

#### 4-сурет. Беріктік қоры коэффициенті диаграммасы

Жүргізілген есептеулерге сәйкес, құрылымдағы максималды кернеу 148 МПа-ды құрайды, ал беріктік қорының минималды коэффициенті – 1,49 (түйін №65320). Алынған нәтижелерге сүйеніп, қорытындылай келе, зерттеліп отырған роторлы экскаватордың сидағының геометриялық параметрлері дұрыс анықталған және беріктік критерііне жауап береді.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Нураков С. Землеройные машины непрерывного действия с бесковшовыми роторами. Теория, расчет, конструкции. Монография. – Астана: ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, 2008.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.
3. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. Solidworks 2011 на примерах. – СПб: БХВ-Петербург, 2011.

ӘОК 531.1.383

#### ГИРОТҰРАҚТАНДЫРҒЫШТЫҢ СЫРТҚЫ КҮШ МОМЕНТТЕРІНЕ СЕЗІМТАЛДЫҒЫ

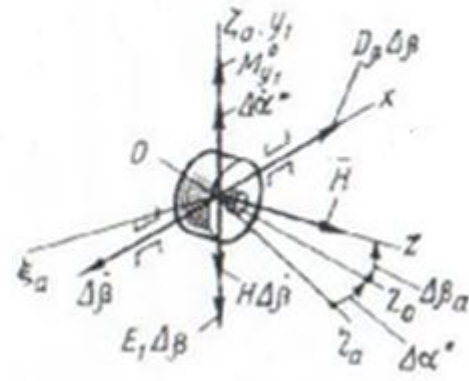
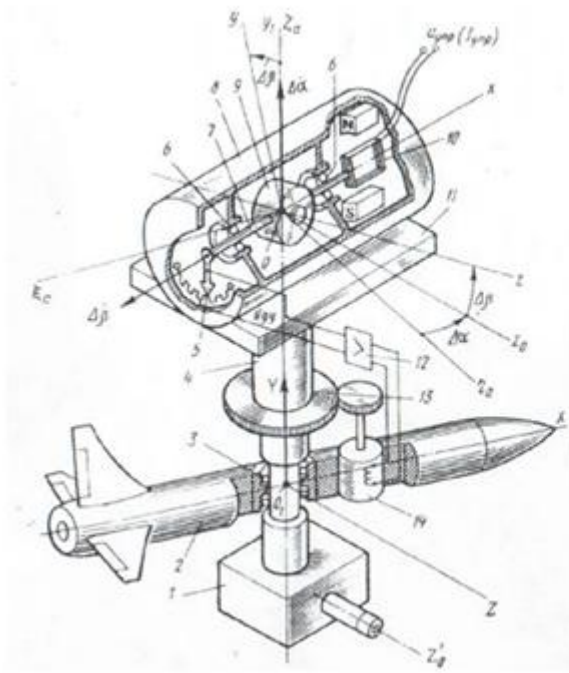
**Умарова Дана Дархановна**

*S\_dana\_94@inbox.ru*

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті механика-математика  
факультетінің магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Ғылыми жетекші – тех.ғ.к. Бостанов Б.О.

Бір осьті күштік гироскопиялық стабилизатор – бұл жүксіздендіру құрылғысы бар карданды іліністегі гироскоп (1-сурет).



1-сурет. Бір осьті күштік гироскопиялық тұрақтандырғыш

Бекітілген негізге орнатылған гироскопиялық тұрақтандырғыштың қозғалысының дифференциалдық теңдеулерін құру үшін карданды іліністегі гироскоптың қозғалыс теңдеулерін пайдаланамыз [1-4]

$$\left. \begin{aligned} [A_2 + (A + B_1)\cos^2 \beta_0 + C_1 \sin^2 \beta_0] \Delta \ddot{\alpha}_a + H \cos \beta_0 \Delta \dot{\beta}_a &= M_{y1}; \\ (A + A_1) \Delta \ddot{\beta}_a - H \cos \beta_0 \Delta \dot{\alpha}_a &= M_x. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Бұл теңдеулерде карданды іліністегі сыртқы жақтауының  $A_2$  инерция моменті 8 гироскоп корпусының, 11 платформаның, тұрақтандырылған 11 нысанның инерция моменттерінің қосындысына тең. Жалпы жағдайда  $M_x, M_{y1}$  моментері  $Ox$  прецессия және  $Oy_1$  тұрақтану осьтері айналасында әрекет ететін моменттердің қосындысы болып табылады

$$\left. \begin{aligned} M_x &= M_x^{упр} + M_x^{тр} + M_x^{т.п} + M_x^{н.б} + M_x^{нр} + M_x^{в.с}; \\ M_{y1} &= M_{y1}^p + M_{y1}^{тр} + M_{y1}^{т.п} + M_{y1}^{н.б} + M_{y1}^{нр} + M_{y1}^{ин.р} + M_{y1}^{ин.д} + M_{y1}^{в.с} \end{aligned} \right\}$$

Мұндағы:  $M_x^{упр}$  - басқарушы момент;  $M_{y1}^p$  - жүксіздендіру қозғалтқышының момент;  $M_x^{тр}, M_{y1}^{тр}$  - үйкеліс күштерінің моменттері;  $M_x^{т.п}, M_{y1}^{т.п}$  - токтан туындайтын моменттер;  $M_x^{н.б}, M_{y1}^{н.б}$  - статикалық теңгерімсіздік пен ауырлық күші салдарынан пайда болатын инерциялық моменттер;  $M_{y1}^{ин.р}, M_{y1}^{ин.д}$  - карданды іліністен пайда болатын инерциялық моменттер;  $M_x^{в.с}, M_{y1}^{в.с}$  - сыртқы күштер әсерінен туындайтын моменттер.

Бір осьтік гироскопиялық тұрақтандырғыштың сыртқы күштердің моменттеріне реакциясын зерттеу барысында біз келесідей болжамды қабылдаймыз [1, 3]

$$A_2 + (A + B_1)\cos^2 \beta_0 + C_1 \sin^2 \beta_0 = J_0; \quad A + A_1 = A_0.$$

$$M_x = M_x^{\text{упр}} + M_x^{\text{тп}} + M_x^{\text{в.с.}}; \quad M_{y1} = M_{y1}^{\text{п}} + M_{y1}^{\text{тп}} + M_{y1}^{\text{в.с.}}$$

$$M_x^{\text{тп}} = \pm M_{\beta} + D_{\beta} \Delta \beta; \quad M_{y1}^{\text{п}} = -E_1 \Delta \beta; \quad M_{y1}^{\text{тп}} = \mp M_{\alpha} - D_{\alpha} \Delta \alpha$$

Сонда,  $\beta_0 = 0$  болғанда, гироскопиялық тұрақтандырғыштың күрделі (1) қозғалыс теңдеулері қарапайым түрге келеді

$$\left. \begin{aligned} J_0 \Delta \ddot{\alpha} + D \Delta \dot{\alpha} + H \Delta \dot{\beta} + E_1 \Delta \beta &= \mp M_{\alpha} + M_{y1}^{\text{в.с.}}; \\ A_0 \Delta \ddot{\beta} + D \Delta \dot{\beta} - H \Delta \dot{\alpha} &= \mp M_{\beta} + M_x^{\text{упр}} + M_x^{\text{в.с.}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Мұндағы  $\Delta \alpha_a$  мен  $\Delta \beta_a$  - гироскоптың абсолютті ізделінді бұрыштары.

Диссипативті  $D_{\alpha} \Delta \dot{\alpha}$  және  $D_{\alpha} \Delta \dot{\beta}$  инерциялық моменттердің әсерінен гироскоптың тербелістері өшеді деп санаймыз. Сыртқы күштердің  $M_{y1}^{\text{в.с.}} = M_{y1}^0 = \text{const}$  тұрақты моментінен пайда болатын гироскоптың прецессиялық қозғалысын қарастырамыз. Сонымен қатар, сыртқы күштердің моменттері  $M_{\alpha} = M_{\beta} = 0$ ;  $M_x^{\text{упр}} = M_x^0 = 0$ , ал диссипативті моменттер -  $D_{\alpha} \Delta \dot{\alpha}$  және  $D_{\alpha} \Delta \dot{\beta}$  салыстырмалы түрде аз және гироскоптың прецессиялық қозғалысын зерттеген кезде оларды елемеуге болады. Демек, прецессиялық теңдеу

$$H \Delta \dot{\beta} + E_1 \Delta \beta = M_{y1}^0; \quad H \Delta \dot{\alpha} = 0.$$

Бұдан  $H = \text{const}$  болған кезде  $\Delta \dot{\alpha}_a = \Delta \dot{\alpha} = 0$  шығады. (3)

Сонымен:  $M_x^{\text{в.с.}} = 0$  болғанда және тұрақтандыру  $Oy_1$  осі айналасындағы сыртқы күштердің  $M_{y1}^0$  моментінің әрекеті кезінде гироскопиялық тұрақтандырғыштың айналу бұрышы  $\Delta \alpha = 0$  тең болады.

Гироскоптың  $Ox$  осі айналасында  $\Delta \beta$  айналу бұрышы шектеулі және әдетте бірнеше бұрыштық градустан (минуттан) аспайды. Сонда(3) теңдеуінен алатынымыз:

$$\Delta \dot{\beta} + \varepsilon \Delta \beta = m_{y1}^0.$$

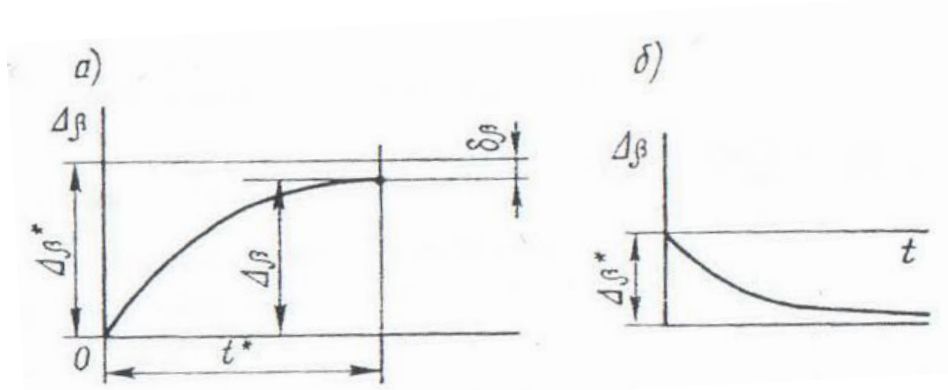
Нөлдік бастапқы шарттарда бұл дифференциалдық теңдеудің шешімі:

$$\Delta \beta = m_{y1}^0 \left( 1 - e^{-\varepsilon t} \right) / \varepsilon.$$

Осы шешімге сәйкес келетін  $\Delta\beta$  бұрышының уақытқа байланысты өзгеру сызбасы 2-суретте көрсетілген. Тұрақты күйдегі гироскоп қозғалысындағы ауысу процесінің соңында гироскоптың  $Oz$  осінің  $Oz_0$  осі бағытынан аз ғана статикалық ауытқуы байқалады [2-4]

$$\Delta\beta^* = m_{y1}^0 / \varepsilon = M_{y1}^0 / E_1. \quad (4)$$

$M_{y1}^0 = 0$  кезінде ауытқу  $\Delta\beta^* = 0$  болады, демек, түсіру құрылғысы гироскоптың  $Oz$  осін  $Oy_1$  тұрақтандыру осіне перпендикуляр  $Oz_0$  осінің жанында ұстайды.



2-сурет. Гиротұрақтандырғыштың (а) және  $\Delta\beta$  (б) координаттың өтпелі сипаттамасы

Енді құрғақ үйкеліс моменті бар, тіректері ( $M_x^{тп} \neq 0$ ) идеал емес, гироскопиялық тұрақтандырғыштың прецессиялық теңдеуін құрамыз:

$$H\Delta\dot{\beta} + E_1\Delta\beta = \mp M_{\dot{\alpha}} + M_{y1}^0; \quad H\Delta\dot{\alpha} = \pm M_{\dot{\beta}} + M_x^{ymp}.$$

Егер  $|M_{y1}^0| > |M_{\dot{\alpha}}|$  және  $M_x^{ymp} = 0$  болған жағдайда, гироскопиялық тұрақтандырғыштың  $M_{y1}^1 = const$  моментіне реакциясын (сезімталдығын) анықтаймыз.

$$\Delta\beta = \frac{\Delta m_{y1}^0}{\varepsilon} (1 - e^{-\varepsilon t}); \quad \Delta m_{y1}^0 = \frac{M_{y1}^0 \mp M_{\dot{\alpha}}}{H} > 0.$$

Егер  $\Delta\dot{\alpha} > 0$  немесе  $\Delta\dot{\alpha} < 0$  болса, онда  $m_{y1}^0 = const$ .

Уақыт бойынша дифференциалдаймыз

$$\Delta\dot{\beta} = \Delta m_{y1}^{01} \varepsilon e^{-\varepsilon t} > 0.$$

Егер  $\Delta\beta > 0$  болса, онда статикалық қателік

$$\Delta\dot{\alpha} = \Delta\dot{\alpha}^* = M_{\dot{\beta}} / H > 0; \quad \Delta\beta > 0 \quad (5)$$

сондықтан,  $\Delta m_{y1}^{01} = (M_{y1}^0 - M_{\alpha}) / H$ .

Гироскопиялық тұрақтандырғыштың тұрақты күйінде  $\Delta\beta$  бұрышы тұрақты статикалық ауытқуға жақындайды

$$\Delta\beta^* = \Delta m_{y1}^0 / \varepsilon = (M_{y1}^0 - M_{\alpha}) / E_1. \quad (6)$$

Яғни, (4) теңдеуінен анықталған  $\Delta\beta^*$  статикалық ауытқу (6) теңдеуінен анықталған  $\Delta\beta^*$  ауытқудан көп. Гироскопиялық тұрақтандырғыштың 11 платформасы (1-сурет)  $Oy_1$  тұрақтандыру осі айналасында сыртқы күштердің  $M_{y1}^0$  моментінің қозғалыс бағытымен  $\Delta\dot{\alpha}^*$  бұрыштық жылдамдығымен айналады, уақыт өте келе қателігі артады. Сонда

$$\Delta\alpha_{\pi} = \alpha^* t = M_{\beta} t / H. \quad (7)$$

Мысал қарастырайық.

Прецессиялық мойынтірек үшін  $M_{\beta} = 0.1 \text{ гс} \cdot \text{см}$  және  $H = 10^4 \text{ гс} \cdot \text{см} \cdot \text{с}$  болсын.

Гироскоп прецессиясының жылдамдығын (7) формула бойынша анықтаймыз, сонда

$$\Delta\dot{\alpha}^* = \frac{0.1}{10^4} = \frac{1}{10^5} \text{ г/с} = 2.16 \text{ град/саг}.$$

Бұл ескерілетін көп шама.

### Пайдаланылған әдебиеттер

1. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. –М.: Наука, 1976. - 670 с.
2. Теория гироскопических стабилизаторов: учебное пособие / А.Н. Лысов, А.А. Лысова. – Челябинск Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 117 с.
3. Сыздықова Д.Д., Зиннат А.А. Гиростабилизатор. Студенттер мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім - 2017» атты XII Халықаралық ғылыми конференциясы, Астана, 1646-1651 б
4. Зиннат А.А., Сыздықова Д.Д., Зиннат А.А. Біросьті гиростабилизатор. Студенттер мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім - 2017» атты XII Халықаралық ғылыми конференциясы, Астана, 1616-1619 б.