<u>13 – ma’ruza</u>

Mavzu: Mashina agregatida tezlika bog`liq kuchlar ta`sirida keltirilgan bo`g`in harakatini tahlili

Ma’ruza rejasi:

Adabiyotlar:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин, М.: Наука, 1388. с. 421÷512.
2. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин, М.: Машиностроение. 1378. с. 280÷314.
3. Колодовский М.З. Динамика машин, Л., ЛПИ. 1380. с. 87÷131.
4. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин, М.: Наука, 1379. с. 139÷291.

13.1. Reduktor va maxovikli mashina agregati

Mashina agregati yurituvchi 1 (13.1 - rasm), ishchi mashina 2, tishli reduktor 3 va maxovik 4 dan iborat. Yurituvchi momenti uchun rotorini burchak tezligiga bog’liq bo’lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$Mg = a - в \cdot \omega.$$

Ishchi mashina valiga M_c doimiy qarshilik momenti qo’yilgan. Yurituvchini valini inersiya mommenti J_1, maxovikni inersiya momenti J_M, ishchi mashina valiga o’rnatilgan inersiya momenti J_2, reduktorning uzatish nisbati i_{12} bo’lsin. Yurituvchi valine harakat tenglamasini yexhib, burchakl tezligi va burchak tezlanishini agregatni ishga tushirish vaqtida barqaror harakatida aniqlansin. Shuningdek, barqaror harakat tezligi ω_y va jadallashish vaqti aniqlansin.

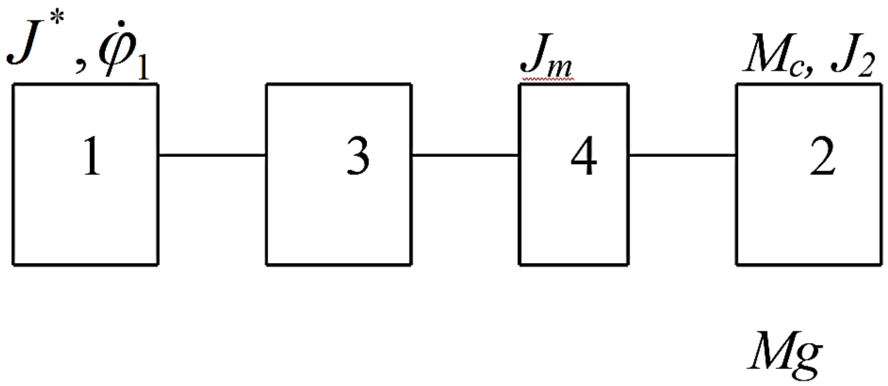
Berilganlar:

$a = 2$ *кНм* $\qquad J_1 = 0.1$ *кгм*^{2}

$в = 15$ *Нмс* $\qquad J_M = 1.2$ *кгм*^{2}

$M_c = 150$ *Нм* $\qquad J_2 = 1.6$ *кгм*^{2}

$/i_{12}/=U_{12}=2$



13.1 –rasm. Mashina agregatining hisoblash sxemasi.

13.2. Mashina agregatining dinamik parametrlarini aniqlash

Yurituvchi valiga keltirilgan agregatning J^* inersiya momenti J^1 yurituvchi rotori inersiya momenti, $J^*_м$ maxovikning keltirilgan inersiya momenti va J^*_2 ishchi mashinaning valine keltirilgan inersiya momenti yig’indisidan iborat, ya’ni

$$J^* = J^1 + J^*_м + J^*_2 \qquad (13.1)$$

Ko’rilayotgan mexanizmda hama bo’g’inlarning massalari markazi ularni qo’zg’almas aylanish o’qiga to’g’ri keladi. Shuning uchun,

$$J^* = \sum Ji \left(\frac{\omega i}{\omega}\right)^2 \qquad (13.2)$$

i_{12} reduktorni uzatish nisbati qiymatidan aniqlanadigan mexanizm bo’g’inlarini burchak tezliklari nisbati o’zgarmaydi. Shuning uchun (13.2) ga muvofiq doimiy kattalik bo’ladi. Ko’rilayotgan mexanizm uchun

$$J^* = J_1 + J_м + J^2_{12} + J_2 \cdot i_{21} = 0.1+1.2 \cdot 0.5^2 + 1.6 \cdot 0.5^2 = 0.8 \text{ кгм}^2 \qquad (13.3)$$

Yurituvchining valiga keltirilgan M^* moment yurituvchi valini o'zini harakatlantiruvchi M_g moment va bu valga keltirilgan M^*_c qarshilik momenti bunda:

$$M^* = M_g - M^*_c \tag{13.4}$$

Ko'rilayotgan mexanizmni yuqoprida bayon qilingan xususiyatlarini nazarga olib, ya'ni $V_{si}=0$ и $\omega i/\omega = const$, keltirilgan moment uchun

$$M^* = \sum Mi\,\frac{\omega i}{\omega} \tag{13.5}$$

yoki

$$M^* = M_g - M_c\ /i_{21}/ = a - в \cdot \omega - M_c \cdot U_{21}$$

$$M^* = M_g - M_c\ /i_{21}/ = (a - M_c \cdot U_{21}) - в \cdot \omega \tag{13.6}$$

13.3. Keltirilgan bo'g'inni harakatni differnsial tenglamasini tuzish va yechish

Aylanuvchi keltirilgan bo'g'in uchun (18.7) harakatning umimy tenglamasidan foydfalanamiz. $J^*=const$ ni hisobga olib (18.7) tenglamaga xususiy ko'rinish beramiz:

$$J^*\, d\omega/\, dt = M^* \tag{13.7}$$

yoki (13.6) ni nazarga olib,

$$J^*\, d\omega/\, dt = (a - M_c \cdot U_{21}) - в \cdot \omega \tag{13.8}$$

Yechimlarni soddalashtirish uchun belgilarni qabul qilamiz:

$$(в - M_c \cdot U_{21}) = B \tag{13.9}$$

bunda

$$J^*\, d\omega/\, dt = B - в\omega \tag{13.10}$$

O'zgaruvchilarni ajratib, so'ngra (13.10) ni integrallaymiz:

$$\int \frac{d\omega}{B - в\omega} = \int \frac{dt}{J^*} + C \tag{13.11}$$

Tenglamaning yexhimi quyidagicha bo'ladi:

$$-\frac{1}{в}\cdot\ln\left|B - в\cdot\omega\right| = \frac{t}{J^{*}} + C \qquad (13.12)$$

Boshlang'ich shartlardan *G* integrallash doimiyligini aniqlaymiz. Ko'rilayotgan masalada boshlang'ich shart agregatni ishga tushirish momenti bilan aniqlanadi, bunda *t=0* va *ω=0.*

(13.12) dan

$$C = -\frac{1}{в}\cdot\ln B$$

Bu ifodani (13.12) ga qo'yib, qayta o'zgartirishlardan so'ng:

$$\ln\left|\frac{B}{B-в\omega}\right| = \frac{b\cdot t}{J^{*}} \qquad (13.13)$$

yoki

$$\left|\frac{B}{B-в\omega}\right| = e^{\frac{в\cdot t}{J^{*}}} \qquad (13.14)$$

Bu yerdan

$$\omega = \frac{B}{в}\cdot\left(1-e^{-\frac{вt}{J^{*}}}\right) \qquad (13.15)$$

(13.15) *da B* ni (13.9) ga muvofiq izlanayotgan *ω(t)* bog'lanishni olamiz

$$\omega = \frac{a - M_c\cdot U_{21}}{в}\cdot\left(1-e^{-\frac{вt}{J^{*}}}\right) \qquad (13.16)$$

Keltirilgan bo'g'inni *φ(t)* vaqtga nisbatan burchak siljishini aniqlash uchun (13.16) ni integrallash yetarili, bunda, ω ni $\frac{d\varphi}{dt}$ tarzida tasavvur qilamiz:

$$\int d\varphi = \int \left(\frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в} - \frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в} \cdot e^{-\frac{вt}{J^*}} \right) dt + C_1 \qquad (13.17)$$

Integrallash natijasida:

$$\varphi = \frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в} - \frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в} \cdot \frac{J^*}{в} \cdot e^{-\frac{вt}{J^*}} + C_1 \qquad (13.18)$$

C_1 integrallash doimiyligini boshlang'ich shartlaridan- $t=0$ va $\varphi=0$ ni aniqlaymiz. Bunda (13.18) dan:

$$C_1 = \frac{J^*}{в} \cdot \frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в}$$

Bu ifodani (13.18) ga qo'yib, C_1 ni o'zgartishdan so'ng olamiz:

$$\varphi = \frac{a - M_c \cdot U_{21}}{в} \cdot \left(t + \frac{J^*}{в} \cdot e^{-\frac{вt}{J^*}} - \frac{J^*}{в} \right) \qquad (13.13)$$

(13.15) va (13.13) formulalarga unga kiruvchi parametrlarning sonli qiymatlarini qo'yib, o'zgartirshlardan so'ng tegishli hisoblash formulalarini olamiz:

$$\omega = 128.3\ (1 - e^{-18.75t}) \qquad (13.20)$$

$$\varphi = 128.3\ (t + 0.053 \cdot e^{-18.75t} - 0.053) \qquad (13.21)$$

Keltirilgan bo'g'inni ω_y barqaror harakat tezligini aniqlash uchun, keltirilgan M^*_g va M_c momentlar bir-biriga teng, ya'ni momentlar yig'indisi $M^*=0$. Buning asosida(13.6) formulaning o'ng tomonini nolga tenglashtirib, tenglamani ω ga nisbatan yechamiz:

Jadallashish vaqti, ya'ni keltirish bo'g'ini ω_y burchak tezligiga yetganda (13.20) dan ω o'rniga (13.22) dan shu qiymatni qo'yib aniqlaymiz ω_y:

$$128.3 = 128.3\ (1 - e^{-18.75\ t}) \qquad (13.23)$$

Bilish qiyin emaski, (13.23) quyidagi shartda to'g'riroqdir:

$$e^{-18.75\,t} = 0 \qquad (13.24)$$

13.24) faqat $t=\infty$ da to'g'ri bo'lgani uchun hulosalash mumkinki, agregatning jadallashishi cheksizdir, tashqi kuchlarni tezlikka bog'likligida xarakterlidir.

13.4. Markazdan qochma nasosning mashina agregati

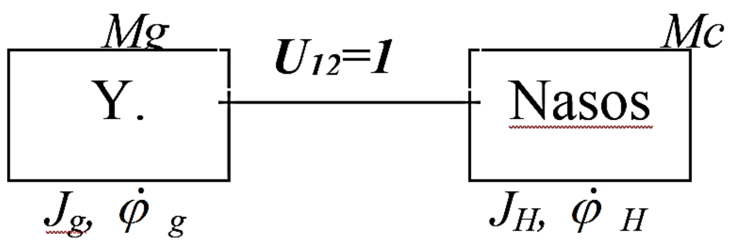
$M_g=A\text{-}в\omega$ mexanik xarakteristikaning yurituvchi markazdan qochma massasini harakatga keltiradi. Uning qarshilik momenti kam burchak tezligiga bog'liq bo'lib, $M_c=D\omega+E$ formulaga muvofiq o'zgaradi. Yurituvchi va nasosning vallari bikr bog'langan. J_g nasos valining inersiya momenti. Yurituvchi valning burchak tezligi va tezlanishlarini $-\omega(t)$ va $E(t)$ vaqtga bog'liq agregatni ishga tushirishdagi bog'liqligi aniqlansin (13.2 - rasm), shuningdek, ω_y, barqaror harakat tezligi agregatni jadallashishi va sekinlashish vaqti aniqlansin.

Berilganlar:

$A=2.5$ *Кнм*, $E=25$ *нм*,

$B=15$ *нмс*, $J_g=2.5$ *кгм*^{2},

$D=0.01$*нмс*^{2}, $J_H=3.5$ *кгм*^{2}



13.2 – rasm. Nasosli mexanizmli mashina agregatining hisoblash sxemasi.

13.4.1. Agregat dinamik modelining parametrlarini aniqlash

Ko'rilayotgan masalada keltirilgan inersiya momenti J^* va keltirilgan momentlarni M^* aniqlash zarur emas. Keltirilgan inersiya momenti yurituvchi va nasos valini inersiya momentlari yig'indisidan iborat:

$$J^*=J_g+J_H=2.5+3.5=6 \text{ кгм}^2 \qquad (13.25)$$

Xususiy ko'rinishi: $J^{*}=\sum Ji$,

Bo'g'inlarini bikr bog'lanishida $\frac{\omega\, i}{\omega}=1$, va $V_{si}=0$ bo'g'inlarning muvozanatlanganligidan kelib chiqadi.

Xuddiy shunda keltirilgan moment M^* yurituvchi valine harakatlantiruvchi momenti M_g va qarshilik momenti M_c yig'indisidan iborat:

$$M^*=M_g - M_c \tag{13.26}$$

Bu hulosadan $\frac{\omega\, i}{\omega}=1$ bo'lsa, sistemada kuchlar bolmaydi -$P_к=0$.

13.4.2. Keltirilgan bo'g'inni harakat tenglamasini tuzish va yechish

Yuqoridagi masalaga o'xshash (18.7) umumiy harakat tenglamasidan foydalanamiz, keltirilgan aylanuvchi bo'g'in uchun keltirilgan inersiya momentini J^* o'zgarmasligi uchun unga xususiy ko'rinish beramiz:

$$J^*\frac{d\omega}{dt}=M^* \tag{13.27}$$

Ishga tushirish rejimida tadqiq qilamiz.

(13.26) ni qayta yozamiz:

$$J^*\frac{d\omega}{dt}=M_g - M_c \tag{13.28}$$

Masalani shartiga muvofiq M_g va M_c larni almashtiramiz:

$$J^*\frac{d\omega}{dt}=(A-B\omega)-(D\omega^2+E)=-D\omega^2-B\omega-(E-A) \tag{13.29}$$

Yozishlar qulay bo'lishi uchun quyidagi belgilarni qabul qilamiz:

$$(E\text{-}A)=F \tag{13.30}$$

bunda

$$j*\frac{d\omega}{dt}=-(D\omega^2+B\omega+F) \qquad (13.31)$$

O’zgaruvchilarni ajratamiz va (13.31) ni integrallaymiz:

$$-\int\frac{d\omega}{D\omega^2+B\omega+F}=\int\frac{dt}{J*} \qquad (13.23)$$

Tenglamaning chap qismini integrallab, qulay ko’rinishga keltriamiz:

$$(D\omega^2+B\omega+F)=D\left(\omega^2+\frac{2B}{2D}-\cdot\omega+\frac{B^2}{4D^2}+\frac{F}{D}\right)=D\left[\left(\omega+\frac{B}{2D}\right)^2+\left(\frac{F}{D}-\frac{B^2}{4D^2}\right)\right]$$

Quyidagi belgilarni kiritib, ifodani soddalashtiramiz:

$$\left(\frac{F}{D}-\frac{B^2}{4D^2}\right)=G \qquad (13.33)$$

bunda

$$(D\omega^2+B\omega+F)=D\left[\left(\omega+\frac{B}{2D}\right)^2+G\right] \qquad (13.34)$$

(13.32) quyidagicha bo’ladi:

$$-\frac{1}{D}\int\frac{dx}{\left[\left(\omega+\frac{B}{2D}\right)^2+G\right]}=\int\frac{dt}{J*} \qquad (13.35)$$

Integral ifodaning chap qismini ω o’rniga «*X*», ya’ni o’zgaruvchini kiritb qayta o’zgartirishni davom ettiramiz:

$$\left(\omega+\frac{B}{2D}\right)=X,\ \text{bunda,}\quad dx=d\omega. \qquad (13.36)$$

(13.36) ni nazarga olib, (13.35) ni qayta yozamiz:

$$-\frac{1}{D}\int\frac{dx}{(x^2+G)}=\int\frac{dt}{J*} \qquad (13.37)$$

Olingan (13.37) tenglamaning chap qismini natijalari unga kiruvchi doimiy *G* ning ishorasiga bog'liq. Mumkin bo'lgan ikkita holatni, *G>0* va *G<0* ko'ramiz.

G>0 dan ko'rsatilgan integral yechimi quyidagicha:

$$-1\frac{1}{D}\int\frac{dx}{x^2+G} = -\frac{1}{D\cdot G}\int\frac{dx}{\left(\frac{x}{G}\right)^2+1} = \frac{1}{D\sqrt{G}}\cdot arc\ tg\left(\frac{x}{\sqrt{G}}\right)+C_1 \qquad (13.38)$$

G>0 da (13.37) ni chap tomonini murakkab qayta o'zgartirish talab qilinadi.

Dastlab, *G* ni manfiy ishorasi bilan bog'liq tuzatishlar kiritamiz:

$$-1\frac{1}{D}\int\frac{dx}{x^2+G} = +\frac{1}{D}\int\frac{dx}{|G|-x^2} \qquad (13.39)$$

$\frac{1}{|G|-x^2}$ ifodani o'zgartirish uchun uni ikkita kasr yig'indisida tasavvur qilamiz:

$$\frac{1}{|G|-x^2} = \frac{1}{\left(\sqrt{|G|}-x\right)\quad\left(\sqrt{|G|}+x\right)} = \frac{K}{\sqrt{|G|}-x}+\frac{L}{\sqrt{|G|}+x} \qquad (13.40)$$

bu yerda, *K* va *L* – aniqlash kereak bo'lgan ba'zi doimiylar.

(13.40) ni umumiy maxrajga keltrib, quyidagicha olamiz:

$$1 = K\left(\sqrt{|G|}+x\right)+L\left(\sqrt{|G|}-x\right)$$

yoki

$$1 = \sqrt{|G|}\cdot(K+L)+x(K-L) \qquad (13.41)$$

(13.41) dan kelib chiqib, *(K-L)=0*

Va, demak $K = L = \frac{1}{2\sqrt{|G|}}$

K и *L* uchun bu ifodalarni (13.41) ga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\frac{1}{|G|-x^2}=\frac{1}{2\sqrt{|G|}\cdot\left(\sqrt{|G|}+x\right)}+\frac{L}{2\sqrt{|G|}\cdot\left(\sqrt{|G|}-x\right)} \qquad (13.42)$$

(13.42) nazarga olib (13.39) ni qayta yozamiz:

$$-\frac{1}{D}\cdot\int\frac{dx}{x^2+G}=\frac{1}{2D\sqrt{|G|}}\cdot\left(\int\frac{dx}{\sqrt{|G|}+x}+\int\frac{dx}{\sqrt{|G|}-x}\right)=\frac{1}{2D\sqrt{|G|}}\cdot\left(\ln\left|\sqrt{|G|}+x\right|-\ln\left|\sqrt{|G|}-x\right|+C_2\right) \qquad (13.43)$$

Shunday qilib, *G<0* da (13.37) ning chap qismi integrali yechimi quiydagicha bo'ladi:

$$-\frac{1}{D}\int\frac{dx}{x^2+G}=\frac{1}{2D\cdot\sqrt{|G|}}\cdot\ln\frac{\sqrt{|G|}+x}{\sqrt{|G|}-x}+C_2 \qquad (13.44)$$

Yana uchinchi, xususiy xol, bunda *G=0*, (13.37) chap qismi quyidagicha bo'ladi:

$$-\frac{1}{D}\int\frac{dx}{x^2};$$

Va bu integralning yechimi

$$-\frac{1}{D}\int\frac{dx}{x^2}=\frac{1}{D\cdot x}+C_3 \qquad (13.45)$$

(13.38), (13.44) va (13.45) dan qaysi birida (13.37) harakat tenglamasini yechishda foydalanishni bilish uchun doimiy *G* ni ishorasini (13.33) ga unga kiruvchi parametrlarni dastlab *F* ni (13.30) ga muvofiq almashtirib, quyidagicha olamiz:

$$G=\frac{E-A}{D}-\frac{B^2}{4\ D^2}=\frac{25-2500}{0.01}-\frac{15^2}{4\cdot\ 0.01^2}=-810000 \qquad (13.46)$$

G ni olingan manfiy qiymati (13.45) dan foydalanish zarurligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, (13.37) harakat tenglamasini yechish quyidagicha:

$$\frac{1}{2\ D\ \sqrt{|G|}}\cdot\ln\frac{\sqrt{|G|}+w}{\sqrt{|G|}-w}=\frac{t}{J*}+C_2 \qquad (13.47)$$

Endi «X» o'zgaruvchidan berilgan ω o'zgaruvchiga qabul qilingan belgigia muvofiq o'tamiz (13.35)

$$\frac{1}{2D\sqrt{|G|}}\cdot\ln\frac{\sqrt{|G|}+w+\dfrac{B}{2D}}{\sqrt{|G|}-w-\dfrac{B}{2d}}=\frac{t}{J*}+C_2 \qquad (13.48)$$

Doimiy integrallash C_2 ni ishga tushirish boshklang'ich shartidan aniqlaymiz, ya'ni $t=0$ va $\omega=0$ bo'lganda,

(13.48) dan:

$$C_2=\frac{1}{2D\sqrt{|G|}}\cdot\ln\frac{\sqrt{|G|}+w+\dfrac{B}{2D}}{\sqrt{|G|}-w-\dfrac{B}{2d}} \qquad (13.49)$$

Bu ifodani (13.48) ga qo'yib o'zgartirishlardan so'ng quyidagini olamiz:

$$\frac{1}{2D\sqrt{|G|}}\cdot\ln\frac{\sqrt{|G|}+w+\dfrac{B}{2D}\left(\sqrt{|G|}-\dfrac{B}{2D}\right)}{\sqrt{|G|}-w-\dfrac{B}{2d}\left(\sqrt{|G|}+\dfrac{B}{2D}\right)}=\frac{t}{J*} \qquad (13.50)$$

yoki

$$\frac{\sqrt{|G|}+w+\dfrac{B}{2D}\left(\sqrt{|G|}-\dfrac{B}{2D}\right)}{\sqrt{|G|}-w-\dfrac{B}{2d}\left(\sqrt{|G|}+\dfrac{B}{2D}\right)}=e^{\frac{2D\sqrt{|G|}}{J*}\cdot t} \qquad (13.51)$$

(13.51) ni ω ga nisbatan yechib, quyidagini olamiz:

$$w=\frac{\left(\sqrt{|G|}-\dfrac{B^2}{4D^2}\right)\left(e^{\frac{2D\sqrt{|G|}}{J*}\cdot t}-1\right)}{\left(\sqrt{|G|}+\dfrac{B}{2D}\right)\cdot e^{\frac{2D\sqrt{|G|}}{J*}\cdot t}+\left(\sqrt{|G|}-\dfrac{B}{2d}\right)} \qquad (13.52)$$

Olingan (13.52) agregatani ishga tushiradigan rejimiga mos izlangan $\omega(t)$, bog'lanishidir.

Bu tenglamarga doimiy parametrlarni (jadvalga qarang) son qiymatlarini (13.46) ga qo'yib, uni hisoblash uchun qulay holga keltiramiz:

$$\omega = 1650 \cdot \frac{e^{3t} - 1}{11 \cdot e^{3t} + 1} \qquad (13.53)$$

Valni vaqtga bog'liq $E(t)$ burchak tezlanishini izlanadigan bog'lanishni aniqlash uchun (13.53) ni differensiallash kifoya. (13.53) ga t ni agregatni jadallashish chegarasidan qator qiymatlari noldan boshlab qo'yib, ω ni tegishli qiymatlarini hisoblash mumkin, zarur bo'lganda $\omega(t)$ grafigini qurish mumkin.

13.4.3. Baraqaror harakat tezligi va agregatni jadallashish vaqtini aniqlash

Agregatning barqaroq harakati harakatlantiurvchi kuchlar momentini yig'indisi nolga teng bo'lganda, ya'ni M_g^*-M_c^* = $M^*=0$ da sodir bo'ladi.

(13.26) dan foydalanib, bu shartni berilgan M_g , M_c uchun formulalar uchun yozamiz:

$$M^*= M_g-M_c = (A - в\omega) – (D\omega^2 + E) = 0$$

yoki

$$D\omega^2_y + B\omega_y + (E-A) = 0$$

bunda

$$\omega y = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4D\,(E - A)}}{2\,D} = \frac{15 \pm \sqrt{15^2 - 4 \cdot 0.01\,(25 - 2500)}}{2 \cdot 0.01} \qquad (13.54)$$

$\omega_y = 150, \quad \omega_{y2} = -1650$

Shunday qilib, valning barqaror harakatidagi tezligi ω_y=*150 рад/с*. Agregatni jadallashish vaqtini xohlagan berilgan burchak tezligiga, shuningdek, barqaror harakat tezligiga aniqlash uchun (13.53) ni t vaqtga nisbatan yechish zarur.

O'zgartirishlardan so'ng:

$$e^{3t} = \frac{1650 + \omega}{1650 - 11 \cdot \omega}$$

bunda

$$t = \frac{1}{3} \cdot \ln \left| \frac{1650 + \omega}{1650 - 11\omega} \right| \tag{13.55}$$

(13.28) ga ω burchak tezligini qo'yib, agregatni ish tezligiga bo'lgan vaqtini topamiz. Agregatni barqaror harakat tezligiga $\omega_y = 150$ jadallashish vaqti (13.55) dan ko'rinib turibdiki, cheksillikka teng, bu esa tashqi kuchlarni tezlikka bog'likligi holatdan kelib chiqadi.

Endi sekinlashish rejimini tadqiq qilamiz.

Barqaror harakatdan sekinlashish rejimiga o'tish yurituvchini uni valine nasos vali bilan bikr bog'lanishini saqlagan holda to'xtashish bilan amalga oshiriladi.bunda agregatning tashqi kuchli yuklanishi nasos validagi M_c qarshilik momentidan iborat bo'ladi, agregatning keltrilgan momenti $(J_g+J_н)$ tengligicha qoladi.

(13.28) harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$J * \frac{d\omega}{dt} = -(D\omega^2 + E) \tag{13.56}$$

O'zgaruvchilarni ajratamiz va bu tenglamani to'xtash vaqtini aniqlash maqsadida integrallash uchun qulay ko'rinishga keltriamiz:

$$dt = -J * \frac{d\omega}{D\omega^2 + E} = -\frac{J*}{E} \cdot \frac{d\omega}{\left(\frac{\sqrt{D}}{\sqrt{E}} \cdot \omega\right)^2 + 1} \tag{13.57}$$

ω o'rniga yangi «X» o'zgaruvchanni kiritamiz va quyidagilarni belgilaymiz:

$$\frac{\sqrt{D}}{\sqrt{E}} \cdot \omega = X, \quad \text{тогда} \quad d\omega = \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{D}} \cdot dX \tag{13.58}$$

(13.57) quyidagi ko'rinishida bo'ladi:

$$dt = -\frac{J*}{\sqrt{ED}} \cdot \frac{dX}{X^2+1} \tag{13.59}$$

Agregatni barqaror harakatidan *($\omega_у$=150 рад/с)* to'xtashgacha *(ω=0)* vaqtni aniq integrallar dan foydalanib topamiz:

$$\int_0^{t_в} dt = -\frac{J*}{\sqrt{ED}} \cdot \int_{X_e}^{0} \frac{dx}{x^2+1}$$

bunda

$$t_в = -\frac{J*}{\sqrt{ED}} \cdot arctg\ x \int_{чу}^{0}$$

Berilgan ω o'zgaruvchiga qaytamiz, qabul qilingan belgilarga (13.58) muvofiq

$$t_в = -\frac{J*}{\sqrt{ED}} \cdot arctg\left(\sqrt{\frac{D}{E}} \cdot \omega\right)\int_{чу}^{0} = +\frac{J*}{\sqrt{ED}} \cdot frctg\ \sqrt{\frac{D}{E}} \cdot \omega_у \quad (13.60)$$

(13.60) ga parametrlarning sonli qiymatlarini qo'yib, agregatni izlanadigan to'xtash vaqti aniqlanadi:

$$t_в = -\frac{6}{\sqrt{25 \cdot 0.01}} \cdot arctg\left(\sqrt{\frac{0.01}{25}} \cdot 150\right) = 12 \cdot arctg\,3 = 15\ c.$$

13.5. O'z- o'zini tekshirish savollari

1. Mashina agregatining tenglamasi qanday integrallanadi?
2. Markazdan qochma nasosni keltirilgan inersiya momentini aniqlash tartibini tushuntiring.
3. Mashina agregatini keltirilgan bo'g'inini burchak tezligini ifodasini yozing.
4. Jadallashish rejimi uchun masalani yechish tartibini keltiring.
5. Markazdan qochma nasosli ashine agregatini to'xtash rejimi qanday tadqiq qilinadi?