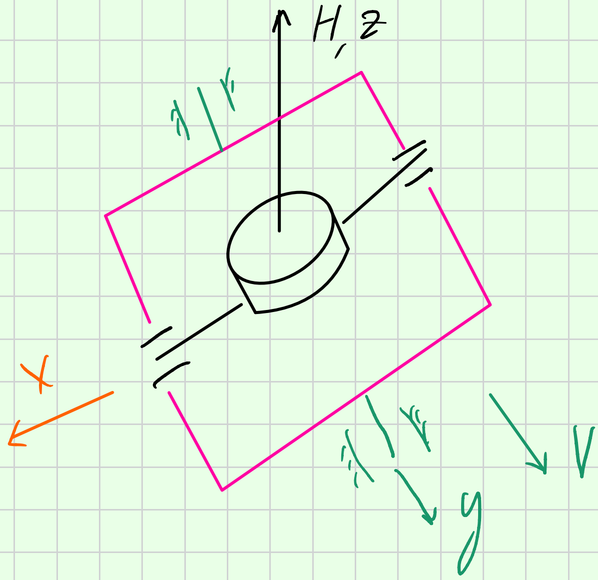
Общие уравнения движения гировертикали

3 апреля
Лекция 8

Гировертикаль нужна для поддердания крена и тангажа

Траекторная





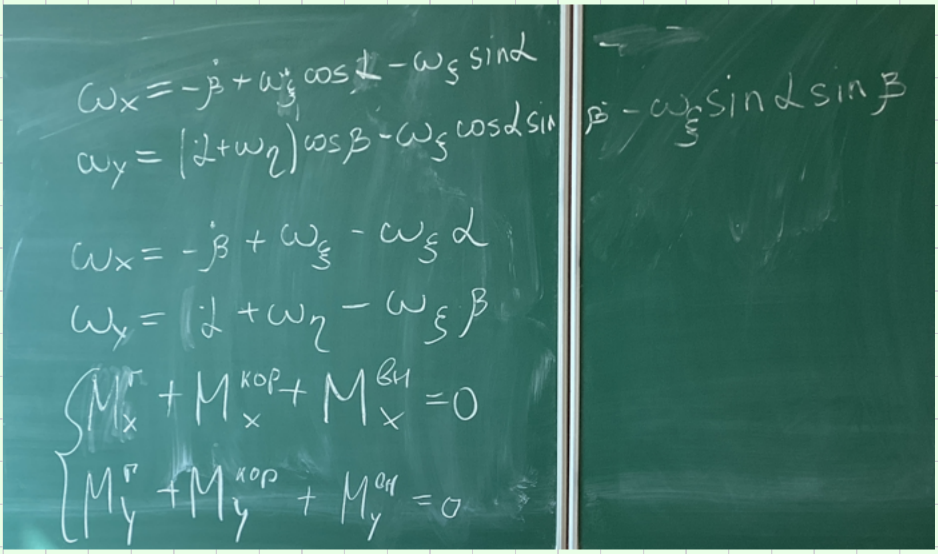
$$\omega_x = -\dot{\beta} + \omega_\xi \cos\alpha - \omega_\xi \sin\alpha$$

$$\omega_y = (\dot{\alpha} + \omega_\eta)\cos\beta - \omega_\xi \cdot \cos\alpha \cdot \sin\beta - \omega_\xi \sin\alpha \cdot \sin\beta$$

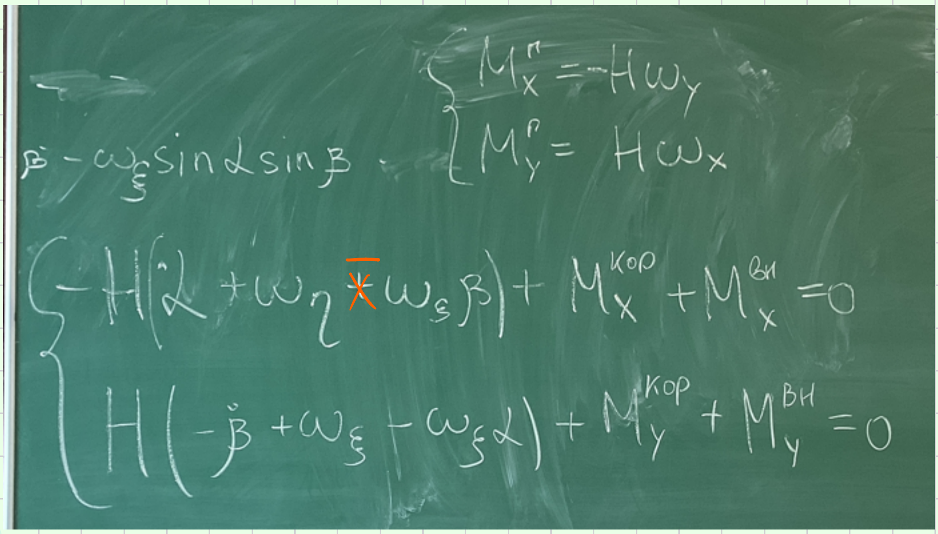
$$\omega_x = -\dot{\beta} + \omega_\xi - \omega_\xi \alpha$$

$$\omega_y = \dot{\alpha} + \omega_\eta - \omega_\xi \beta$$

$$\begin{cases} M_x^{\Gamma} + M_x^{кор} + M_x^{вн} = 0 \\ M_y^{\Gamma} + M_y^{кор} + M_y^{вн} = 0 \end{cases}$$

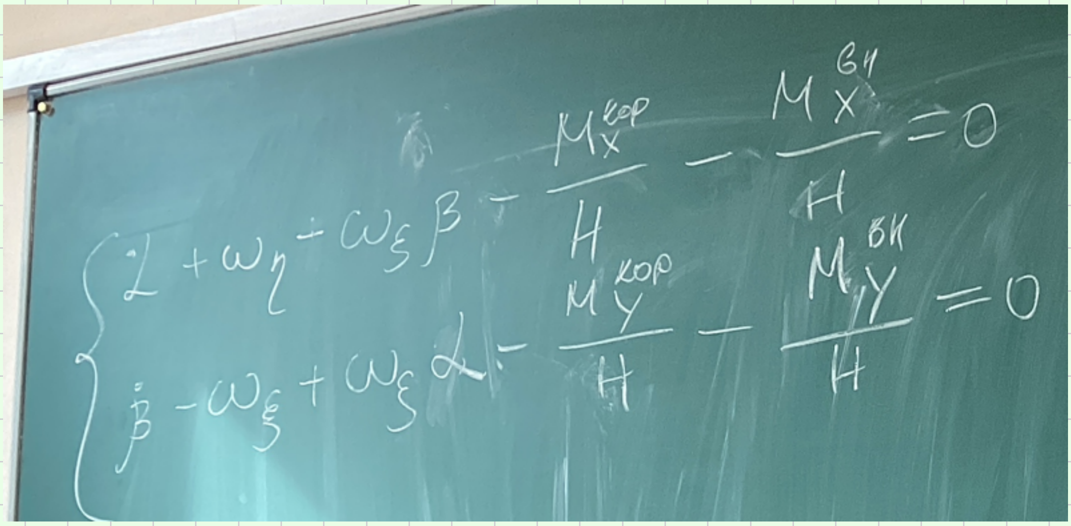


$$\begin{cases} M_x^{\Gamma} = -H \cdot \omega_y \\ M_y^{\Gamma} = H \cdot \omega_x \end{cases}$$



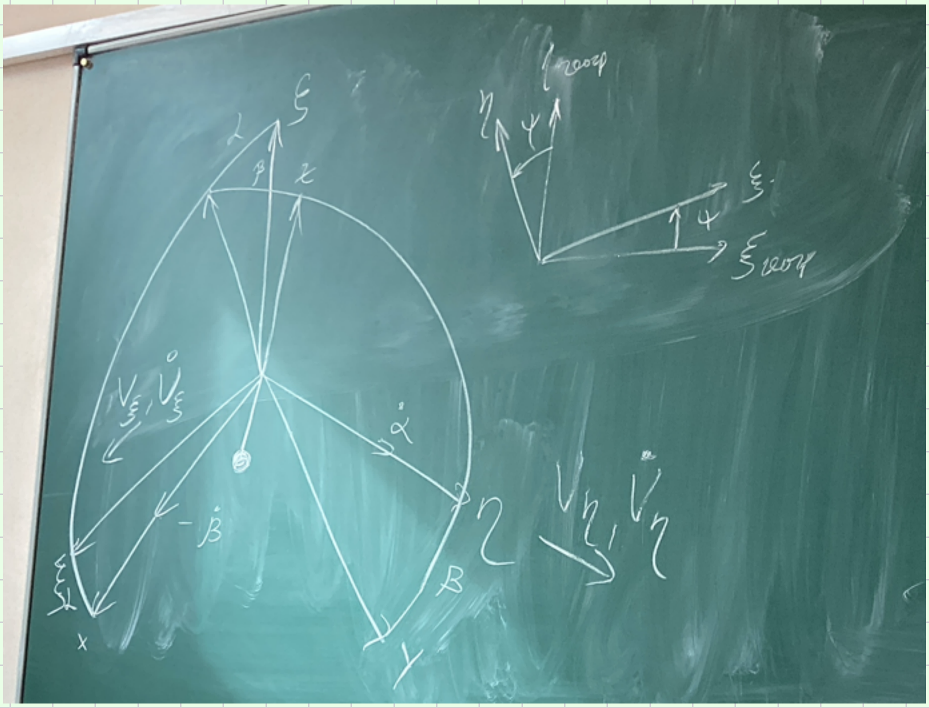
$| : H$

14.05



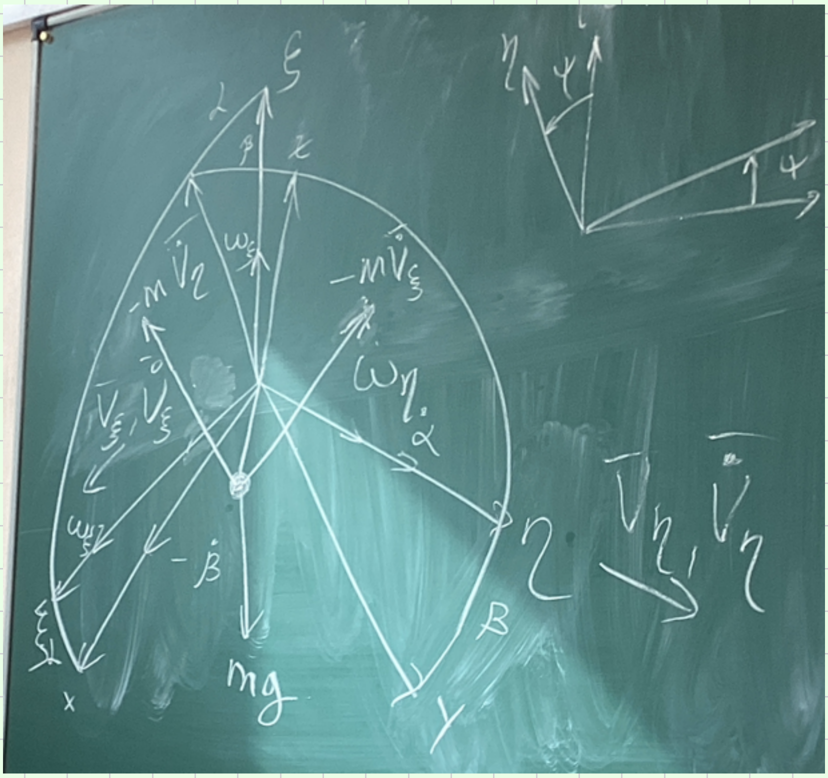
16.33 **Гиромаятник как гировертикаль**

Трапкторная ск



$$V_\eta = V_N\cos\psi - V_E\sin\psi$$

$$V_\xi = V_N\sin\psi + V_E\cos\psi$$



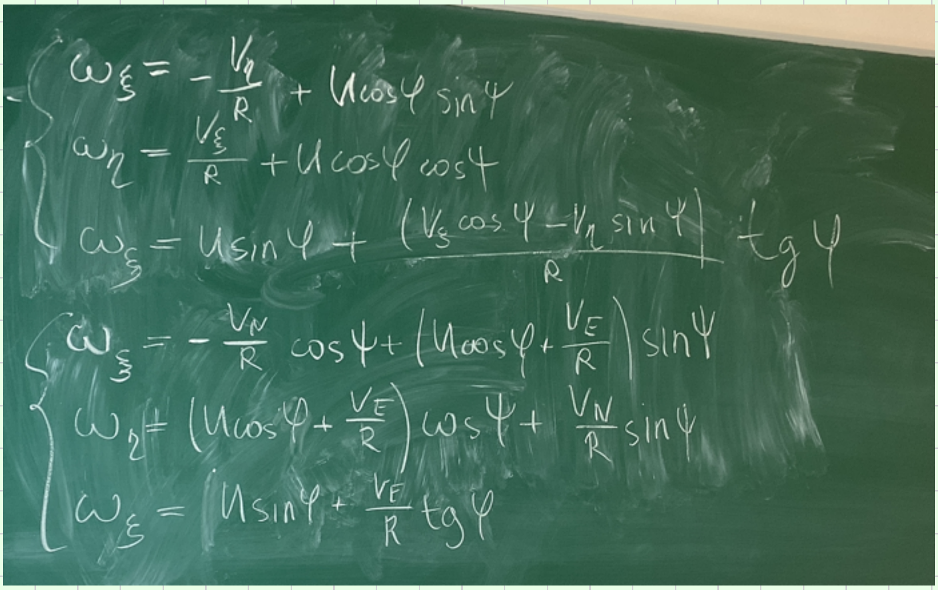
$$\begin{cases} \omega_\xi = \omega_{\xi_{\text{геогр}}}\cos\psi + \omega_{\eta_{\text{геогр}}}\sin\psi \\ \omega_\eta = \omega_{\eta_{\text{геогр}}}\cos\psi - \omega_{\xi_{\text{геогр}}}\sin\psi \\ \omega_\zeta = \omega_{\zeta_{\text{геогр}}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \omega_\xi = -\frac{V_N}{R}\cos\psi + \left(U\cos\varphi + \frac{V_E}{R}\right)\sin\psi \\ \omega_\eta = \left(U\cos\varphi + \frac{V_E}{R}\right)\cos\psi + \frac{V_N}{R}\sin\psi \\ \omega_\zeta = U\sin\varphi + \frac{V_E}{R}\operatorname{tg}\varphi \end{cases}$$

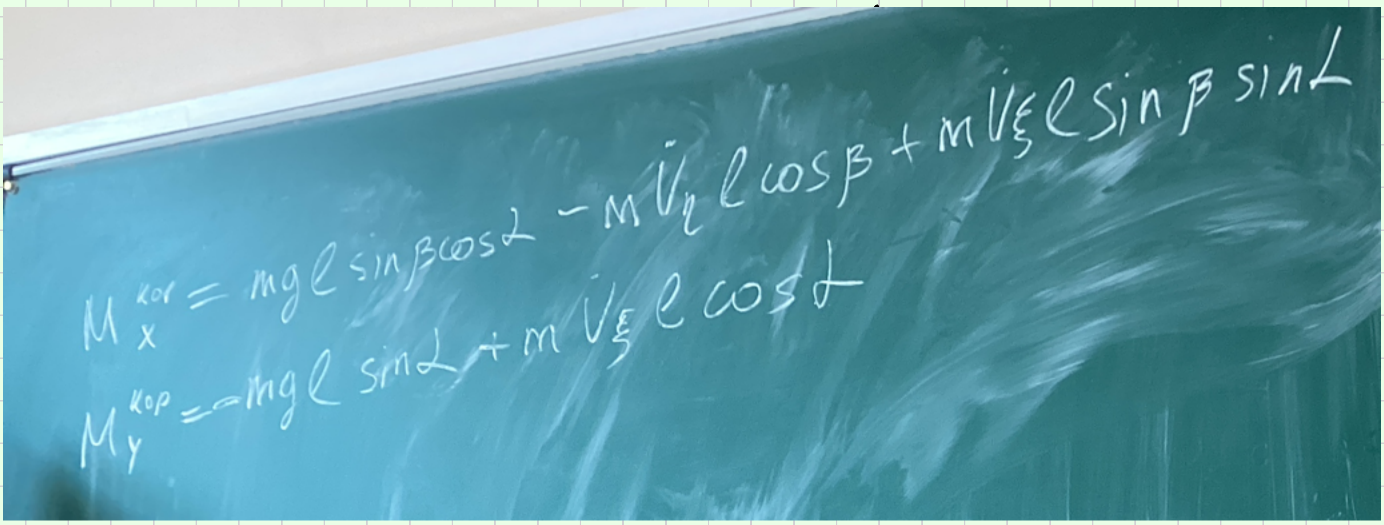
Разобраться

33

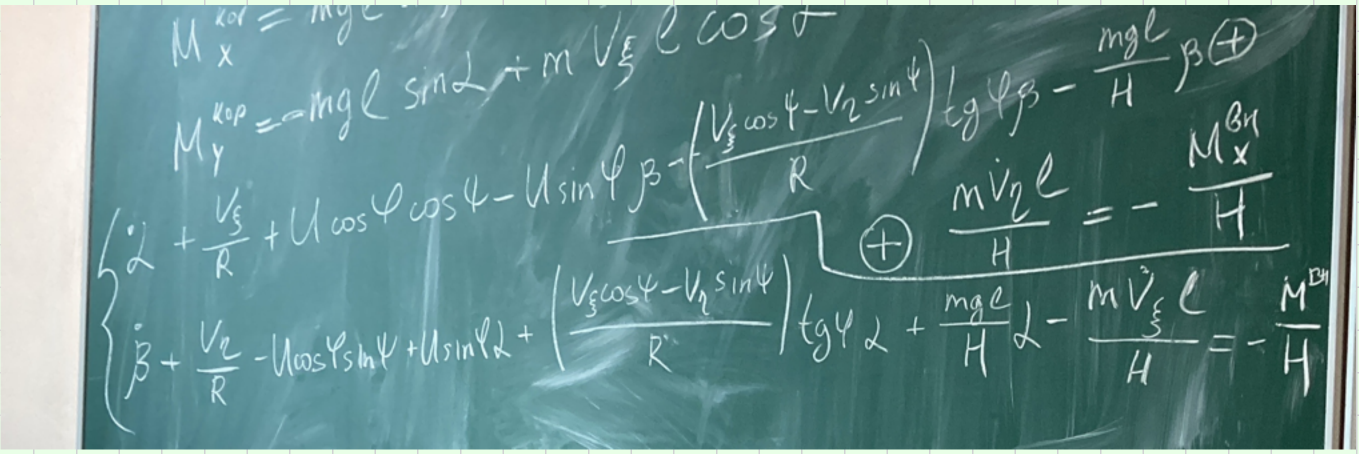
Разобраться в переходе от нижнего к верхнему это будет на экзамене



Моменты коррекции:



Уравненерия движения в общем виде ничем не принебрегая:



Сократили уравнения:

$$\begin{cases} \dot\alpha - \omega_0 \beta = -\dfrac{V_\xi}{R} - U\cos\varphi\cos\psi - \dfrac{m\dot V_\eta l}{H} + \dfrac{M_x^{вн}}{H} \\ \dot\beta + \omega_0 \alpha = -\dfrac{V_\eta}{R} + U\cos\varphi\sin\psi + \dfrac{m\dot V_\xi l}{H} + \dfrac{M_y^{вн}}{H} \end{cases}$$

ω_0 – частота собственных незатухающих колебаний

Поделили все что стоит перед бетта

$$\omega_0 = U\sin\varphi + \left(\frac{V_\xi\cos\psi - V_\eta\sin\psi}{R}\right)\operatorname{tg}\varphi + \frac{mgl}{H}$$

50

Частные случаи

1 частный случай. Осонование неподвижно. Нет вращения Земли

$$\omega_0 = U\sin\varphi + \left(\frac{V_\xi\cos\psi - V_\eta\sin\psi}{R}\right)\operatorname{tg}\varphi + \frac{mgl}{H}$$

1) $V_\xi = \dot V_\xi = V_\eta = \dot V_\eta = 0$, $U = 0$, $M^{вн} = 0$

$$\begin{cases} \dot\alpha - \omega_0\beta = 0 \\ \dot\beta + \omega_0\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\beta = \frac{\dot\alpha}{\omega_0}$$

$$\dot\beta = \frac{\ddot\alpha}{\omega_0}$$

$$\frac{\ddot\alpha}{\omega_0} + \omega_0\alpha = 0$$

$$\ddot\alpha + \omega_0^2\alpha = 0$$

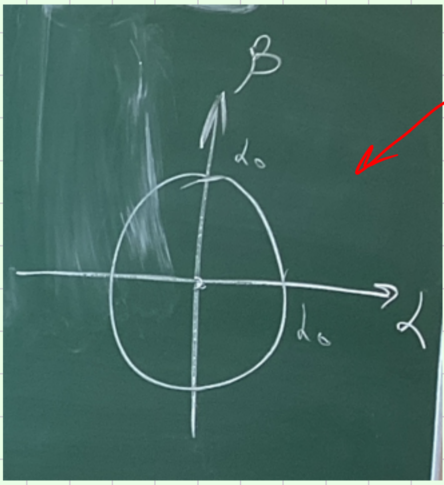
$$\alpha = \alpha_0\cos\omega_0 t$$

Подставляем в бета

$$\begin{cases} \alpha = \alpha_0\cos\omega_0 t \\ \beta = -\alpha_0\sin\omega_0 t \end{cases}$$

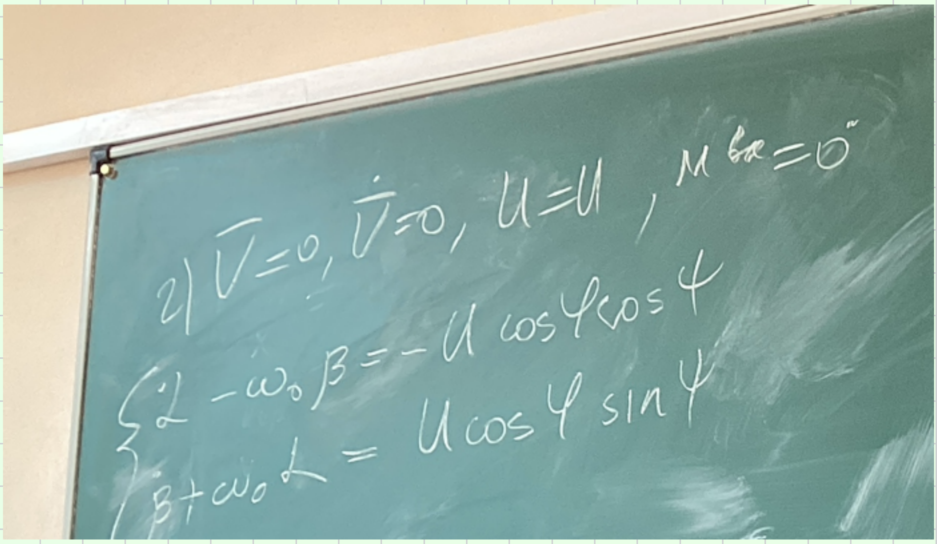
Апекс будет двигаться по окружности вокруг положения 00. 00 это истинная вертикаль

По часовой или против часовой разобраться

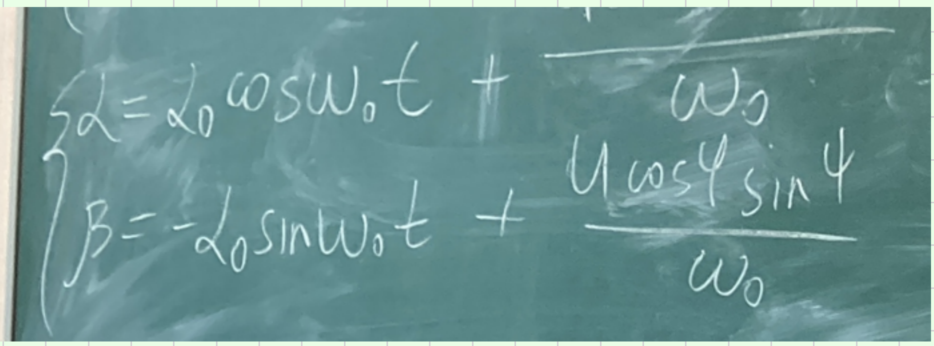


Колебаний, прибор плохой вводим коррекцию демфированием

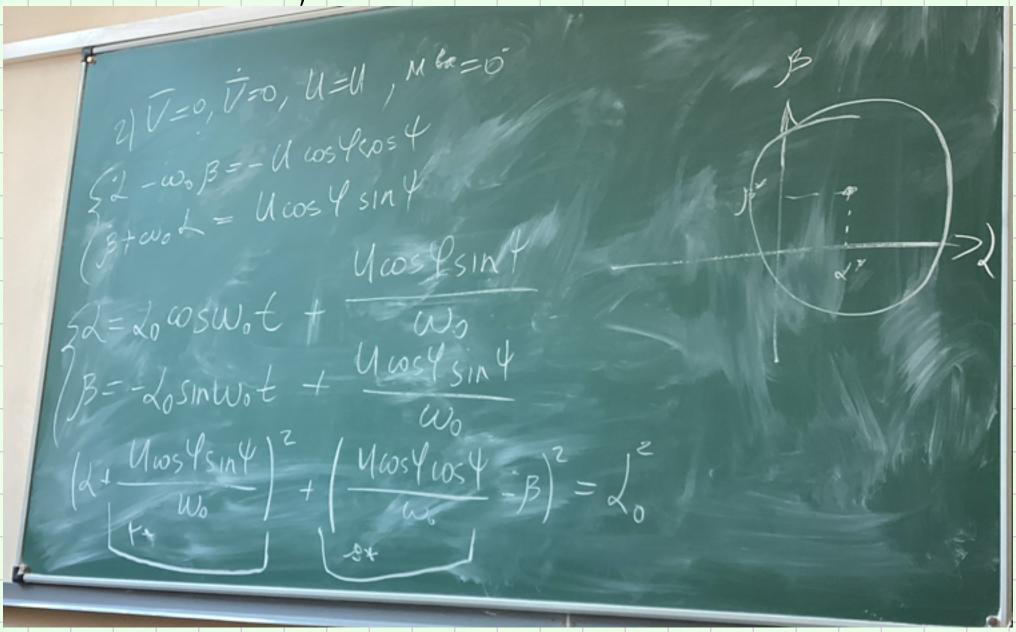
2 частный случай: все тоже самое но учитываем вращение Земли



Будет как и в 1 случае, но будет частное решение которое равно константе, значит будет смещено



$\alpha^2 + \beta^2 = \alpha_0^2$

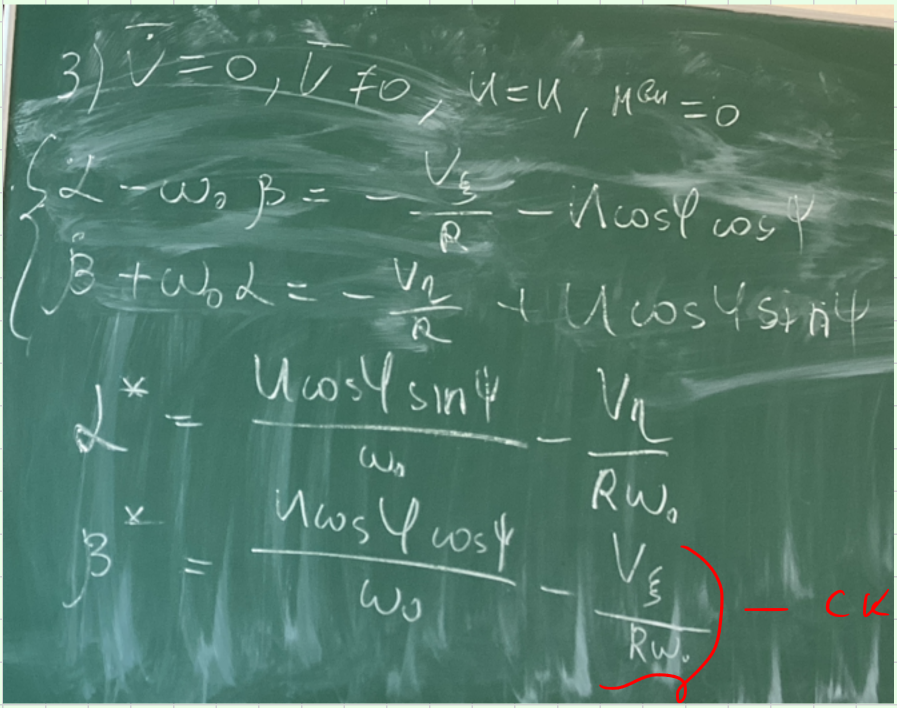


Тут мы качаемся да еще и не вокруг истинной вертикали, иногда к ней приблиажемся

Вращение Земли приводит к дополнительному смещению центру масс

Тут тоже определить по часовой или против часовой (в 1 и 2 сллучае одинаковое напрвление)

1.03 **3 частный случай:** добавляется движение с постоянной скоростью



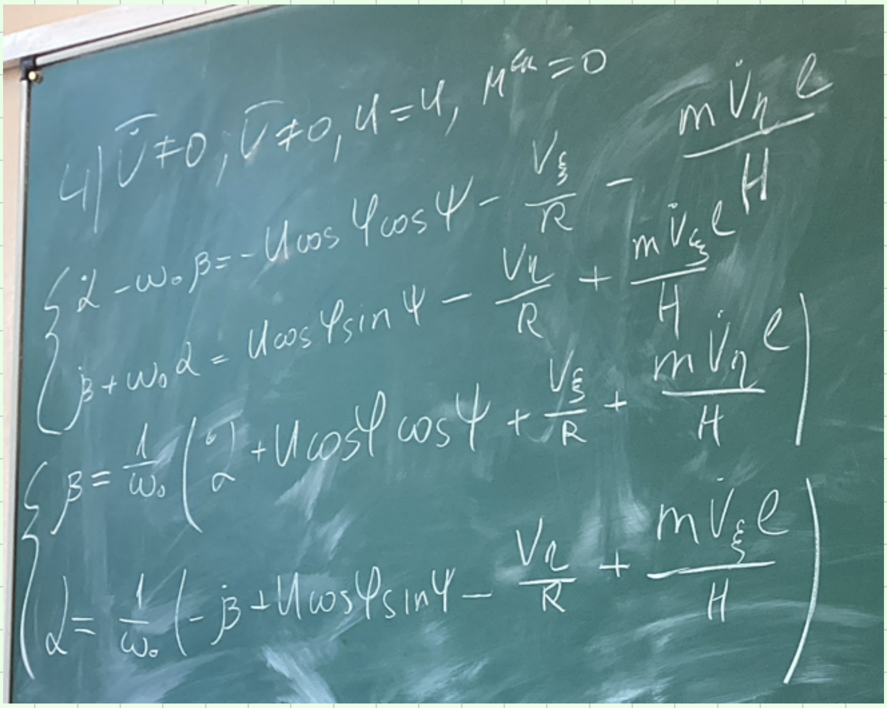
— скоростные девиации

Решение: то же самое что и во втором случае

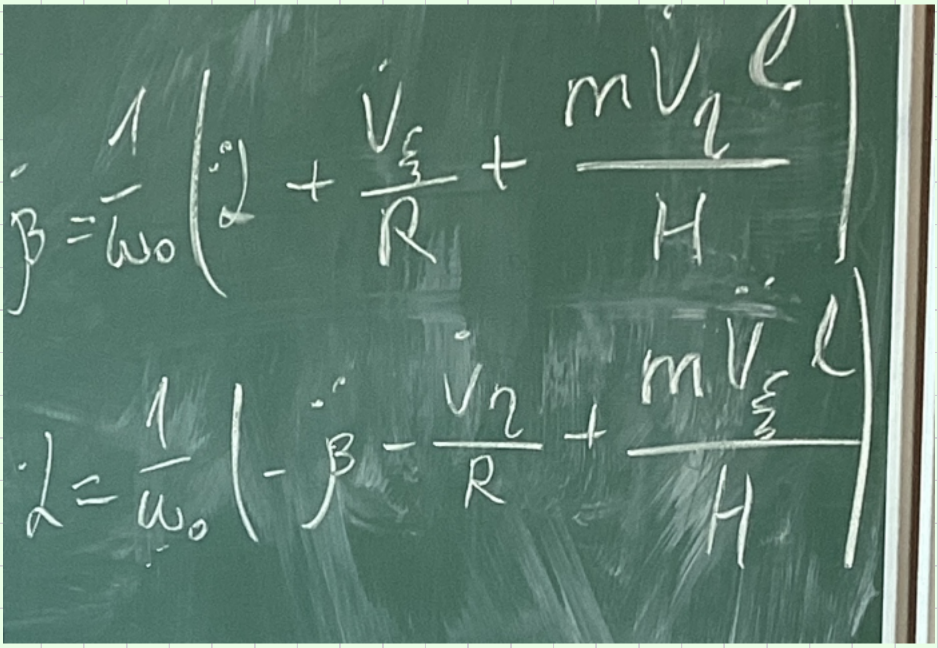
Гировертикаль должна компенсировать вращение Земли

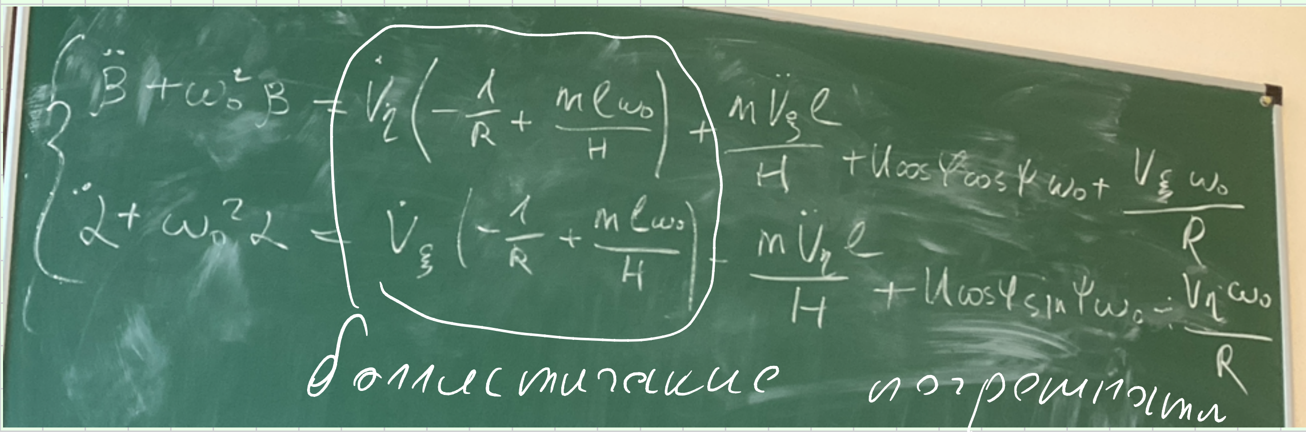
1.08

4 частный случай: ускоренное движение основания



Диференцируем





Чтобы от них избавиться нужен период шулера $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{R}}$

1.16

Недостатки: плохой переходной процесс, баллистические погрешности

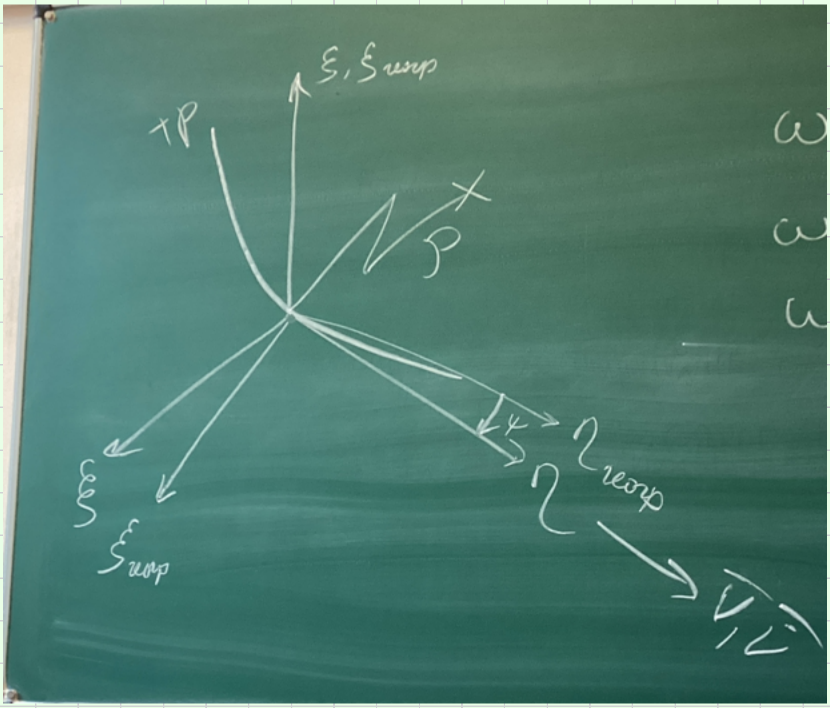
10 апреля
Лекция 9

Гировертикаль с радиальной коррекцией

Траекторная ск отклонена от географиечской на угол ψ

ρ – Радиус кривизны траектории

Найдем проекции скоростей в траекторной ск



Ищем угловые скорости вращения:

$$\omega_\xi = \omega_{\xi r} \cdot \cos\psi = -\frac{V}{R} - U\cos\varphi \sin\psi$$

$$\omega_\eta = U\cos\varphi\cos\psi$$

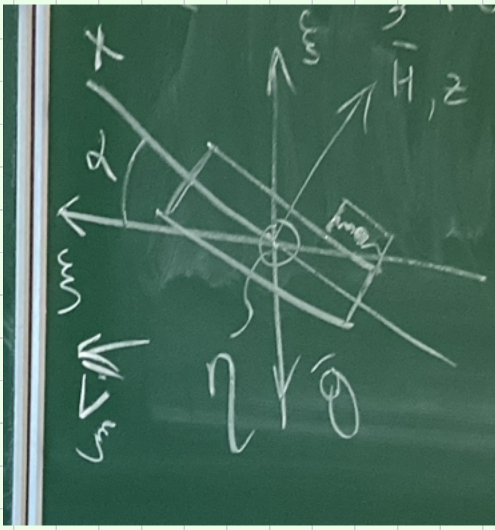
$$\omega_\zeta = U\sin\varphi + \frac{V}{\rho}$$

Вводим вираж, поэтому радус кривой: $\frac{V}{\rho}$ – из-за виража

$$\omega_\xi = -\frac{V}{R} - U\cos\varphi\sin\psi$$
$$\omega_\eta = U\cos\varphi\cos\psi$$
$$\omega_\zeta = U\sin\varphi + \frac{V}{\rho}$$

$$\boxed{\psi}\quad \begin{cases} \dot\alpha + \omega_\eta - \omega_\zeta\beta - \dfrac{M_x^{кор}}{H} - \dfrac{M_x^{вн}}{H} = 0 \\ \dot\beta - \omega_\xi + \omega_\zeta\alpha - \dfrac{M_y^{кор}}{H} - \dfrac{M_y^{вн}}{H} = 0 \end{cases}$$

Гировертикаль на борту ла распалагаем: H по z, наружная рама паралельна продольной, а внутренняя паралельна поперечной



$\omega_\xi\alpha - \frac{M_y}{H} - \frac{M_y^{вн}}{H} = 0$

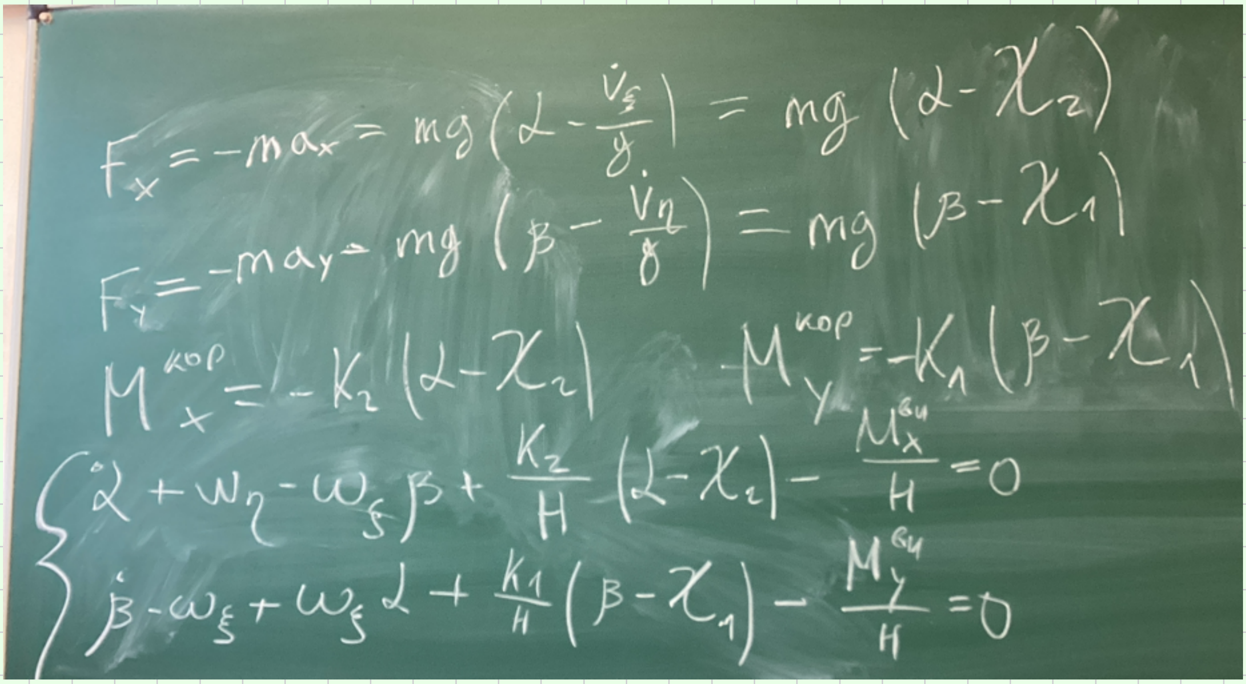
при малых углах

$$a_x = \dot V_\xi\cos\alpha - g\sin\alpha = \dot V_\xi - g\alpha$$
$$a_y = \dot V_\eta\cos\beta - g\sin\beta = \dot V_\eta - g\beta$$

13 X_1 и X_2 — это углы отклонения от θ

$$F_x = -m a_x = mg\left(\alpha - \frac{\dot V_\xi}{g}\right) = mg(\alpha - \chi_2)$$
$$F_y = -m a_y = mg\left(\beta - \frac{\dot V_\eta}{g}\right) = mg(\beta - \chi_1)$$
$$M_x^{кор} = -K_2(\alpha - \chi_2) \qquad M_y^{кор} = -K_1(\beta - \chi_1)$$

Уравнения движения



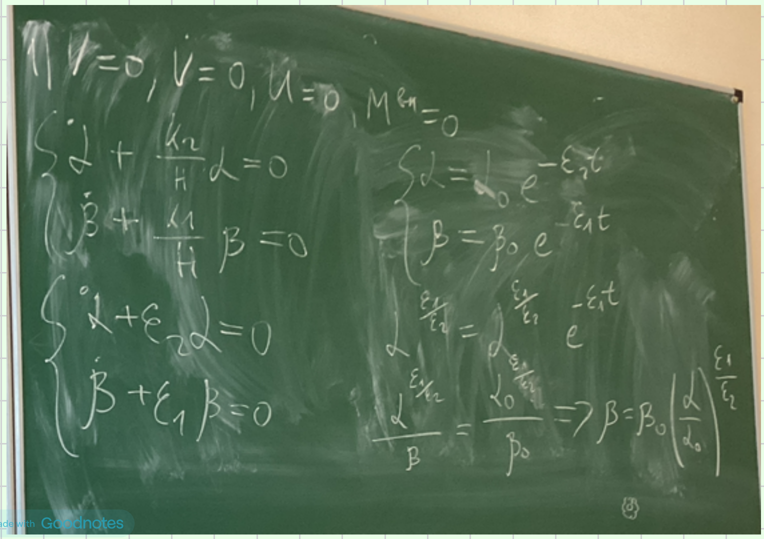
$\varepsilon_{1,2} = \frac{K_{1,2}}{H}$ — удельная скорость коррекции

Рассматриваем частные случаи

1) $V=0$ $\dot V=0$ $u=0$ $M^{вн}=0$

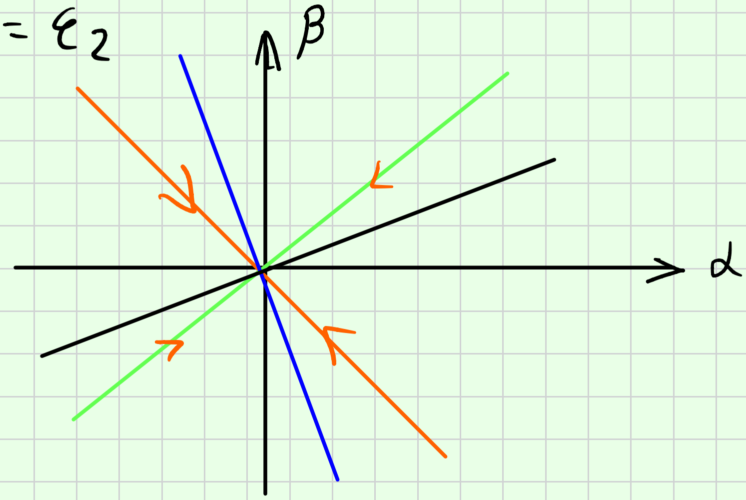
Получим уравнения:

22 α_0 и β_0 — нач. усл.

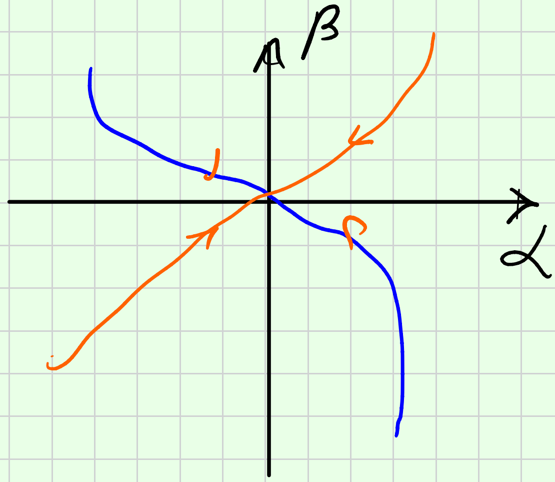


Движение апкекста на картинной плоскости:

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$

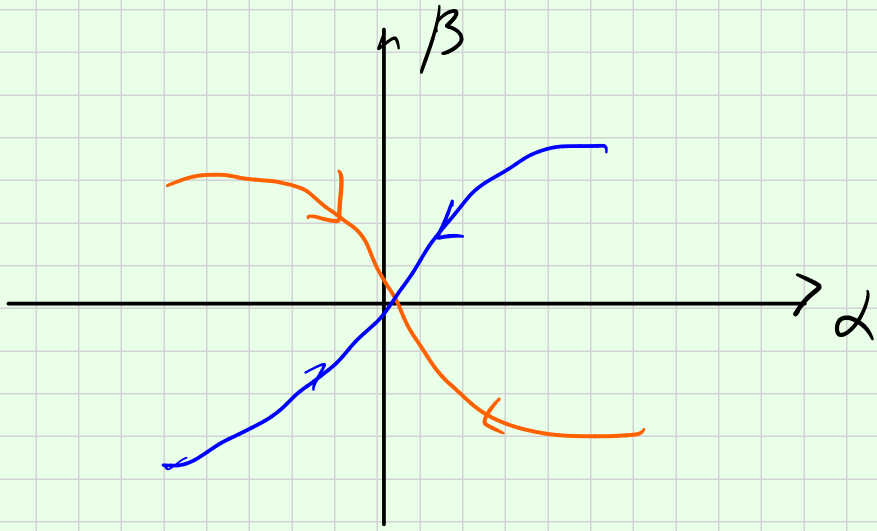


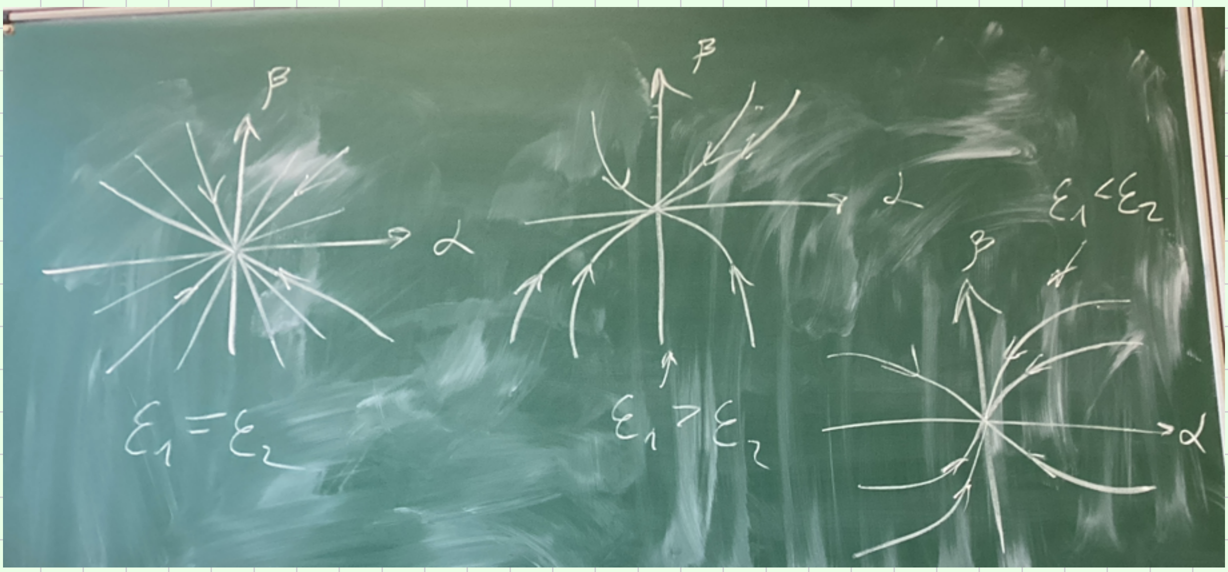
$\varepsilon_1 > \varepsilon_2$



В 0 потому что 0,0 это положение истинной вертикали

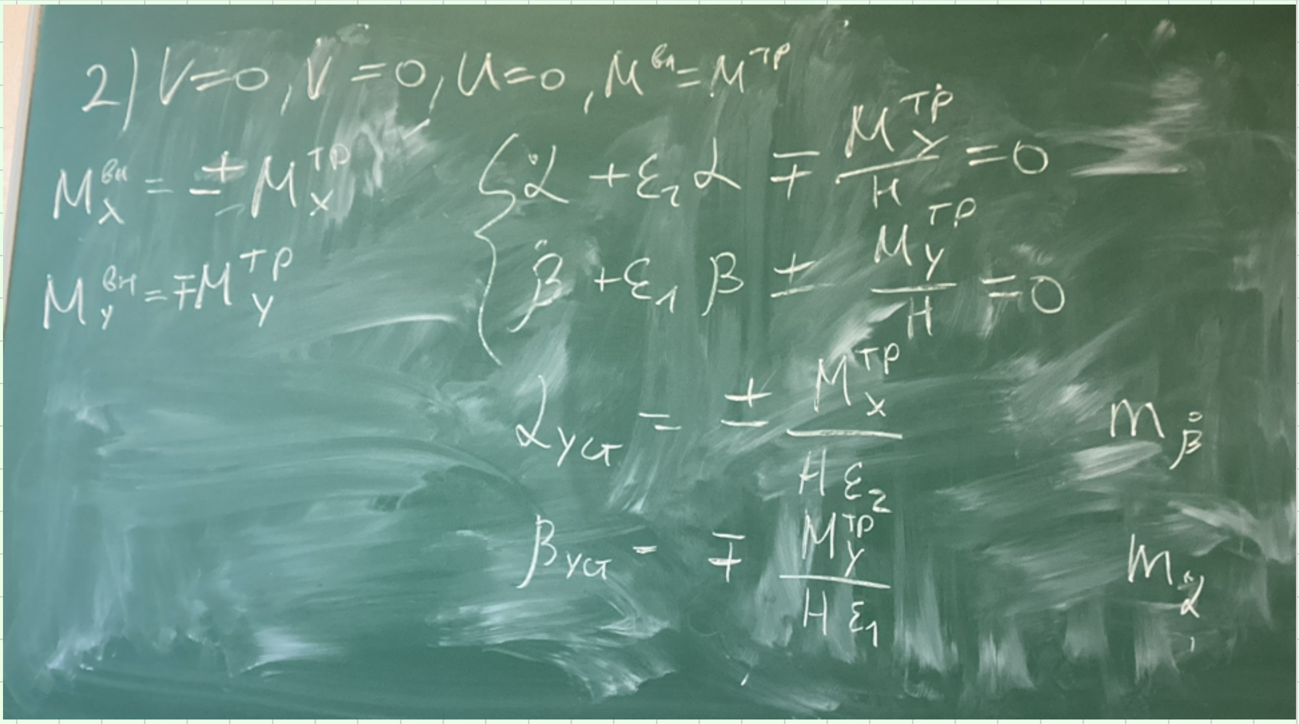
$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$





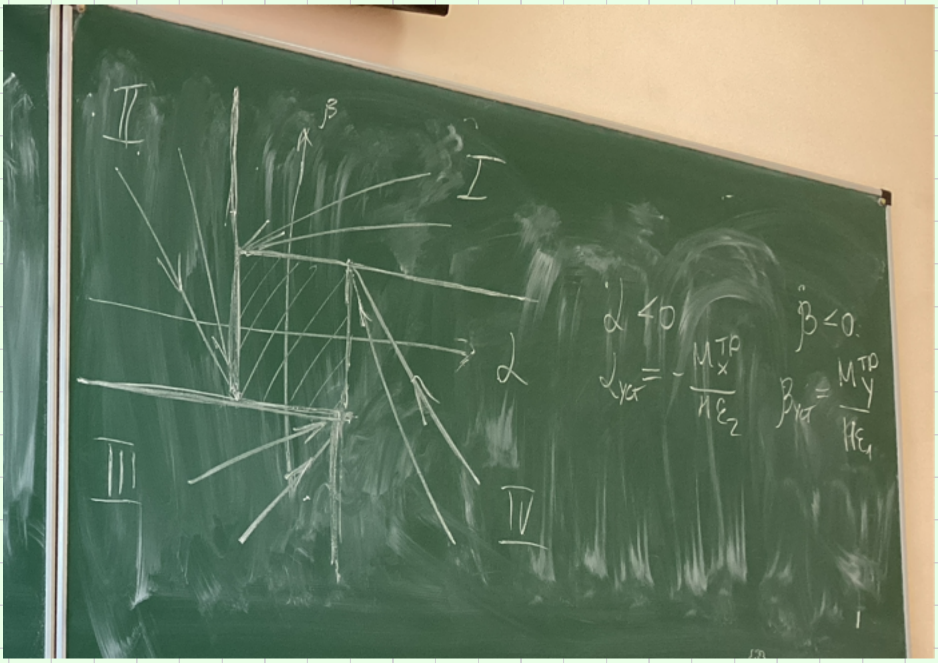
32

2 частный случай $V = 0$ $\dot{V} = 0$ $u = 0$ $M^{вн} = M^{тр}$



42

Апекс на картинной плоскости

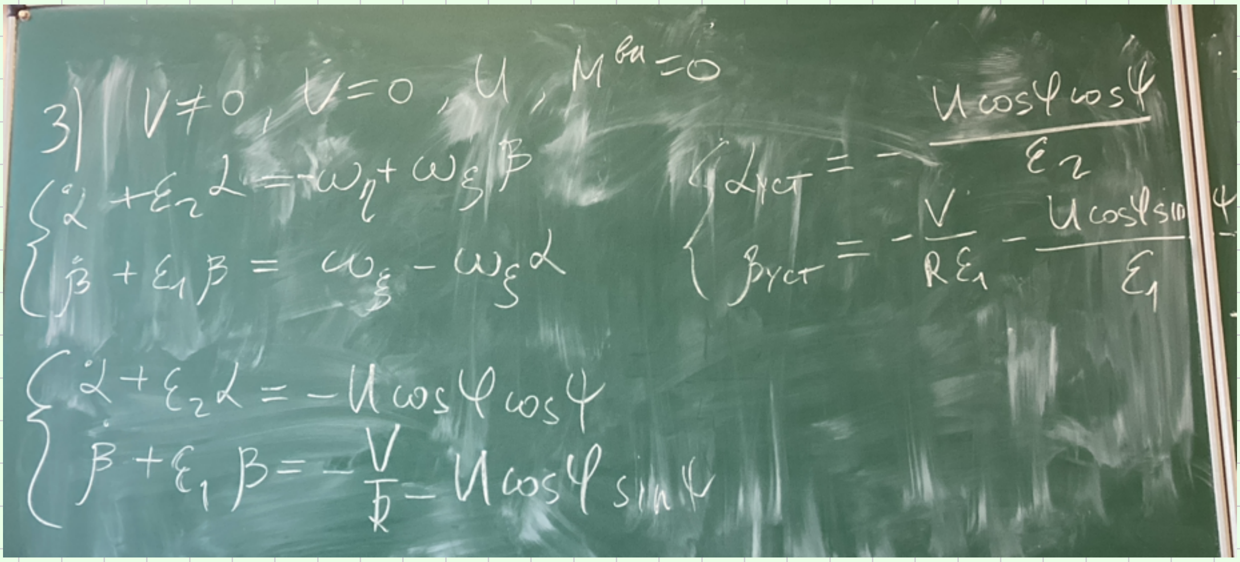


Дз для каждого квандранта записать вырадение

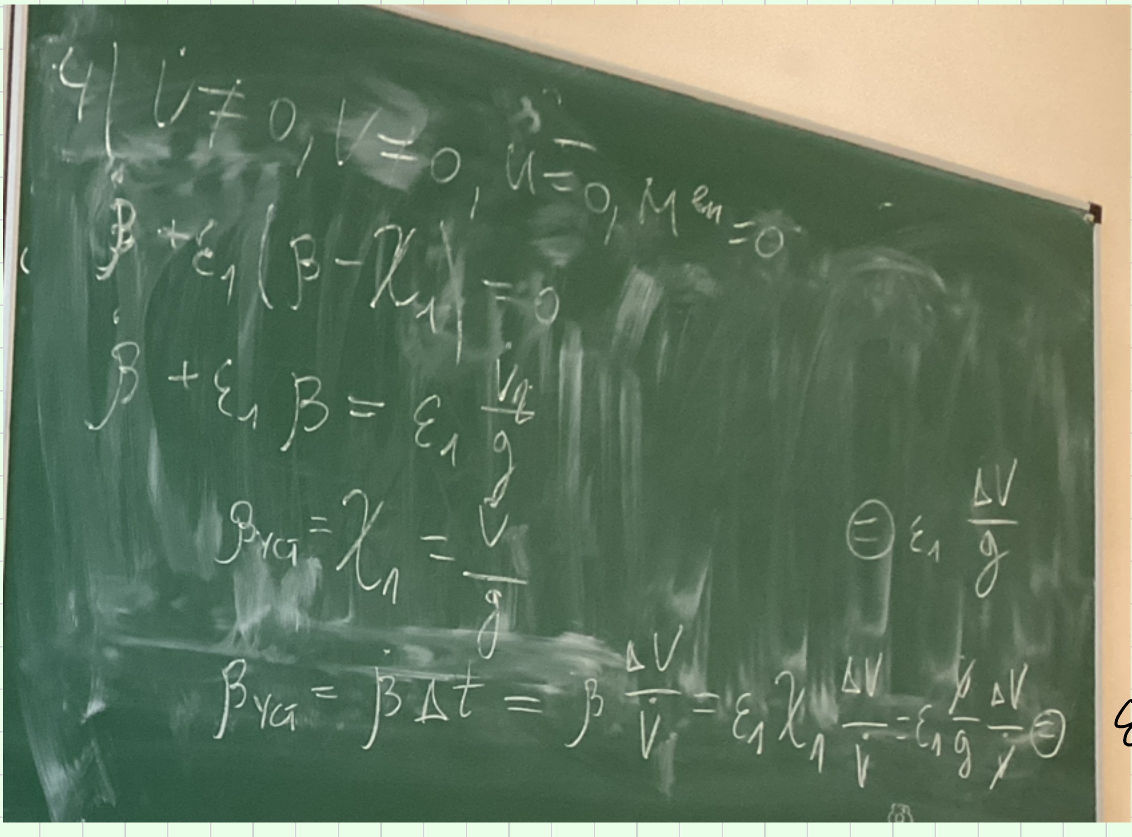
Вывод: в этом случае в истинную вертикаль не придет, тут м тр больше момента коррекции

3 частный случай

③ $V \neq 0$, $\dot V = 0$, U, $M^{вн} = 0$



4 частный случай $\dot V \neq 0$ $V \neq 0$ $U = 0$ $M^{вн} = 0$



$\varepsilon_1 \dfrac{\Delta V}{g}$

Отключать коррекцию когда движение с ускорением

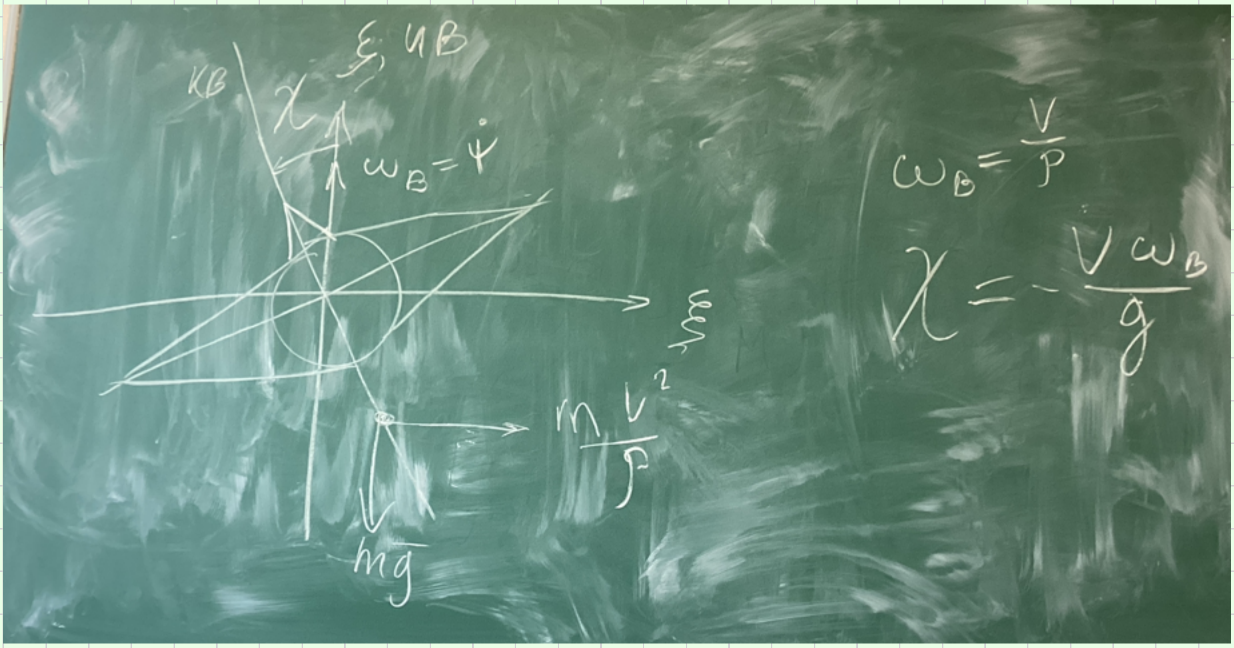
Недостаток: большой уход истинной вертикали;

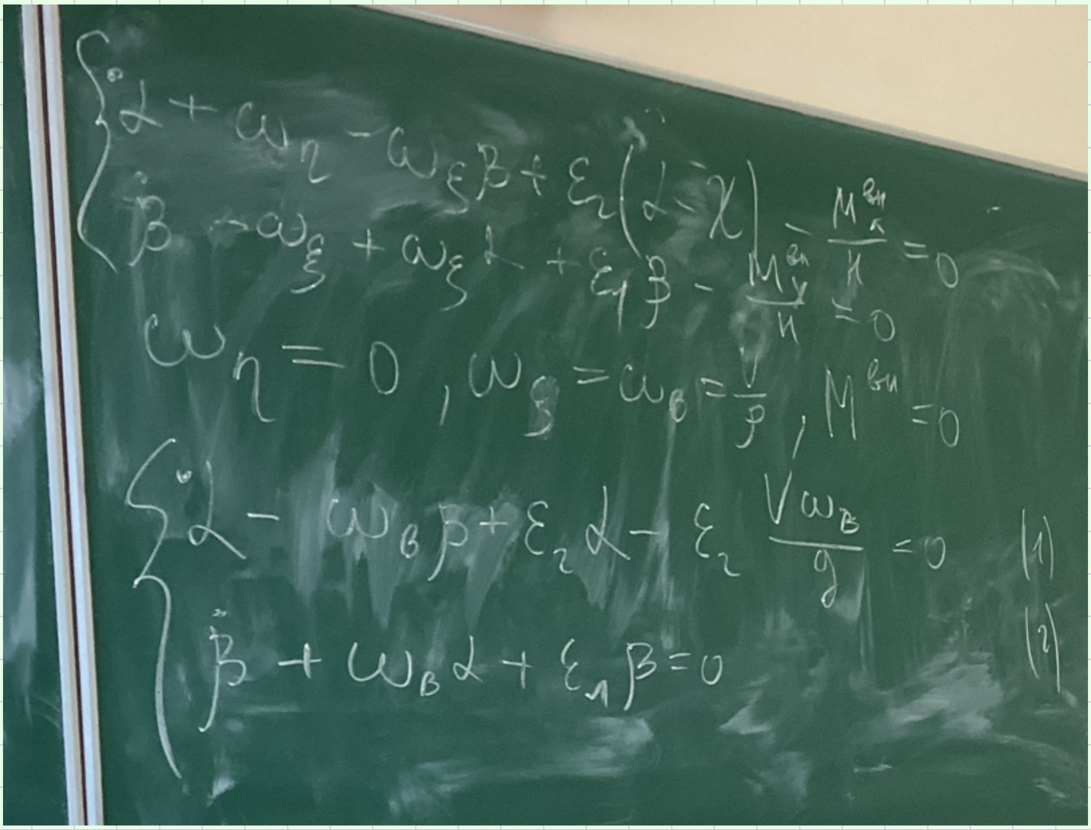
$\dot\beta \simeq \varepsilon_1 \chi$

10 апреля
Лекция 10

5 частный случай на вираже

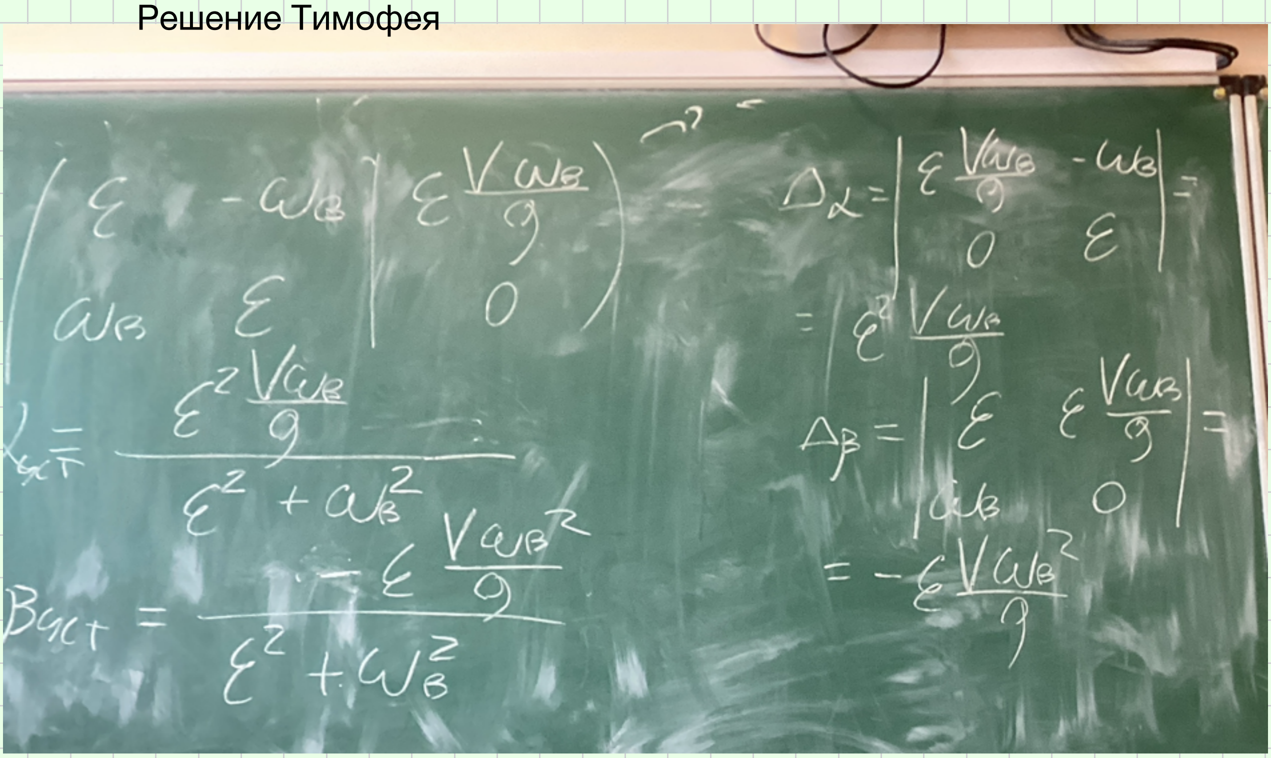
Вид сзади на самолет





Решаем уравнения

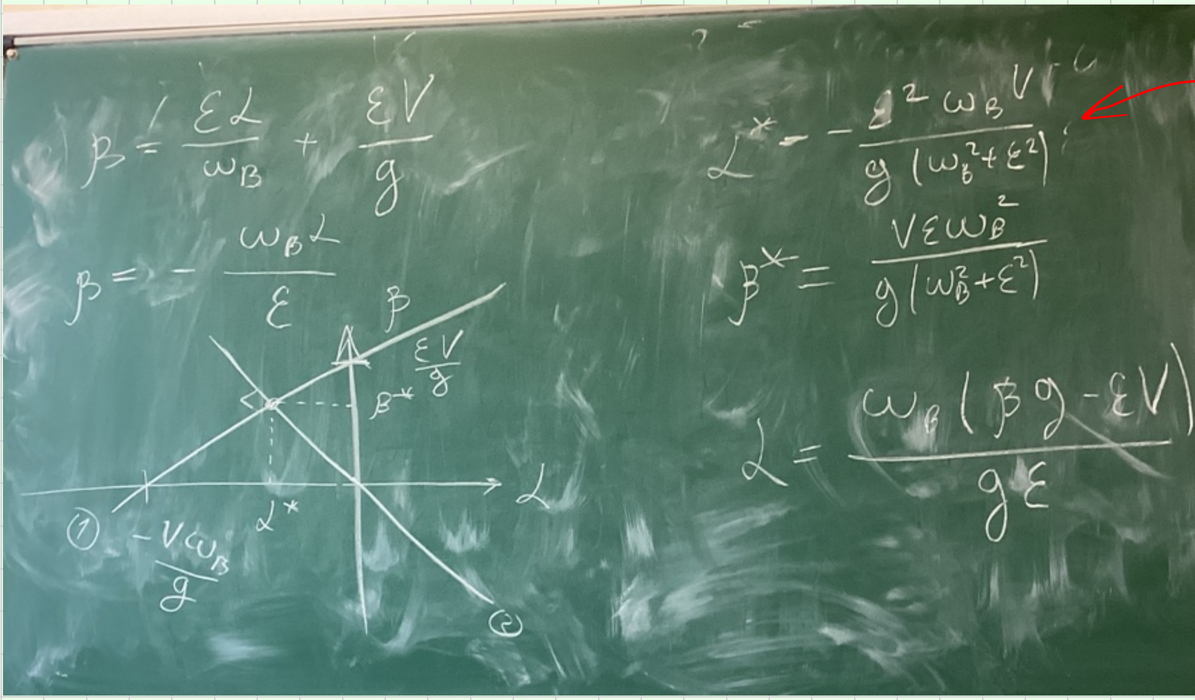
Решение Тимофея



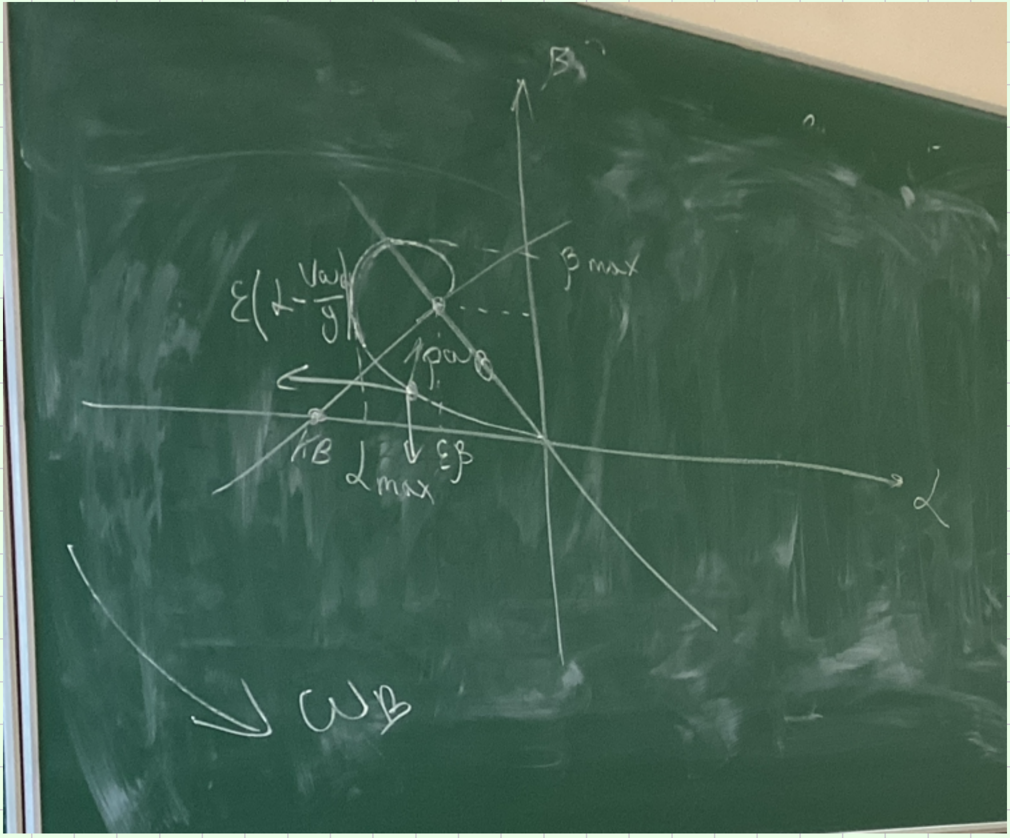
Нам нужно понять апекс на картинной плоскости

14.

Решение Анны Сергеевны



Координаты точки пересечения



Инерционная сила при наличие уентростремительного ускорения вызывает момент под действием которого гировертикаль отклоняется от положения истинной вертикали с скорость $\varepsilon\left(\alpha - \frac{V\omega_B}{g}\right)$

При левом вираже оси альфа и бета вместе со скоростью ω_B поворачиваеются, апекс поворачивается со скоростью $\rho\omega_B$

Как только плявляется угол бета начинает лействовать коррекция которая создает скорость $\varepsilon\beta$

В результате апекс движется по логарифмической спирали в положение α^* β^*

27 При правом вираже все аналогично просто в другую сторону

$$\beta = \frac{\alpha}{\omega_B} + \frac{\varepsilon_2 \alpha}{\omega_B} + \frac{\varepsilon_2 V}{g}$$

$$\ddot{\alpha} + 2\varepsilon \dot{\alpha} + \alpha(\varepsilon^2 + \omega_B^2) - \alpha^*(\omega_B^2 + \varepsilon^2) = 0$$

$$\alpha = A e^{-\varepsilon t} \cos(\omega t - \delta) + \alpha^*$$

$$\beta = -A e^{-\varepsilon t} \sin(\omega t - \delta) + \beta^*$$

Переходим к полярным координатам

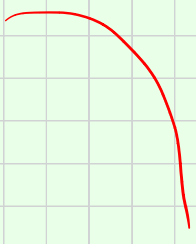
$$r = \sqrt{(\alpha - \alpha^*)^2 + (\beta - \beta^*)^2}$$

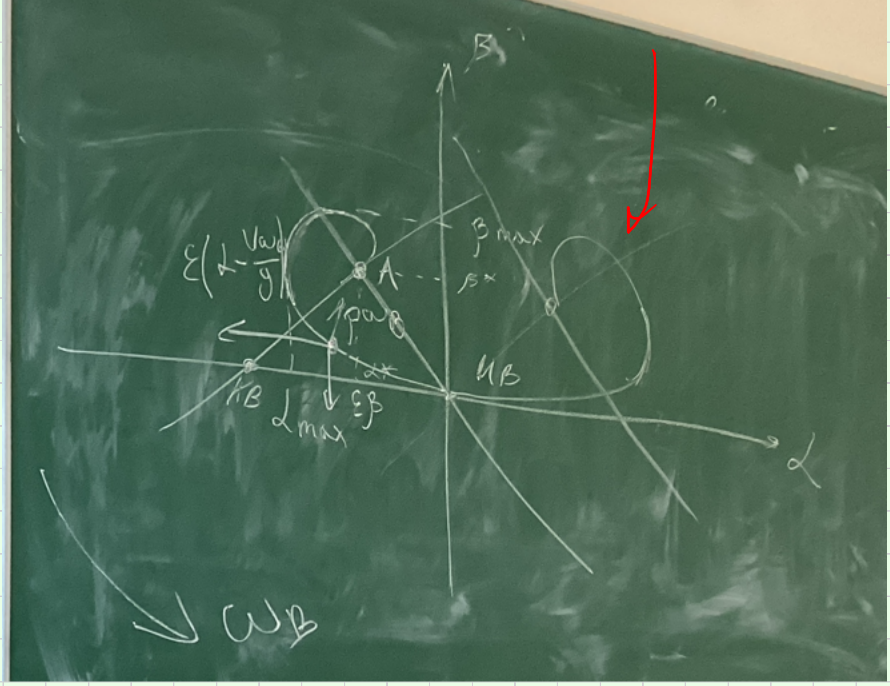
$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{\beta - \beta^*}{\alpha - \alpha^*}$$

$$\alpha_{max} = \alpha^* \left(1 + \frac{\omega_B}{\varepsilon} e^{-\frac{\varepsilon}{\omega_B} \frac{\pi}{2}}\right)$$

$$\beta_{max} = \beta^* \left(1 + e^{-\frac{\varepsilon}{\omega_B} \pi}\right)$$

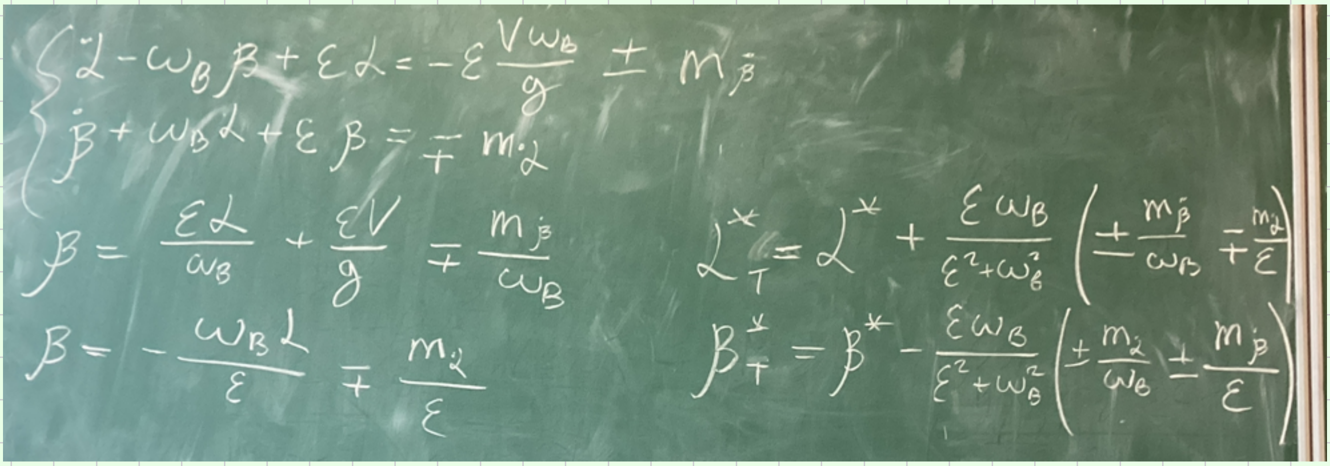
Для правого виража





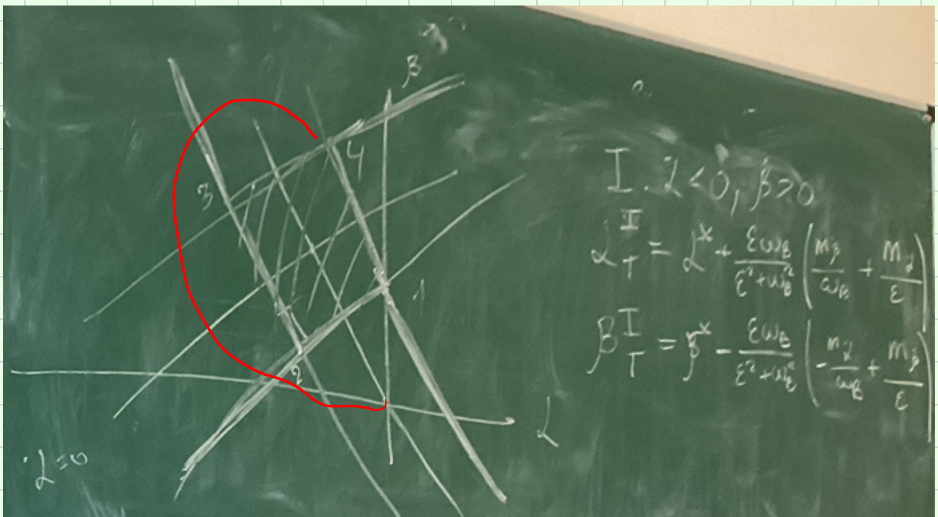
34 **Поведение гировертикали с радиальной коррекцией на вираже с учетом трения**

α^*_T и β^*_T – Точки равеновесия без учета трения



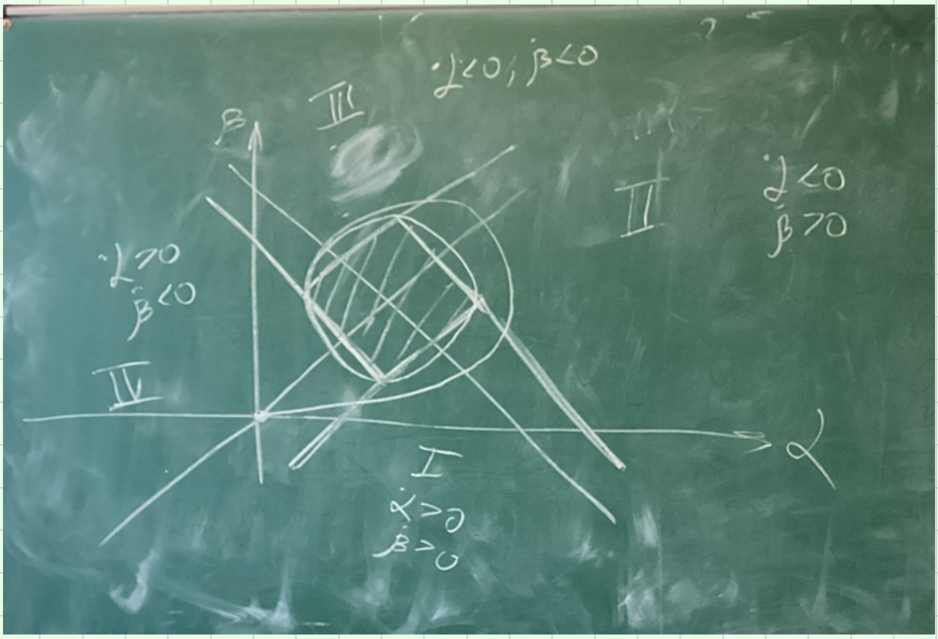
38

Для 1 квадранта



Вывод: таким оьразом при левом вираже трение будет оказываться стабилизируещее действие, и при движение апекса гироскопа радиус вектор логорифмической спирали будет уменьшаться скачком на велечину квадрата области застоя. И траектория апекса гироскопа стягивается к области застоя быстрее чем без трения. Значит трение — это хорошо при левом вираже.

Правый вираж

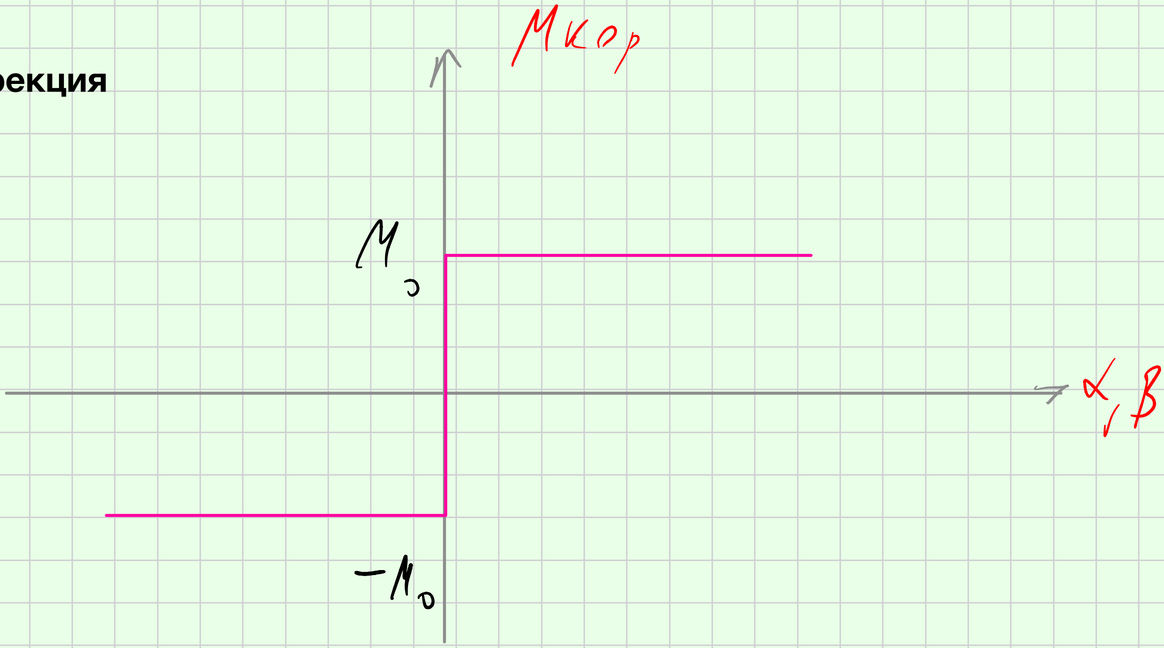


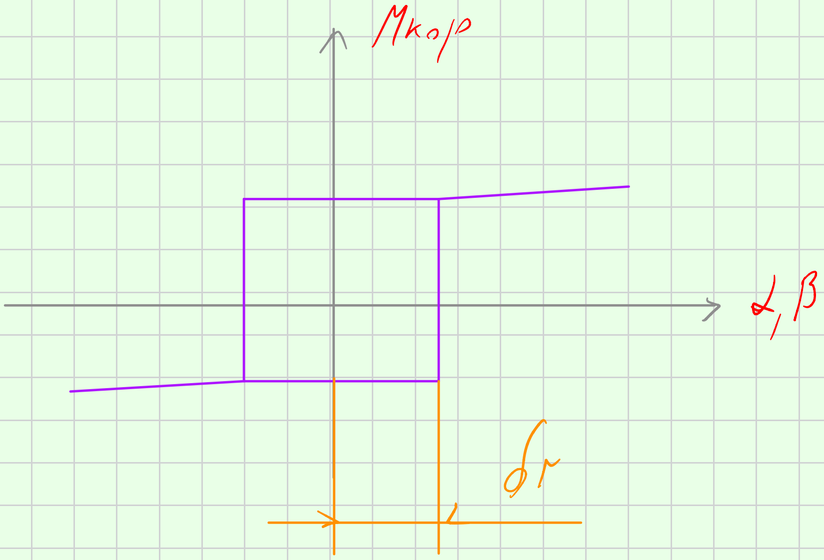
В каждой области движение апекса широскопа происходит потлогоримической спирали. При переходе из области в область радиус вектор скачком увеличивается на велечину стороны области застоя. Апекс гироскопа будет совершать незатухающие колебания.

2 вопрос в экзамене про гировертикали

8 мая
Лекция 11

Релейная коррекция



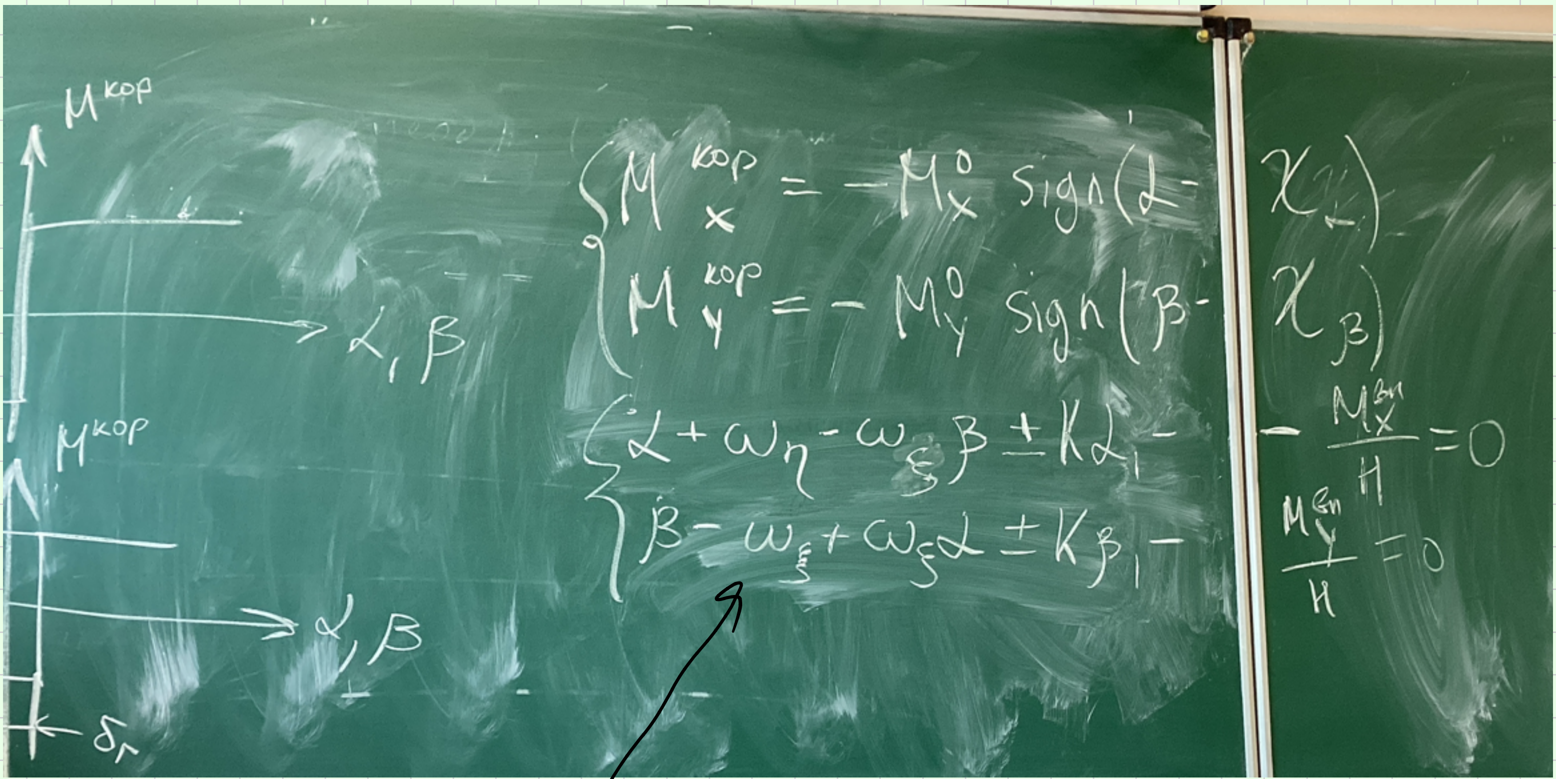


$$M_x^{кор} = -M_x^0 \operatorname{sign}(\alpha - \chi_\alpha)$$

$$M_y^{кор} = -M_y^0 \operatorname{sign}(\beta - \chi_\beta)$$

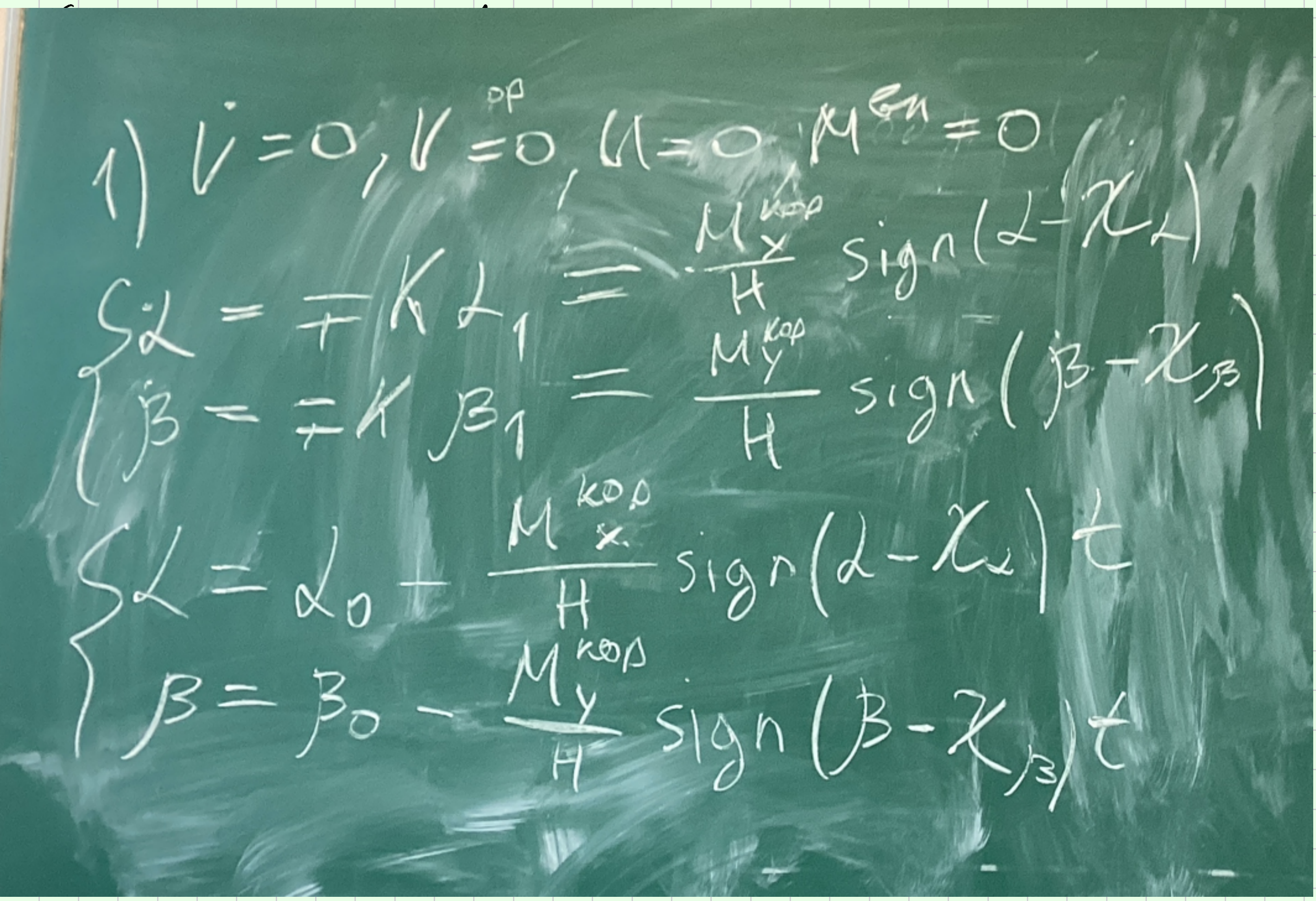
$$m_x^{кор} = \mp k\alpha_1$$

$$m_y^{кор} = \mp k\beta_1$$

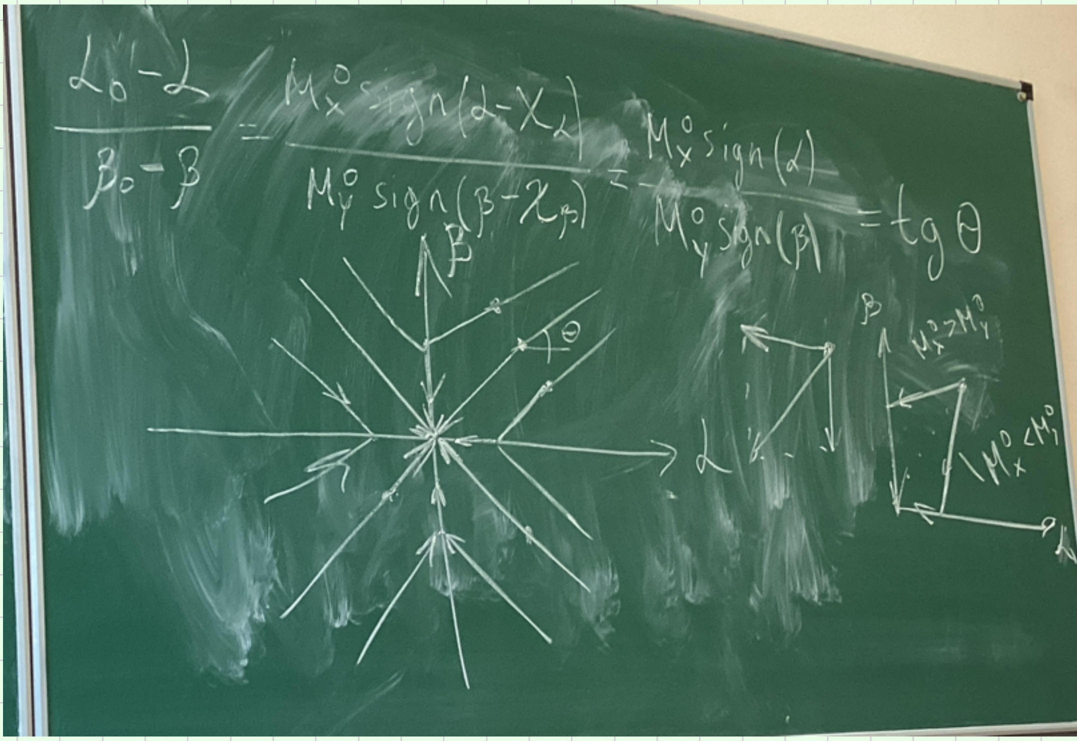


общие ур-ия движения

1) $\dot V = 0$, $V = 0$, $\varphi = 0$, $M^{вн} = 0$

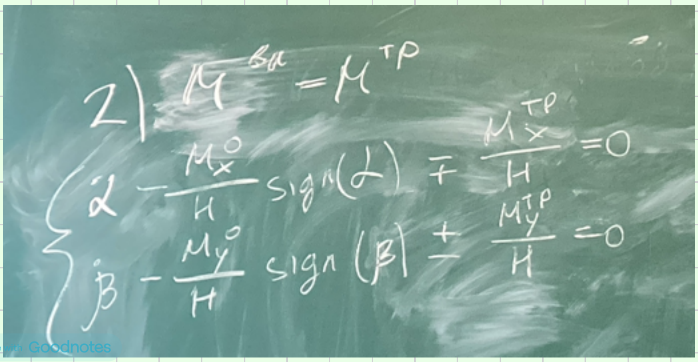


26

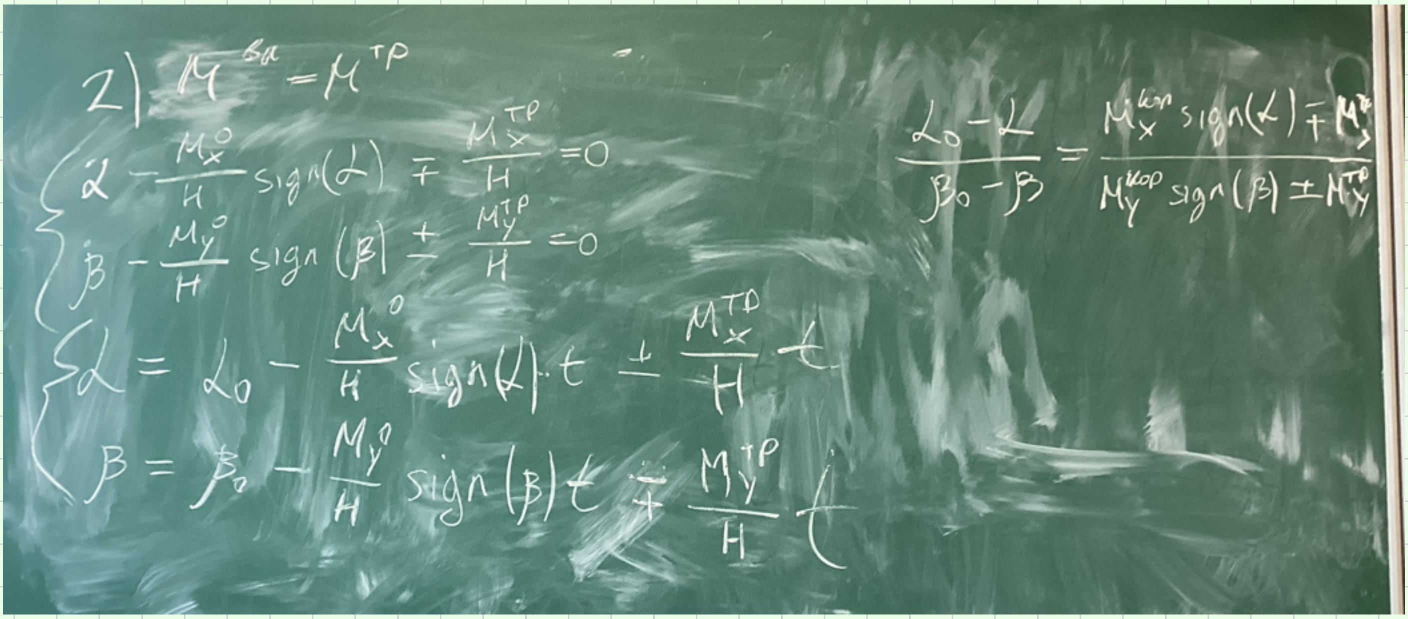


$\rightarrow \alpha$

30 2 частный случай. Все то же самое но есть момент трения



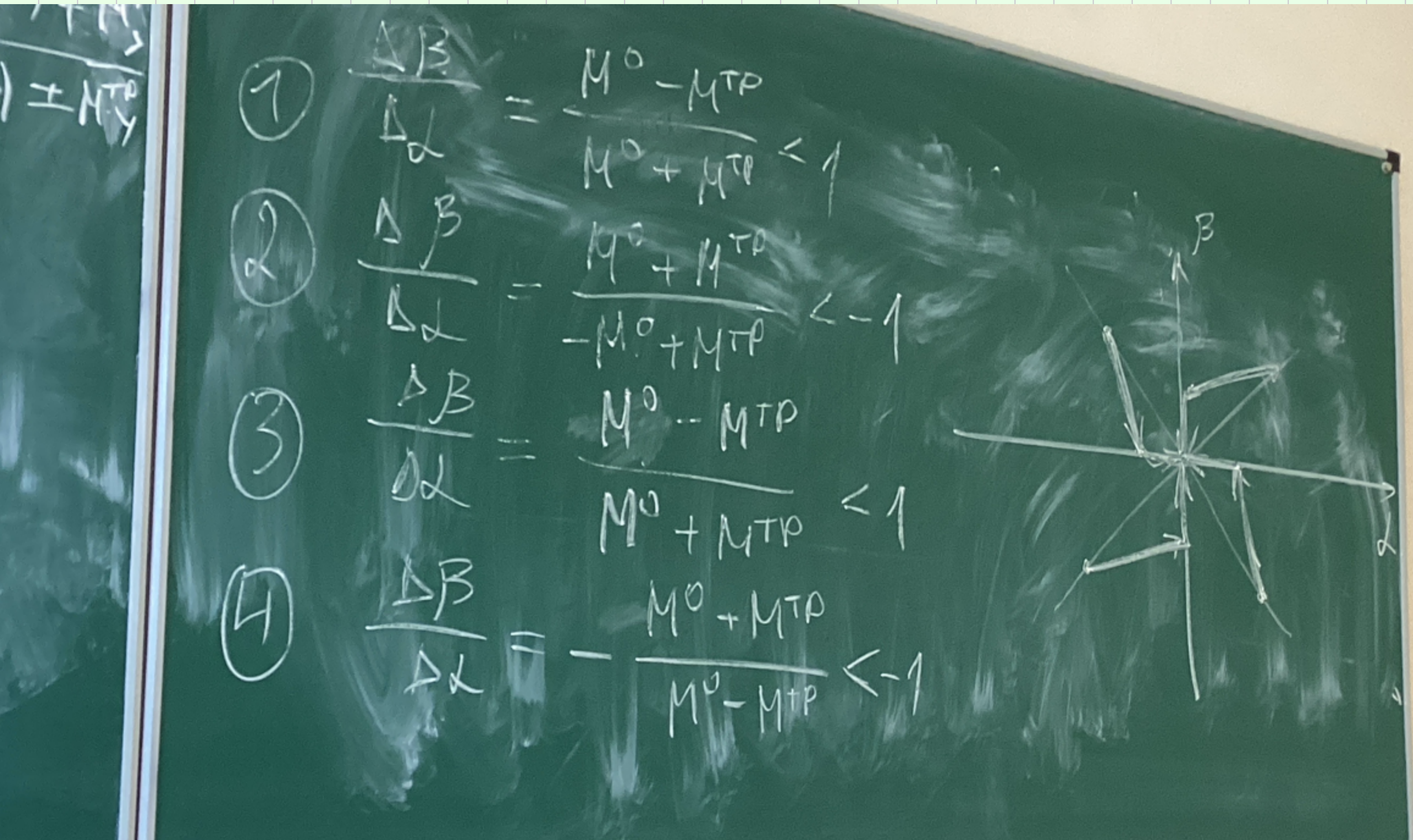
35

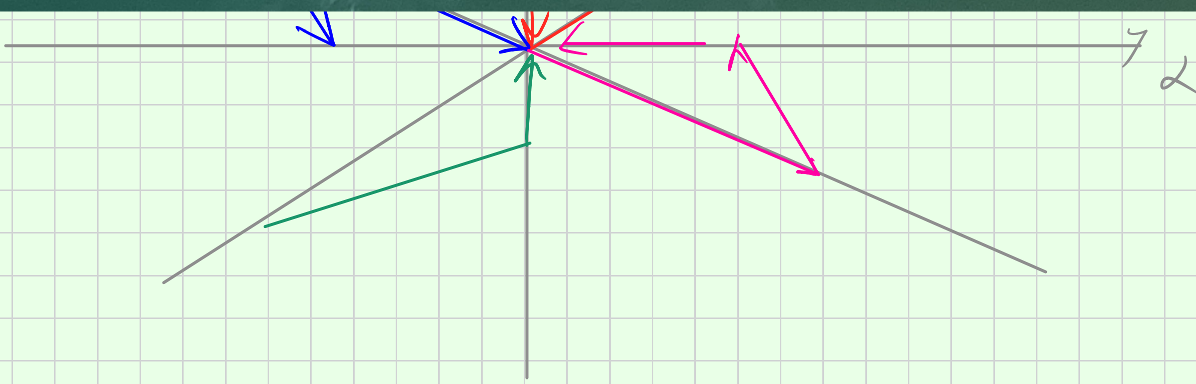


38

$$(1) \quad \frac{\Delta\beta}{\Delta\alpha} = \frac{M^0 - M^{тр}}{M^0 + M^{тр}} < 1$$

рассматриваем 4 зоны

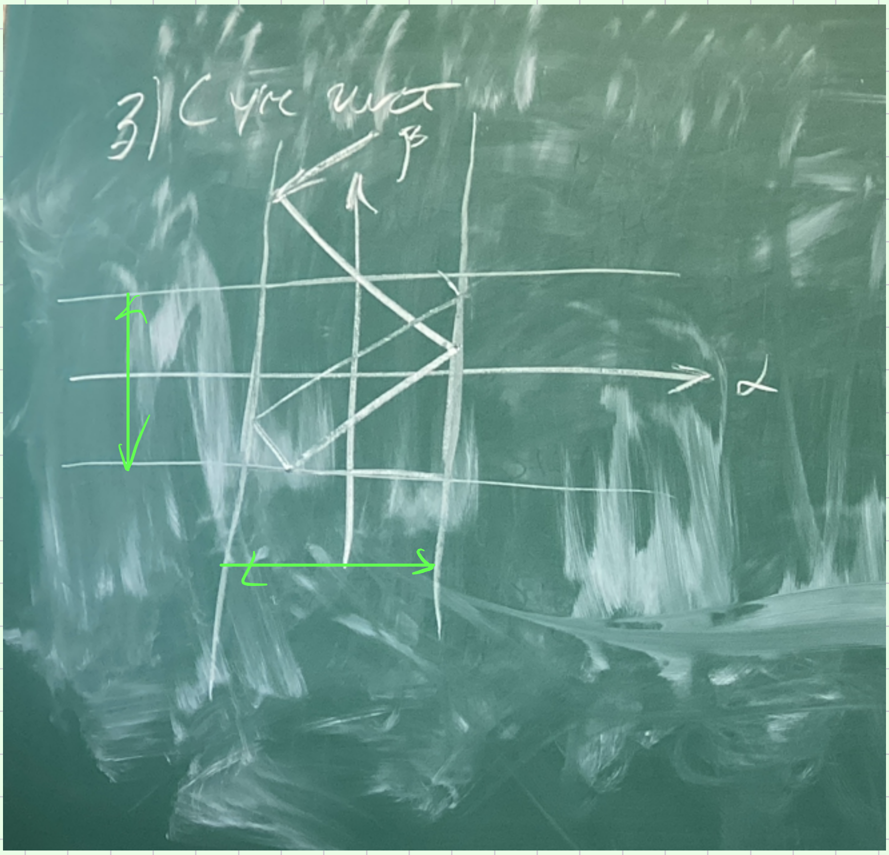




46 Трение только изменяет скорость коррекции

3) с учетом гистерезиса

Рассмотрим характер движения в зоне гистерезиса

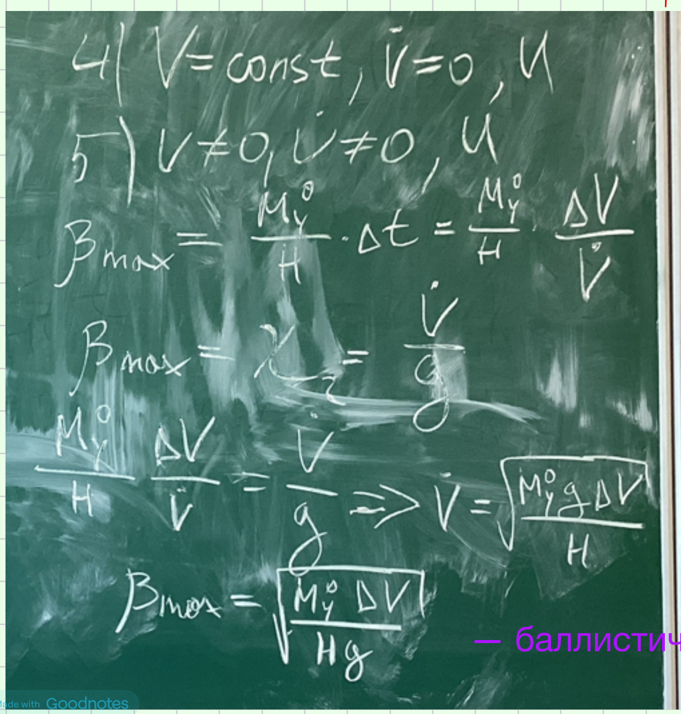


50. 4) Основание движется равномерно $V = const,\ \dot{V} = 0,\ U.$

, при альва равно 0 и бета равно 0 момент коррекции существует. Нужно следить за уходорм изза вращения земли. Скоростной погрешнсоти нет

52

5) равноускоренное движение $V \neq 0,\ \dot{V} \neq 0,\ U.$



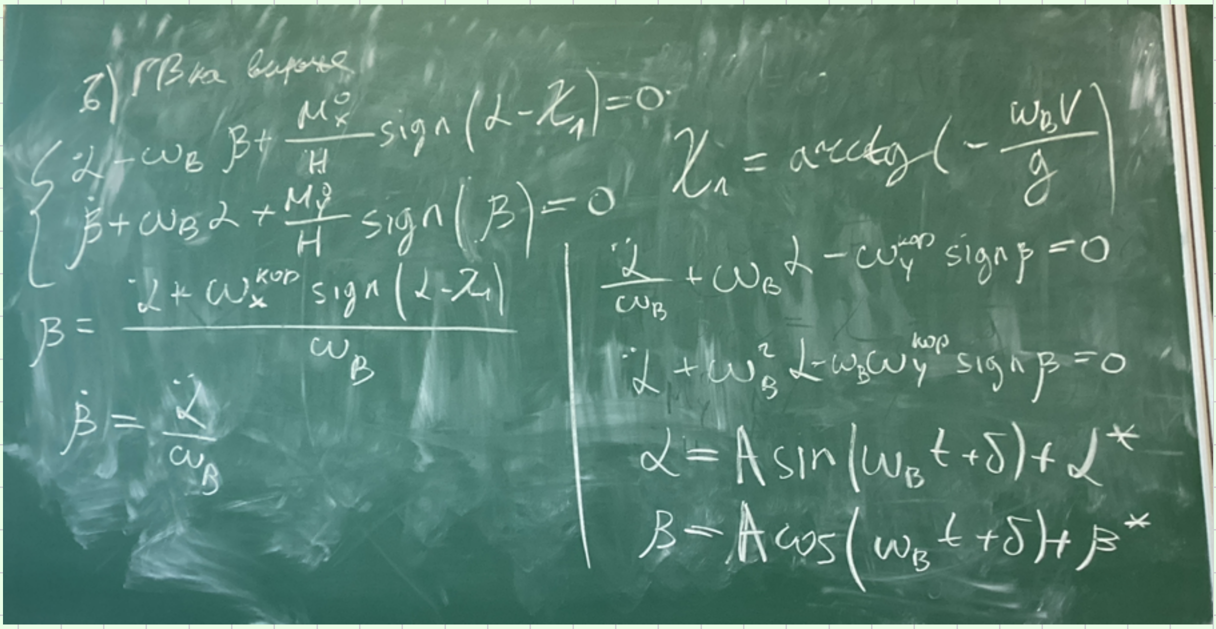
$$\frac{M_g^0}{H} \cdot \frac{\Delta V}{\dot{V}}$$

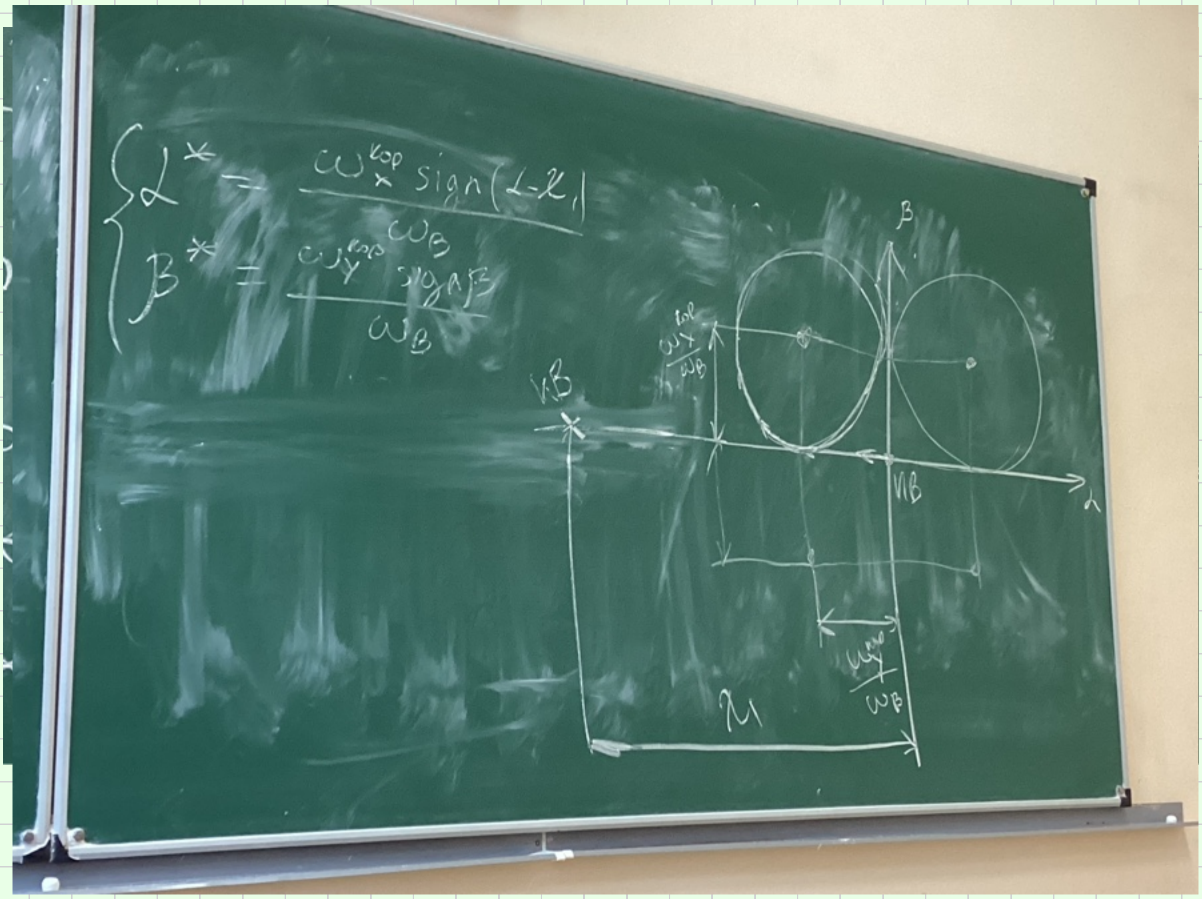
— баллистическая погрешность

5) Поведение гировертикали с релейной коррекцией на вираже

Трение учиьывать не будем

Хи1 — это угол отклонения от вертикали под действием ускорения

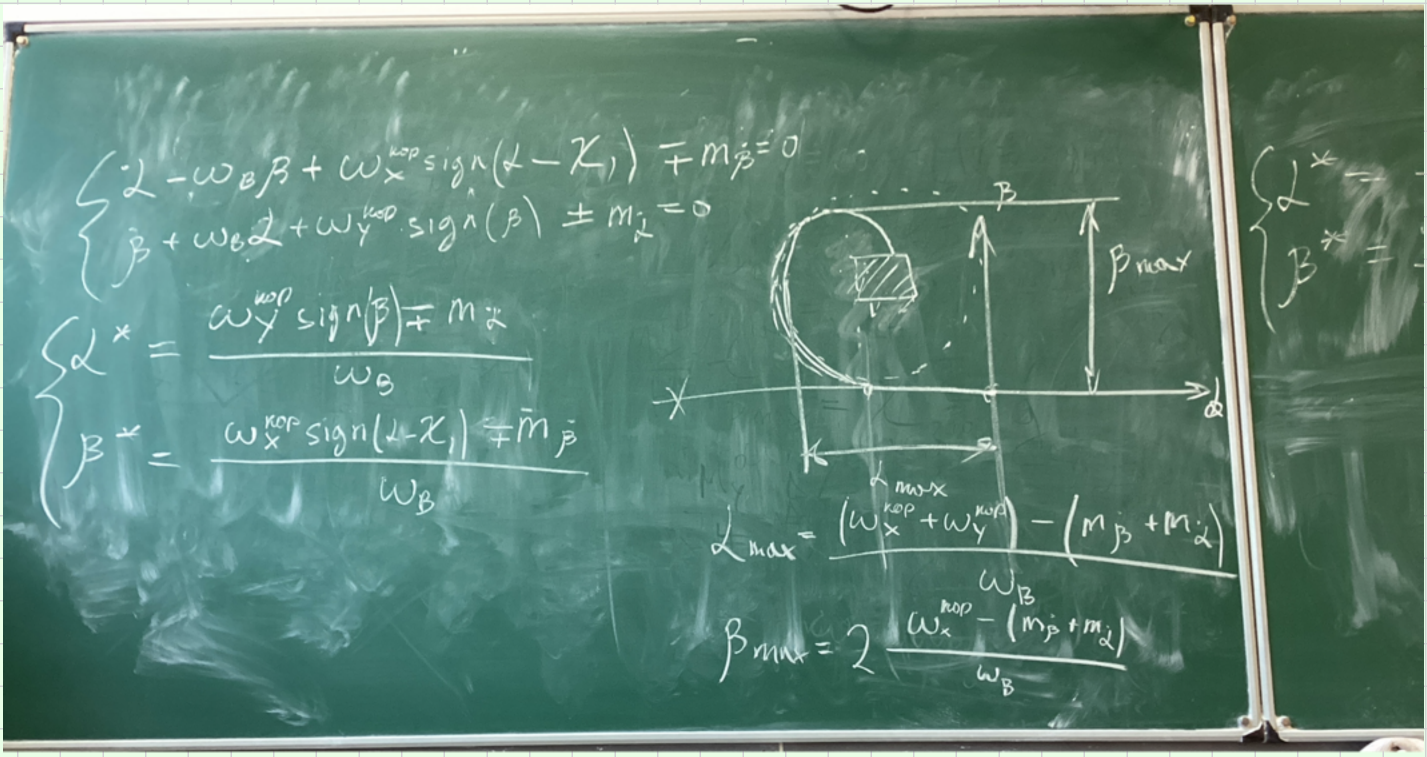




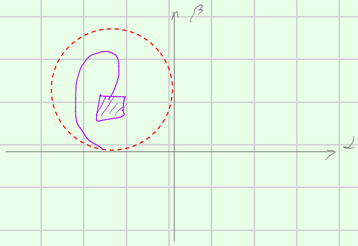
1.12 Пусть изначально апекс находится в точке 00 истинной вертикали, поддействием поперечной коррекции апекс начинает двигатся к положению кажущейся вертикали. Когда альфа меньше чем омега y/ омега в переносная скорость . Дальше продольная коррекция начинает влять и нас начинает закручивать.

На правом вираже то же самое

1.13 **Влияние трения на поведене на вираже**



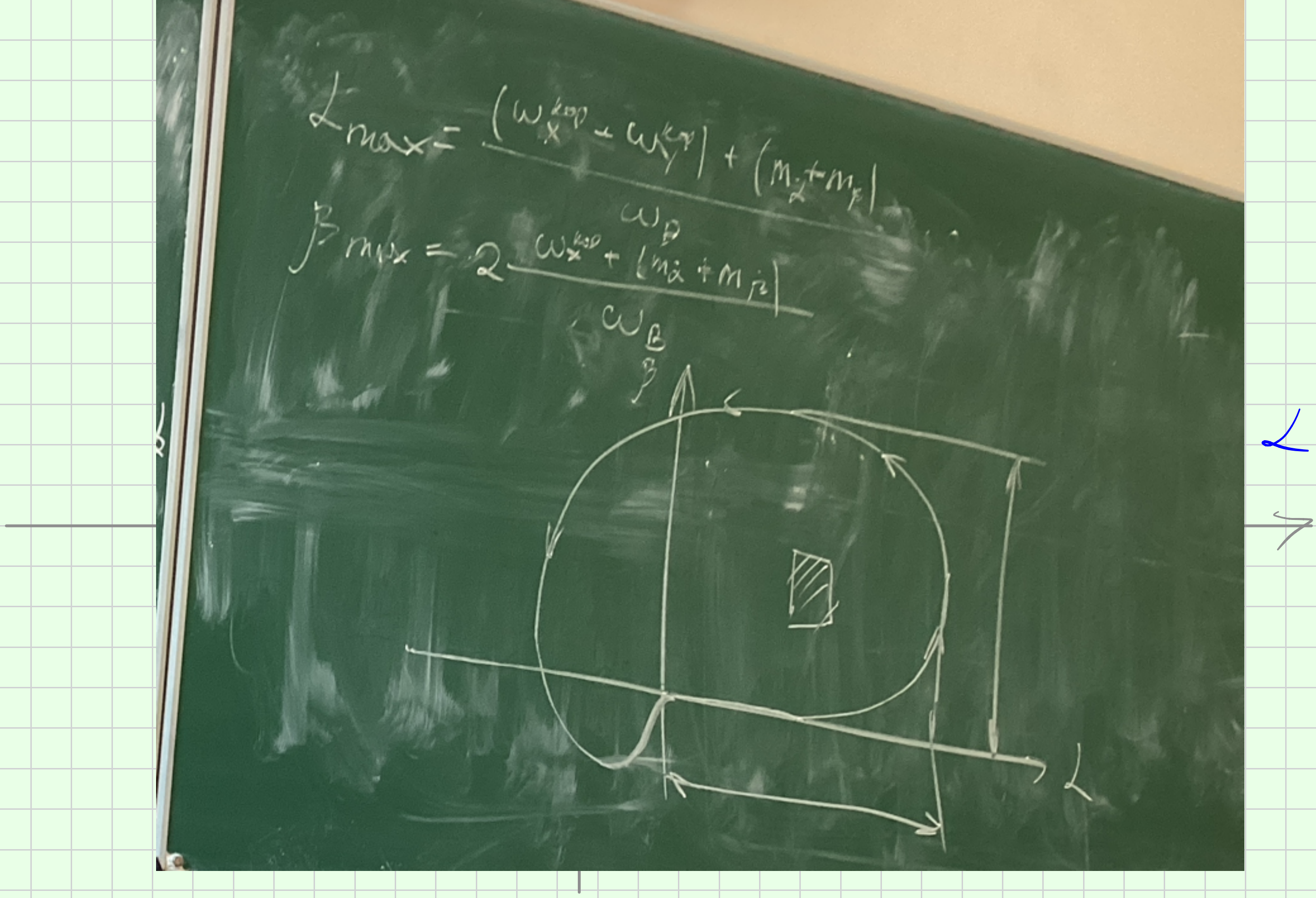
Слева трение оказывает стабилизирующее действие



Правый вираж:

$$\alpha_{max} = \frac{(\omega_x^{кор} + \omega_y^{кор}) + (m_\alpha + m_\beta)}{\omega_B}$$

$$\beta_{max} = 2\,\frac{\omega_x^{кор} + (m_\alpha + m_\beta)}{\omega_B}$$



На правом вираже трение оквзывает дистабилизирующее воздействие

Вывод: нужно отключать коррекцию

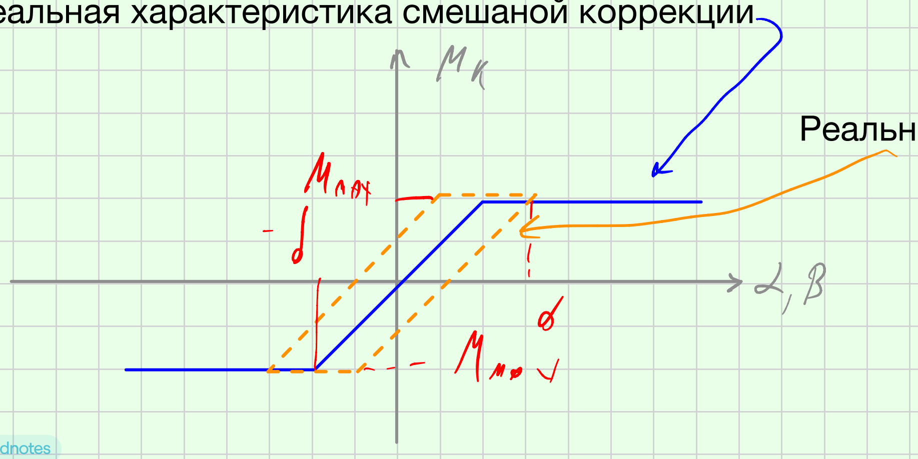
Главная проблема релейной коррекции: зона гистерезиса от которой не можем избавиться

15 мая
Лекция 12

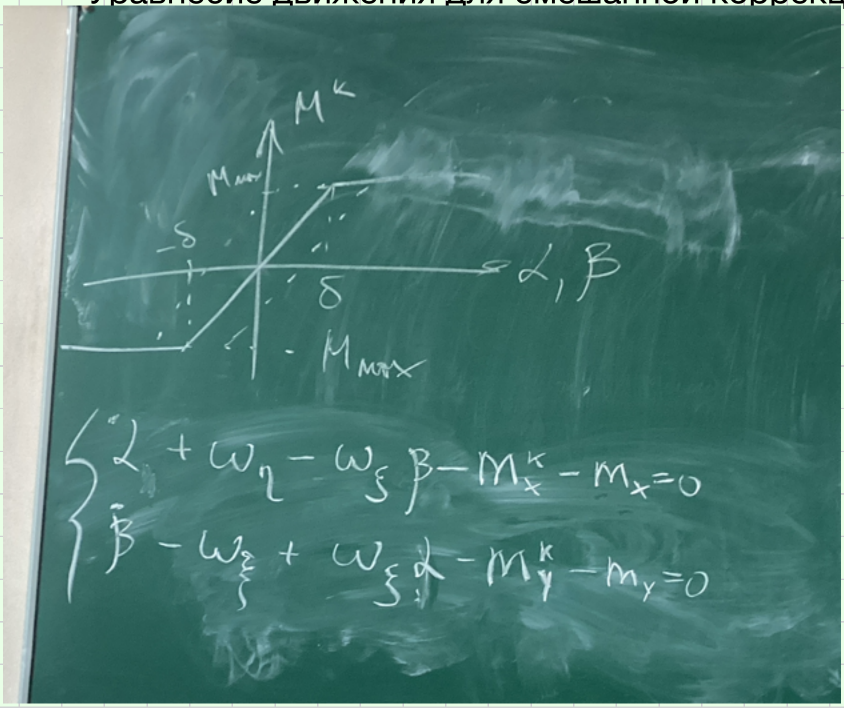
Смешанная коррекции

Идеальная характеристика смешаной коррекции

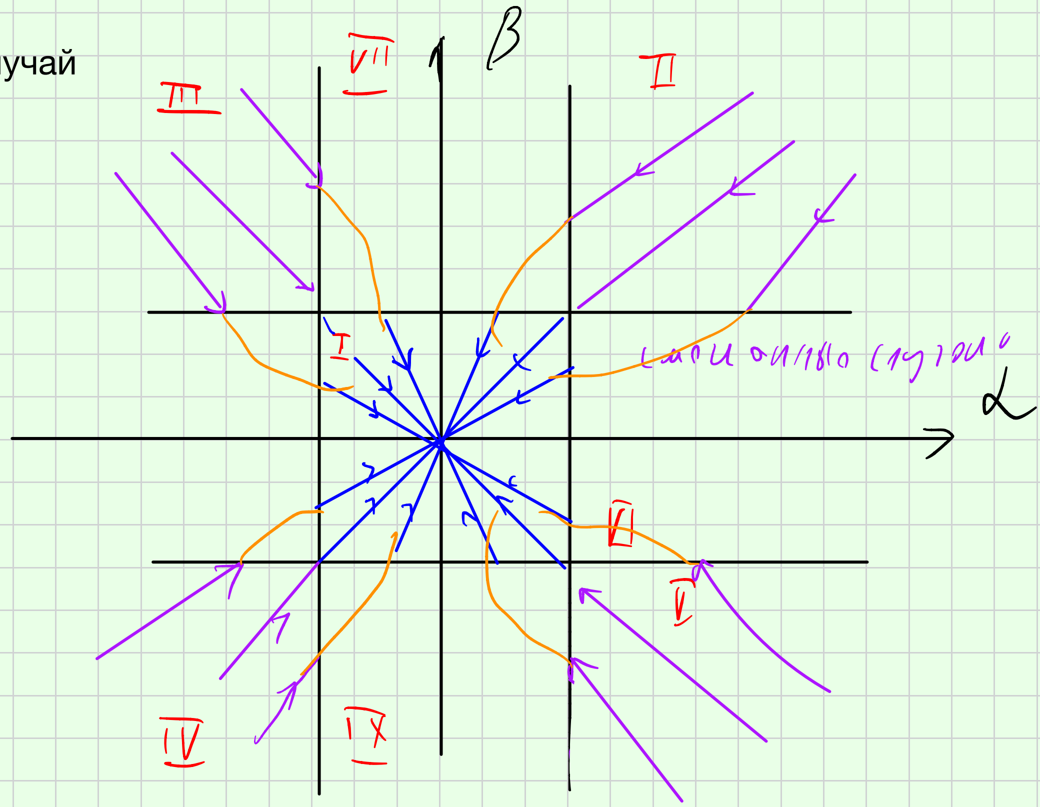
Реальная характеристика



Уравне6ие движения для смешанной коррекции



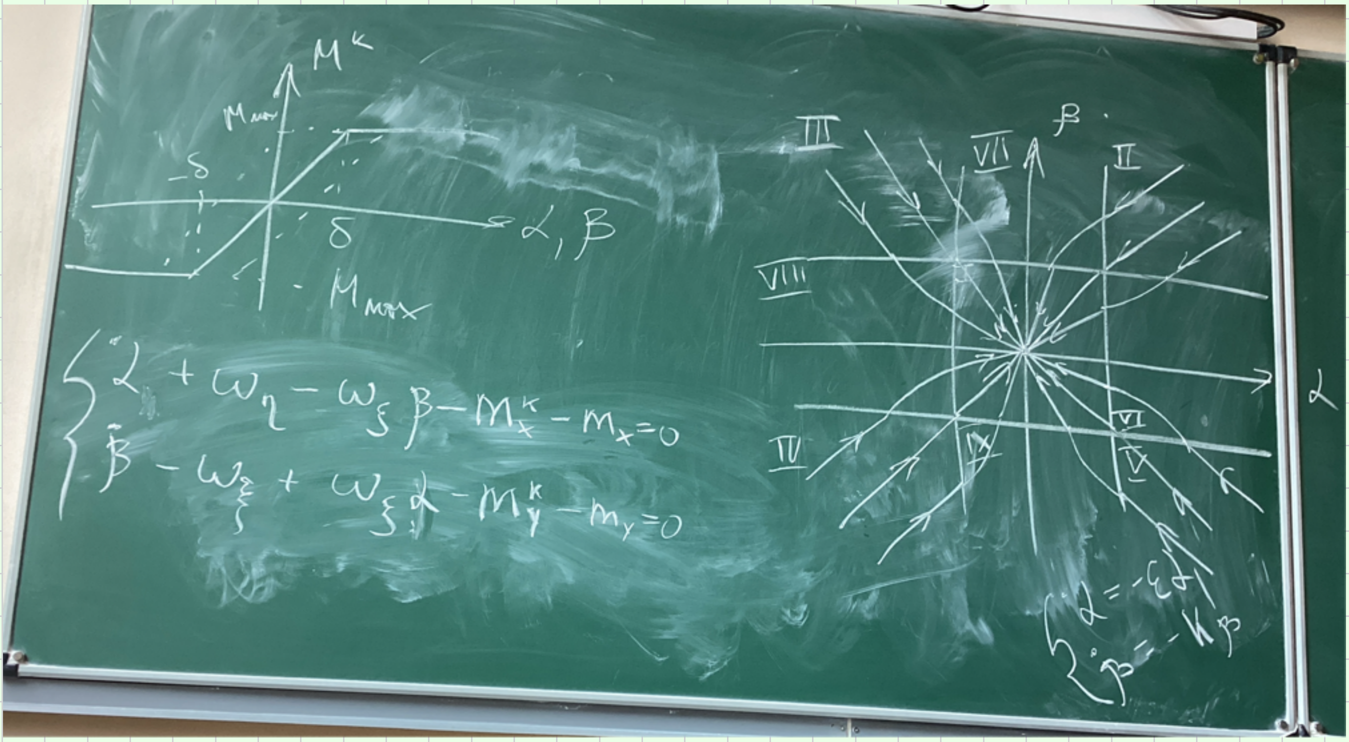
Первый частный случай



2,3,4,5 — релейная коррекция

11 Уравнения движения в 7 зоне по альфа радиальная по бета релейная

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = -\varepsilon\alpha \\ \dot{\beta} = -k\beta \end{cases}$$



$$\alpha = \alpha_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon}{K\beta}(\beta_0-\beta)}$$ – это для VII

Это все было без трения, теперь рассмотрим с трением

Картинка в пельпоре коричневого цвета Гир системы второй том

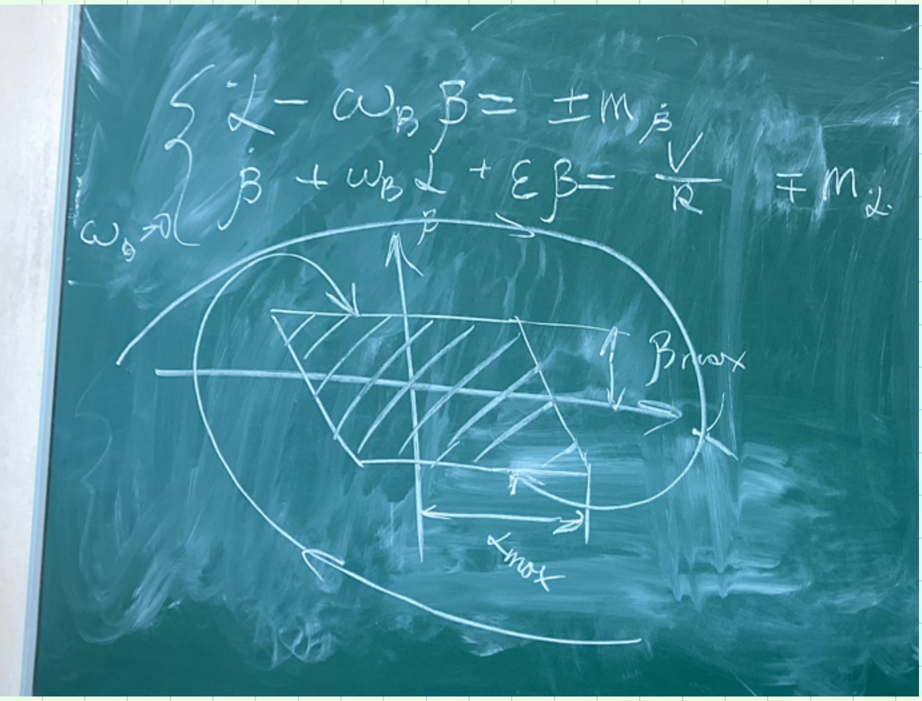
В пельпоре как смешанная коррекция на вираже

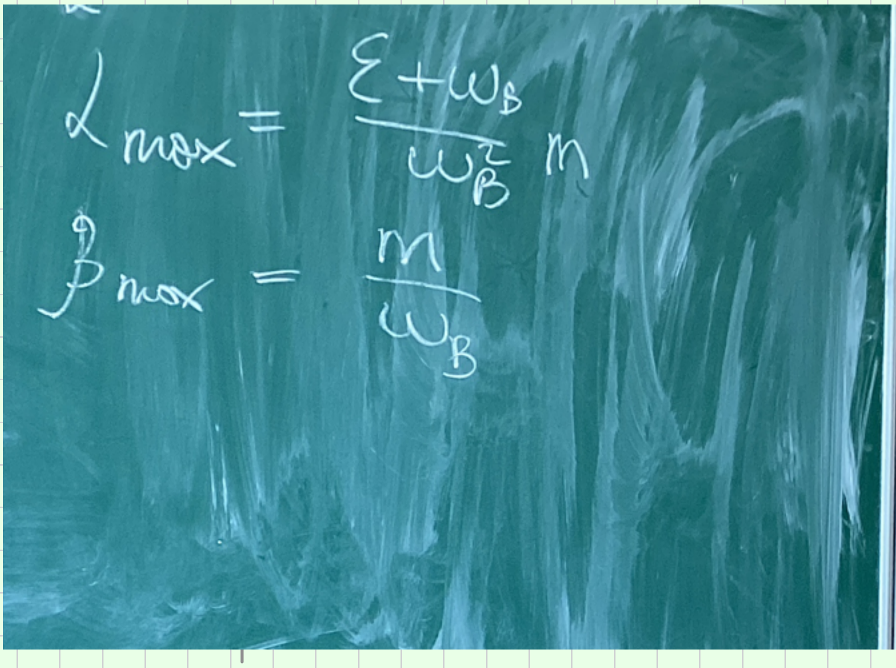
Тут погрешность меньше.

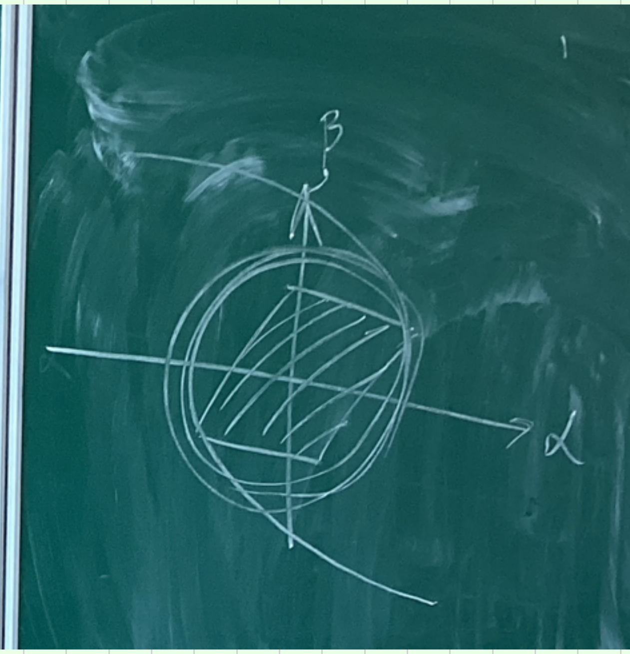
15 **Методы уменьшения погрешности на виражах**

Начнем с пропоциональной коррекции. По y коррекцию отключаем. Оставляем коррекцию по одной оси

Уравнение движения:





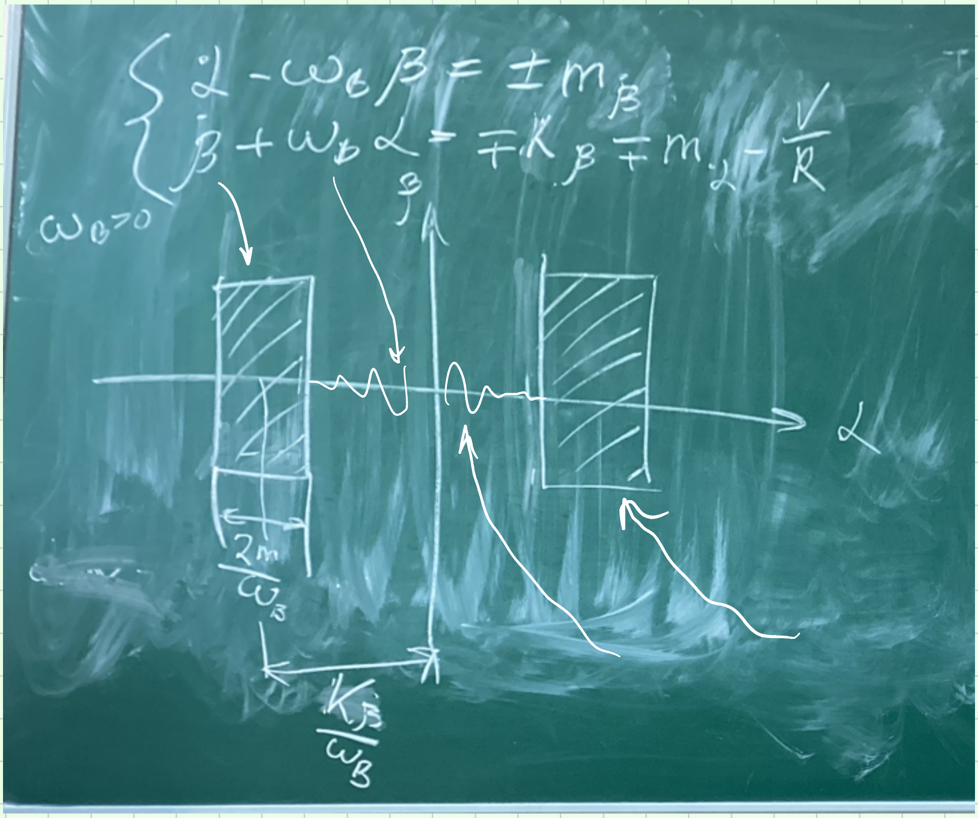


$$|\alpha_{max}| = |\beta_{max}| = \frac{8}{\pi} \frac{m}{q}$$

Теперь для релейной коррекции включаем продольную коррекцию

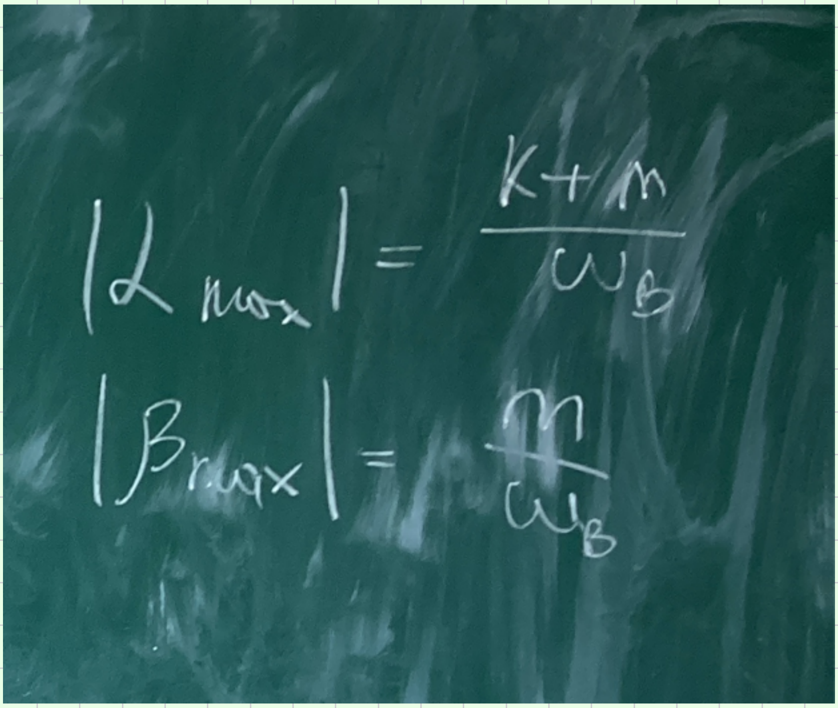
$$\dot\alpha - \omega_B \cdot \beta = \pm m_\beta$$

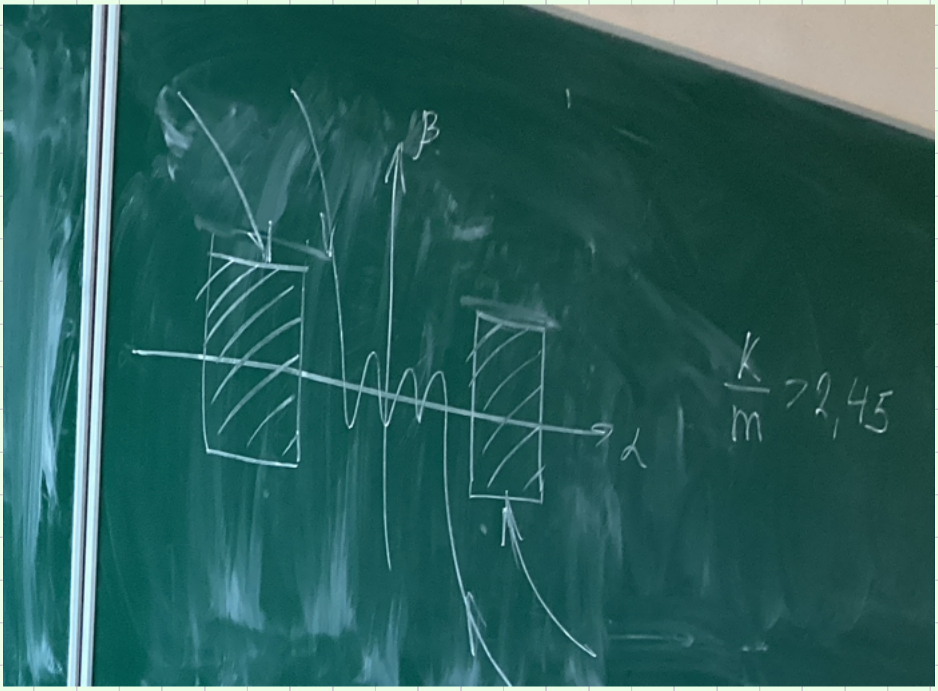
$$\dot{\beta} + \omega_\beta \cdot \alpha = \mp k_\beta \mp m_{\dot{\alpha}} - \frac{V}{R}$$



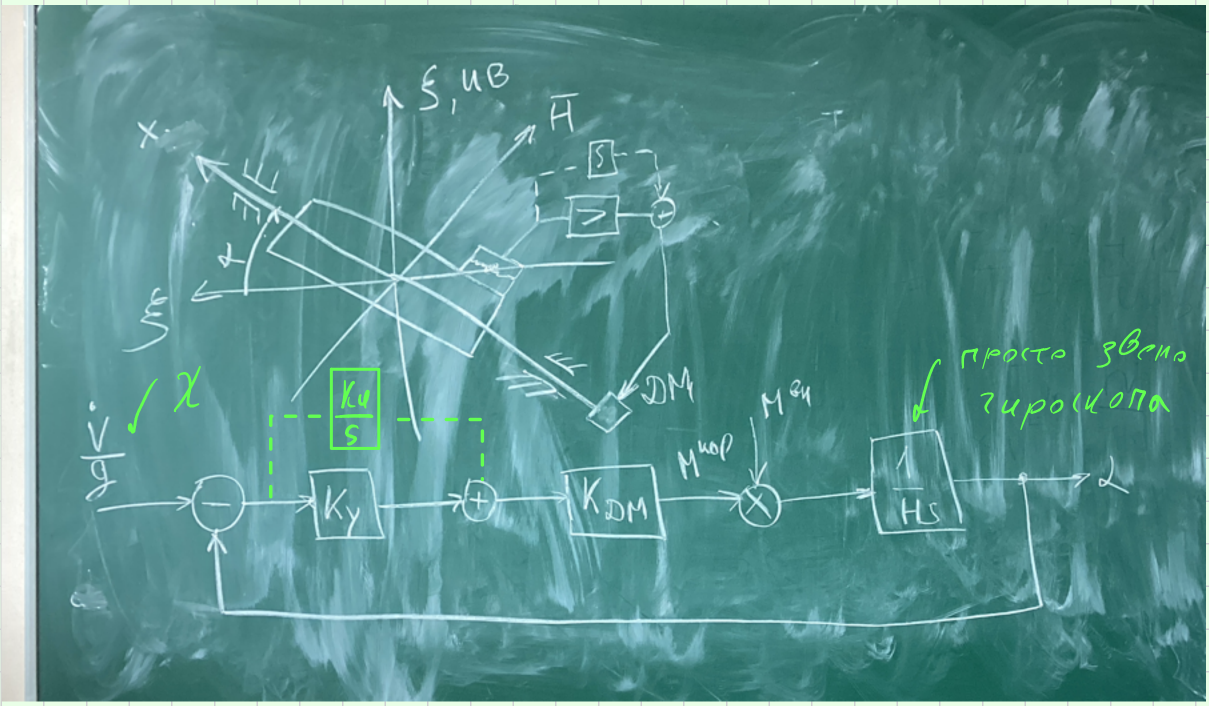
27 Максимальные ощибки

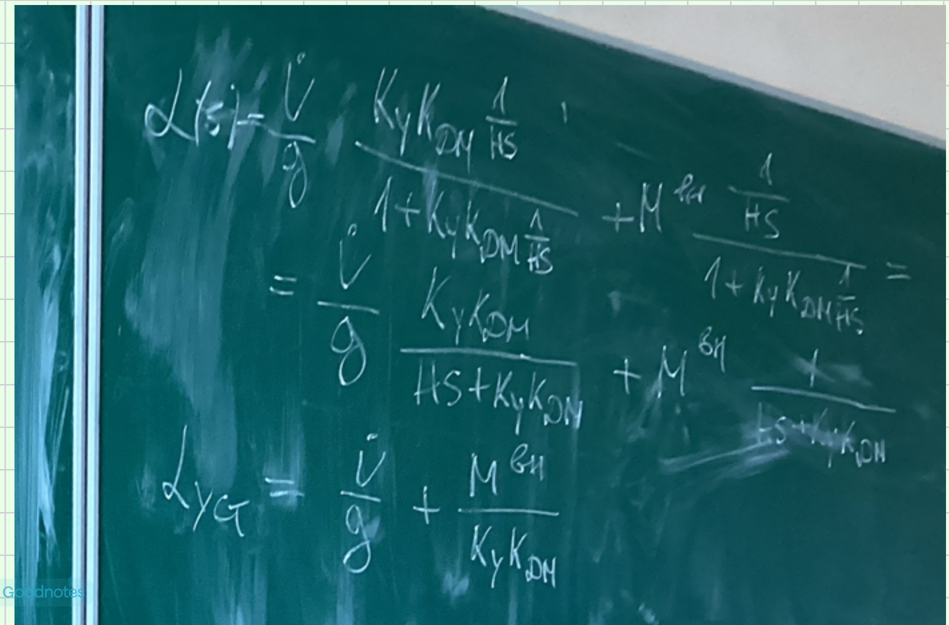
Вляиние трение стаби(зиурющее дейчтвие



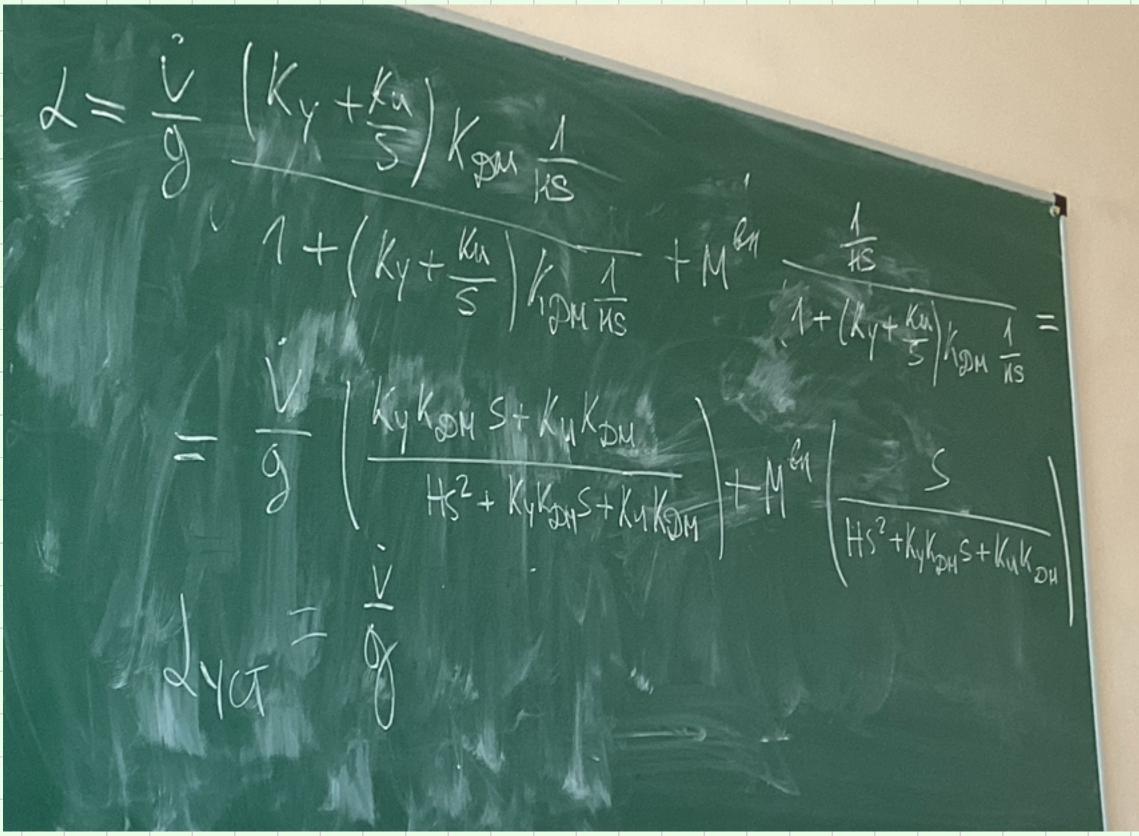


36 **Гировертикаль с интегральной коррекцией**





После введения коррекции



$=$

$) \cdot K_{дм} \frac{1}{Hs}$

Физический смысл интегральной коррекции. Пусть ЛА движется по меридиану

Высотой полета принебрежем. Земля — идеальная сфера

Чему будет равна угловая скорость ухода истинной вертикали

При наличии интегральной коррекции нужно созранять положение истинной вертикали

$$\omega_{ИВ} = \frac{V}{R} = \omega_{кор.} = \frac{M_{кор}}{H} \Rightarrow M_{кор} = H \cdot \frac{V}{R} \cdot g/g$$

$$M_{кор} = H \int \frac{\dot{V}}{R} dt = \frac{Hg}{R} \int \frac{\dot{V}}{g} dt = \frac{Hg}{R} \int \alpha_{кор} dt$$

55

$$\omega_{ив} = \frac{V}{R} = \omega_{кор} = \frac{M_{кор}}{H} \Rightarrow M_{кор} = H\frac{V}{R}$$

$$M_{кор} = H\int \frac{\dot V}{R}\,dt = \frac{Hg}{R}\int \frac{\dot V}{g}\,dt = \frac{Hg}{R}\int \alpha_{кор}\,dt$$

$$\begin{cases} \dot\alpha + \omega_\eta + \omega_\zeta \beta - \frac{M^x_{кор}}{H} - \frac{M^{вн}_x}{H} = 0 \\ \dot\beta - \omega_\xi + \omega_\zeta \alpha - \frac{M^y_{кор}}{H} - \frac{M^{вн}_y}{H} = 0 \end{cases}$$

$$M^x_{кор} = -K_x(\alpha - \chi_1) - K^u_x \int(\alpha-\chi_1)\,dt$$

$$M^y_{кор} = -K_y(\beta-\chi_2) - K^u_y\int(\beta-\chi_2)\,dt$$

$$\varepsilon_x = \frac{K_x}{H}, \quad \varepsilon_y = \frac{K_y}{H}, \quad \varepsilon^u_x = \frac{K^u_x}{H}, \quad \varepsilon^u_y = \frac{K^u_y}{H}$$

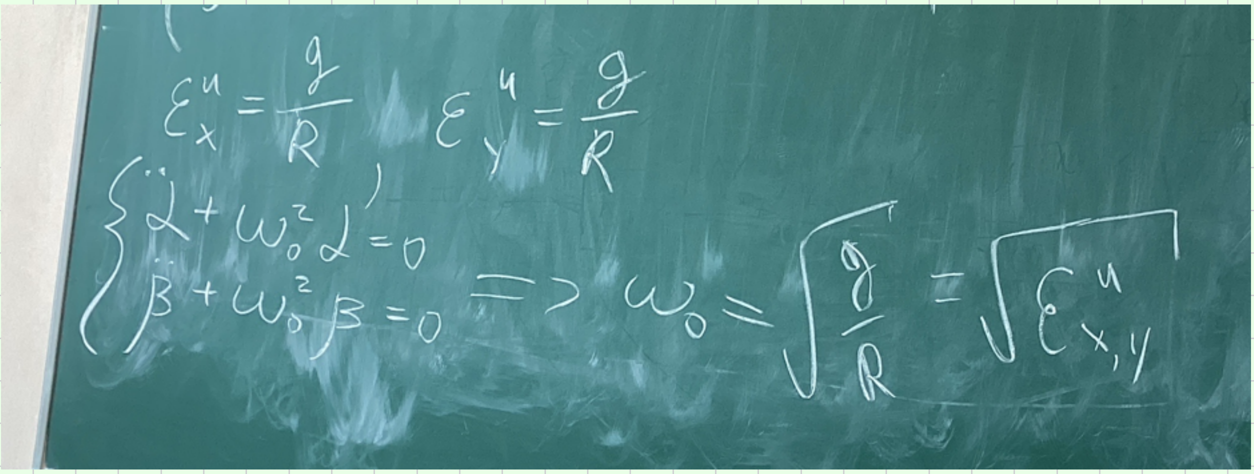
$$\ddot\alpha + \varepsilon_x\dot\alpha + \varepsilon^u_x \alpha = \varepsilon_x \frac{\ddot V_\xi}{g} + \varepsilon^u_x\frac{\dot V_\xi}{g} - \frac{\dot V_\xi}{R}$$

$$\ddot\beta + \varepsilon_y\dot\beta + \varepsilon^u_y\beta = \varepsilon_y\frac{\ddot V_\eta}{g} + \varepsilon^u_y\frac{\dot V_\eta}{g} - \frac{\dot V_\eta}{R}$$

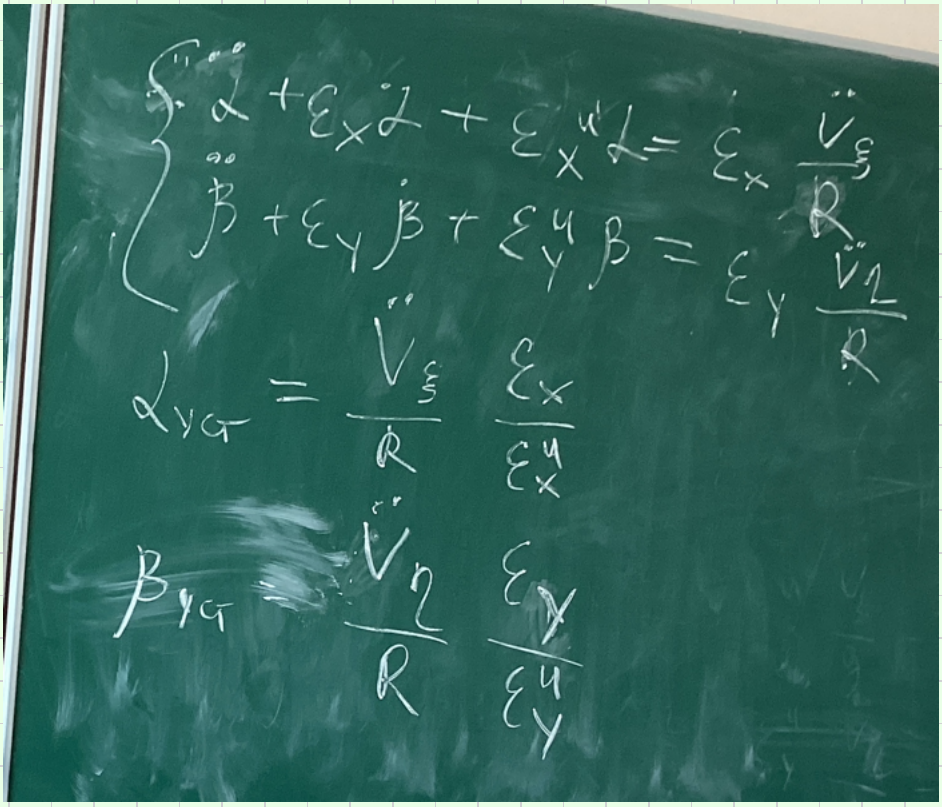
1.01.

период Шулера

$$\begin{cases} \ddot\alpha + \varepsilon^u_x\alpha = \dot V_\xi\left(-\frac{1}{R} + \frac{\varepsilon^u_x}{g}\right) \\ \ddot\beta + \varepsilon^u_y\beta = \dot V_\eta\left(-\frac{1}{R}+\frac{\varepsilon^u_y}{g}\right) \end{cases}$$



Получаем незатухающие колебания. Теперь не отключаем коррекцию и смотрим что получается



Введение интегральной коррекции не избваляет от статчиской ошибки полностью, избавляет когда ускорение =0