

UZENBEKOV Sh.B. – PhD student (Shymkent, South Kazakhstan state university named after M.O. Auezov)

SHAPALOV Sh.K. – doctor of PhD, professor (Shymkent, South Kazakhstan state university named after M.O. Auezov)

DILDABEK D.S. – c.e.s., assoc. professor (Taraz, Taraz regional university named after M.H. Dulati)

THE MAIN ASPECTS OF FIRE SAFETY IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Abstract

This article describes a method for extinguishing fires of oil and petroleum products in vertical steel tanks by feeding foam to form a low-layer film directly into the fuel layer at the bottom of the tank. The problems of extinguishing fires in tanks with a floating roof or on a pontoon when extinguishing fires in a storey way are briefly described. The main problems: contamination of the foam with oil and petroleum products, the time of lifting the foam to the surface of the tank, the appearance of «pockets» inaccessible for extinguishing, etc. The results of studies of the main modern systems for ensuring fire safety of oil and gas industry facilities, such as: transportation, processing and storage, are shown. The results of the study of the fire extinguishing process with film-forming foam in tanks, as well as the study of the properties of fluorosynthetic foams, are described. Examples of combined fire safety systems on pontoon tanks are also given.

Keywords: fire, oil and gas industry, tank, fire safety, flammable liquids, foam, water supply system, fire barrel.

ӨОЖ 681.5.033

МИРЗАБАЕВ С.А. – PhD докторанты (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

ИБРАГИМОВ О.А. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ТОЙГОЖИНОВА А.Ж. – PhD, қауым. профессоры (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

КВАШНИН М.Я. – т.ғ.к., қауым. профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

КӨПІР ҚҰРЫЛЫМЫ ЭЛЕМЕНТІНІҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН РЕТТЕУДІҢ АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа

Көпір құрылымы элементінің кернеулі-деформацияланған күйі реттегішін күрделі кескін пластинкасы түрінде синтездеу (жинақтау) міндеті қойылды. Реттегіш жұмысының жоғары тиімділігі импульстік әсер ету мысалында көрсетілді. Құрылымның нақты өлшемдері үшін сандық есептеу нәтижелері келтірілген.

Түйін сөз: қос байланысты пластиналар, бір еркіндік дәрежесі бар жүйе, Matlab LQR бағдарламасы, реттегіш синтезін іске асыру сұлбасы, сыртқы әсер, оңтайлы реттегіш синтезі.

Кіріспе.

Қазіргі кезде көпір құрылымының тұтастай алғандағы беріктігін басқарумен қатар бүкіл құрылыстың тіршілігі байланысты болатын оның жекелеген негізгі элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін (КДК) басқару мәселелері үлкен өзектілікке ие болып отыр. Теориялық және құрылымдық түрде бұл мәселе ванттар, аркалықтар, өзектер үшін әзірленген. Осы мақалада қос байланысты пластиналардың КДК басқару жөніндегі мәселесін теориялық ұғынуға ұмтылыс жасалды. Мұндай элементтер аралық құрылыс аркалықтарының бөлшектері ретінде көпірлік құрылымдарда пайдаланылады.

Міндеттің қойылымы.

Құрылымның статикалық жүктелуі жұмыста қарастырылатын элементтер үшін сипатталған оны есептеудің кәдімгі әдістерін болжайды.

Ұзақ емес уақыт ішінде импульстік әсер ету немесе діріл түрінде экстремальды жүктемелермен жүктеу кезінде құрылымды басқару жүйесінің көмегімен жетілдіру қажеттілігі пайда болады [1, 2]. Біз бұдан кейін дәл осындай құрылымды қарастыратын боламыз.

Еркіндіктің n дәрежелері бар белсенді басқару жүйесін қарастырайық. Мұндай жүйенің қозғалыс теңдеуі келесі түрге ие [3, 4]:

$$\dot{z}(t) = A(\xi)z(t) + B(\xi)u(t) + D(\xi)f(t), \quad (1)$$

мұндағы

$$A(\xi) = \begin{bmatrix} 0 \\ -M^{-1}(\xi)K(\xi) - M^{-1}(\xi)C(\xi) \end{bmatrix}; \quad (2)$$

$$B(\xi) = \begin{bmatrix} 0 \\ -M^{-1}(\xi)G(\xi) \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$D(\xi) = \begin{bmatrix} 0 \\ -M^{-1}(\xi) \end{bmatrix}; \quad (4)$$

$$z^T(t) = [x^T(t), \dot{x}^T(t)]; \quad (5)$$

Бұл жерде $x(t) - n$ – нысандардың геометриялық орналасуының өлшемдік векторы; $M(\xi)$, $C(\xi)$ және $K(\xi)$ – $n * n$ өлшемділігінің матрицалары, ол құрылым параметрін сипаттайтын $p - \xi$ өлшемдік векторына байланысты $x(t)$ матрицасының әр элементі бойынша демпфирлеу және серпімділік; $f(t)$ – жүктеме жүйесінің возмущающих күштерінің векторы; $G(\xi)$ – белсенді элементтердің кеңістіктік бөлінісін анықтайтын $n * m$ ($m \leq n$) өлшемділігінің матрицасы, ол $m - u(t)$ басқарушы әсерлердің өлшемдік векторымен бірге құрылымды белсенді басқару мүмкіндіктерін сипаттайды.

Ең жақсы басқару күшін құрумен қатар ξ күйі векторының мәндерін рұқсат шектерде ұстау ескеріледі. Осылайша, басқарудың ұтымды жүйесін құрудың негізгі міндеті келесі түрдегі интегралды минимизациялайтын ξ және $u(t)$ табу болып табылады

$$J(z, \xi, u) = \int_0^T [z^T Q_1 z + z^T Q_2 u + W(\xi)] dt, \quad (6)$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_0 & 0 \\ 0 & Q_1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Бұл жерде $W(\xi)$ – t -ға емес, ξ байланысты бағалаудың теріс емес функциясы. Q_0, Q_1, Q_2 матрицалары – басқарудың сәйкес жүйесіне параметрлерімен сәйкес келетін кәдімгі салмақтық матрицалар.

Матрицалық теңдеуді (1) шеше, (6) қанағаттандыра отырып, z, ξ, u табады. Одан бөлек, ξ шамалары келесі шартты қанағаттандыруы керек

$$\xi \geq \xi_s, \quad (8)$$

мұндағы ξ_s статикалық жүктеу кезінде құрылымның күйіне сай келеді.

(7) өрнекпен берілген, (8) шектеулер кезінде (1) теңдеуді шешудің нәтижесі болып табылатын J квадратты функционалын минимизациялау вариациялық есептеу көмегімен орындала алады. Бұл кезде келесі түрдегі функционалды минимизациялау кезінде орындалатын теңсіздіктерді қанағаттандыру қажет етіледі

$$J^*(\xi, u) = \int_0^T \left\{ z^T Q z + u^T Q_2 u + W(\xi) + \lambda^T [A(\xi)z + B(\xi)u + D(\xi)f(t) - \dot{z}(t)] \right\} dt, \quad (9)$$

мұндағы $\lambda^T(t) - 2n$ – Лагранж көбейткіштерінің өлшемдік векторы. Бұл жерде біріктіру қарастырылатын уақыттық бөлікте жүргізілетінін ескерген жөн.

J^* минимизациялау шарты келесідей:

$$\delta^{(1)} J^* = 0; \quad (10)$$

$$\delta^{(2)} J^* > 0, \quad (11)$$

мұндай δ – вариация. Математикалық тұрғыда $\delta^{(2)} J^*$ екінші вариациясының шартын (11) қанағаттандыру өте күрделі. Алайда бұл әлеуетті күштік өріс үшін шынайы жер жағдайлары кезінде мүмкін болады. Өйткені интеграл (6) қатенің квадратты критерийі болып табылады, оның болмысының бірінші формасы қате критерийінің минимумы, екінші формасы энергия критерийінің минимумы және үшінші формасы құндық критерий минимумы болады. $\delta^{(1)}$ бірінші вариациясы z, ξ, u қатысты болады. Лагранж көбейткіші де ауыспалы болып табылады. Бұл кезде (1) теңдеулер болмысының шарттары қанағаттандырылады.

Айнымалы Лагранж бойынша (9) функционалдың бірінші вариациясын алайық

$$\delta^{(1)} J^* = \int_0^T \left\{ 2(\delta z^T Q z + \delta u^T Q_2 u) + \lambda^T (A \delta z + B \delta u - \delta \dot{z}) + \nabla_{\xi} W \delta \xi + \lambda^T (\nabla_{\xi} A z + \nabla_{\xi} B u - \nabla_{\xi} D f) \delta \xi + \right. \\ \left. + (A \delta z + B \delta u - \delta D f - \dot{z}) \delta \lambda \right\} df. \quad (12)$$

Бұл жерде ∇_{ξ} – ξ функциясының градиент вектор, $\lambda^T \delta z$ қосылғыштарын елемей және (12) қайта топтастырып төмендегіні аламыз

$$\int_0^T \left\{ \delta z^T (2Qz + A^T \lambda + \lambda) + \delta u^T (2Q_2 u + B^T \lambda) + \right. \\ \left. + [\nabla_{\xi} W + \lambda^T (\nabla_{\xi} Az + \nabla_{\xi} Bu - \nabla_{\xi} Df)] \delta \xi + \right. \\ \left. + (Az + Bu - Df - \dot{z}) \delta \lambda \right\} df + \lambda^T \delta z \Big|_0^T = 0, \quad (13)$$

мұнда M , C және K матрицаларының симметриясы ескерілген.

z, ξ, u вариациялары тәуелсіз болғандықтан, (13) шартты орындау үшін T уақытында келесі төрт бірдей шартты бір мезгілде қанағаттандыру қажет:

$$Az + Bu - Df - \dot{z} = 0; \quad (14)$$

$$2Qz + A^T \lambda + \dot{\lambda} = 0; \quad (15)$$

$$2Q_2 u + B^T \lambda = 0; \quad (16)$$

$$\nabla_{\xi} W + \lambda^T (\nabla_{\xi} Az + \nabla_{\xi} Bu - \nabla_{\xi} Df) = 0 \quad (17)$$

(14-17) теңдігі – төрт белгісіздік $z(t), u(t), \xi$ және $\lambda(t)$ бар төрт теңдеулер жүйесі. Оның үстіне $t = 0$ уақыты кезіндегі статикалық жүктемеде z векторының мәні белгілі деп болжасақ, онда $\delta z(0) = 0$ және (13) теңдеу $\lambda(T) = 0$ шартында λ қатысты шешімі бар болып саналады. z и λ үшін шекті шарттардың басқа да түрлері басқару нысандарына байланысты іске асырыла алады.

Есептің шешімі. Дифференциалды теңдеулердің (14-17) жүйесі сызықты емес және тек сандық тұрғыда шешіле алады. Мүмкін нұсқалардың бірі ретінде шешу рәсімін екі бөлікке бөлу болып табылады. Біріншіден, ξ^k құрылымы параметрлерінің фиксацияланған векторы кезінде (14-17) теңдеулерін қанағаттандыру жолымен ұтымды басқаруды іздеу міндеті шешіледі. Кейіннен оптимумға қол жеткізілгенге дейін ξ^k өзгертілген параметрлермен рәсім қайталанады. Осылайша, процесс $k = 1, 2, 3, \dots$ үшін жалғасады. Бірінші ξ^1 кезіндегі итерация (8) шартқа сәйкес ξ_s кезінде орындала алады. Сондықтан шешімнің баяндалған рәсімі құрылымдық оңтайландырумен байланысты белсенді басқаруды оңтайландыру дәйектілігі болып табылады. Құрылымдық айнымалы келесі түрде анықталады

$$\xi^{k+1} = \xi^k - a^k b_{\xi}^k, \quad (18)$$

мұндағы $b_{\xi}^k = (\nabla_{\xi} J^*)^k$ Лагранж функциясының градиенті болып табылады, ол параметрдің өзгеру бағытын анықтайды; a^k – амплитуда. b_{ξ} градиенті тікелей (12) теңдеуден келесі түрде табыла алады

$$b_{\xi} = \int_0^T \{ \nabla_{\xi} W + \lambda^T (\nabla_{\xi} Az + \nabla_{\xi} Bu + \nabla_{\xi} Df) \} df. \quad (19)$$

Оңтайландырудың тағы бір мүмкін әдісі-тік түсу әдісі [5], мұнда басқару және құрылымдық параметрлер өрнектерді (18) және төмендегіні қолдана отырып бір уақытта оңтайландырылады

$$u^{k+1} = u^k - a^k b_u^k, \quad (20)$$

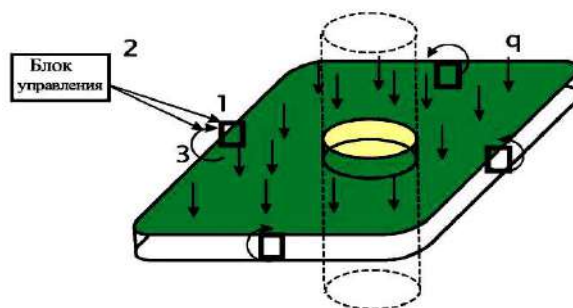
мұндағы b_u – келесі өрнектен анықталуы мүмкін

$$b_u = \nabla_u J^* = 2Q_2 + B^T \lambda. \quad (21)$$

Шешу процесі бастапқы u және ξ мәндерін таңдаудан басталады, кейіннен z және λ (14-15) теңдеулерді шешу кезінде анықталады. Бұдан әрі (19,21)-ден b_ξ и b_u іздестіріледі.

Келесі қадам – (18), (20) қатынастарынан u^k и ξ^k анықтамасының a^k амплитудалық мәнін таңдау болып табылады. Сипатталған процедура қажетті дәлдік деңгейімен $\|\nabla_u J^*\| = 0$ и $\|\nabla_\xi J^*\| = 0$ шарттары қанағаттандырылғанға дейін жалғасады. Мұнда ұсынылған шешімнің екі жағдайында да a^k амплитудасын таңдау үшін алгоритм құру қажет [5-7].

Мысал. Қозғалыс датчиктерін, түзетуші буындарды және орындаушы құрылғыларды қамтитын автоматты басқару жүйелерін қолдана отырып, қос байланыс пластиналарының кернеулі-деформацияланған күйін белсенді басқару алгоритмін құру мысалын қарастырайық. Есептеу сұлбасы 1-суретте берілген.



1 – орын ауыстыру датчигі; 2 – басқару блогы; 3 – момент датчигі

Сурет 1 – Тік жазықтықтағы тербелістерді басқару жүйесі бар қос байланысқан пластинка

Мәселені сызықтық құрылымда шешеміз: кернеулер мен деформациялар Гук заңына бағынады, реттегіш сызықтық сипаттамаға ие. Бір координатқа қатысты қозғалыстың симметриялы сипаттамасына қарай басқару міндеті бір өлшемді. Бір еркіндік дәрежесі бар осы жүйе (БЕДБЖ) үшін қозғалыс теңдеуі келесі түрде ұсынылуы мүмкін

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = f(t), \quad (22)$$

мұндағы m пластиктің төрттен бірін массасын ($m = \frac{M}{4}$) білдіреді, k және c – пластинканың қаттылығы мен демпферлеудің сызықтық коэффициенттері (сурет 2), $f(t)$ – сыртқы әсер болып табылады, ал $y(t)$ – пластинканың төрттен бір бөлігінің балама массасын тігінен қолдану нүктесінің қозғалысын білдіреді.



Сурет 2 – Пластинаның төрттен біріне балама сұлба

Белгілі құрылымдық параметрлері бар $f(t)$ белгілі бір ауытқуы үшін БЕДБЖ реакциясының кезең-кезеңімен итерациялық әдіспен алуға болады. $f(t)$ жүктемесі қарқындылығы Q статикалық жүктемеден және ерікті ауытқудан тұрады:

$$f(t) = q - m\ddot{y}_g, \quad (23)$$

мұндағы $\ddot{y}_g$ – ауытқуды жеделдету.

Теңдеудің канондық түрі (22) келесідей:

$$\ddot{y} + 2\xi\omega\dot{y} + \omega^2 y = q - \ddot{y}_g, \quad (24)$$

мұндағы ξ және ω демпфирлеу коэффициенті және сәйкесінше қарастырылып отырған білеу учаскесінің жеке жиілігі.

Егер қарастырылған БЕДБЖ-ге белсенді басқару жүйесі қосылса, онда қозғалыс теңдеулері (24) түрге айналады

$$\ddot{y} + 2\xi\omega\dot{y} + \omega^2 y = u(t) + q - \ddot{y}_g, \quad (25)$$

мұндағы $u(t)$ – бірлік массасына нормаланған басқару күші.

Басқару жүйесін жобалаудың негізгі міндеті білеудегі кернеуді азайтатын оңтайлы $u(t)$ реттегішін синтездеу болып табылады. Басқару мәселесі толығымен сызықтық қойылымда шешілетіндіктен, реттегіш түрін таңдаған кезде сызықтық квадраттық реттегішке (СКР) тоқталамыз [8]. СКР-да $u(t)$ реттегіште $y(t)$ орын ауыстыруына және эквивалентті массадағы орын ауыстыру жылдамдығына байланысты сызықтық функцияны іске асырады:

$$u(t) = g_y y + g_{\dot{y}} \dot{y}, \quad (26)$$

мұндағы g_y және $g_{\dot{y}}$ функционал минимумының шарттарынан табыла алатын екі кері байланыс константтары болып табылады

$$I = \frac{1}{2} \int_0^\infty [g_y y^2(t) + g_{\dot{y}} \dot{y}^2 + r u^2(t)] df, \quad (27)$$

мұндағы g_y , $g_{\dot{y}}$ және r – салмақтық коэффициенттер. (27) бірінші қосылғыш білеу деформациясының діріл энергиясының білдіреді, екінші қосылғыш оның кинетикалық энергиясы болып табылады, үшіншісі – сыртқы көзден берілетін басқару энергиясы. Минимизация (27) білеу дірілінің жалпы энергиясы сырттан жеткізілетін басқару энергиясының минимумын пайдаланумен азайтылады дегенді білдіреді, ол ең жақсы ұтымды шешім болып табылады.

Сәйкес тұрақты g_y , $g_{\dot{y}}$ айқындайтын аналитикалық шешімдер табылған

$$g_y = -\omega^2 (S_y - 1); \quad (28)$$

$$g_{\dot{y}} = 2\xi\omega (S_{\dot{y}} - 1), \quad (29)$$

мұндағы S_y және $S_{\dot{y}}$ коэффициенттері былай беріледі

$$S_y = \sqrt{1 + \frac{(\lambda_z/r)}{\omega^4}}; \quad (30)$$

$$S_{\dot{y}} = \sqrt{1 + \frac{(\lambda_z/r)}{4\xi^2\omega^2} + \frac{(\lambda_z-1)}{2\xi^2}}. \quad (31)$$

(30) және (31) өрнектерді дәйекті түрде (28)-(29)-(26) ауыстыра отырып, басқару заңын шығарамыз

$$u(t) = -\omega^2 (S_y - 1)y(t) - 2\xi\omega (S_{\dot{y}} - 1)\dot{y}. \quad (32)$$

Алынған реттеу заңын (25) енгізу арқылы басқарылатын жүйенің қозғалыс теңдеуін аламыз:

$$\ddot{y} = 2\xi\omega S_{\dot{y}}\dot{y} + \omega^2 S_y y = q - \ddot{y}_g. \quad (33)$$

СКР-ға негізделген басқарушы БЕДБЖ-ды жобалаудың келесі кезеңдері мыналар болып табылады:

- басқарылмайтын жүйенің реакциясын (24) теңдеуден есептеу және басқару қажеттілігі туралы мәселені шешу;

- егер басқару қажет болса, g_y , $g_{\dot{y}}$ және r және салмақтық коэффициенттерінің мәндерін анықтау және тікелей (30) және (31) S_y және $S_{\dot{y}}$ жүйесін баптау коэффициентінің сандарына көрсету; сәйкесінше (28) және (29)-дан басқару жүйесінің реакциясын және қажетті басқару моменттерін табу;

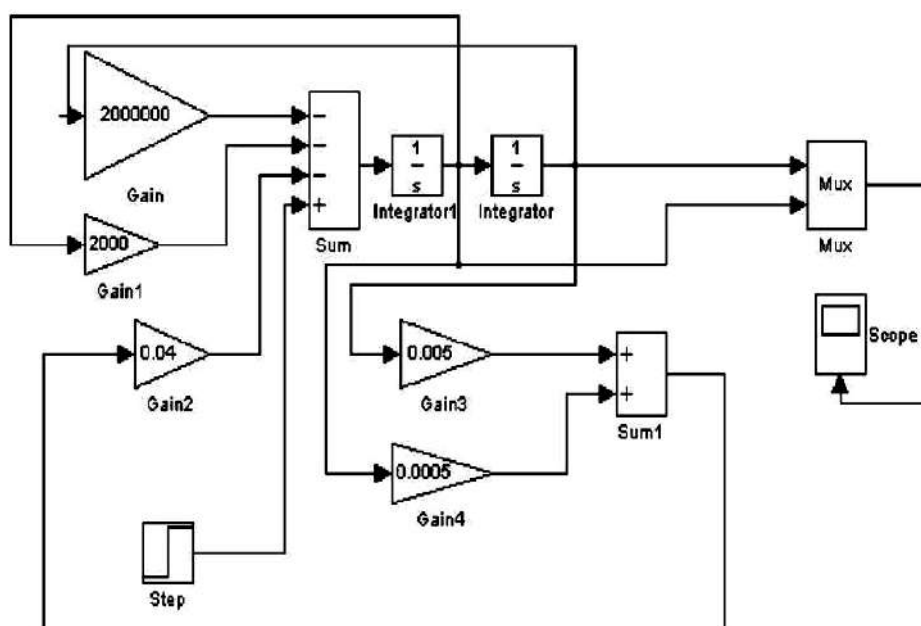
- реакцияны өзгерту немесе басқару энергиясын тұтыну туралы шешім және қажет болған жағдайда келесі итерациялық процесті бастау.

1-суретте көрсетілген құрылым үшін реттегіш синтезінің мысалын сандық іске асыру келесі параметрлер үшін жасалды: $M = 20000 \text{ Н}$, $\varepsilon = 1/7$, $r = 25$. Бұл жағдайда ε және r шамалары пластинаның сыртқы контурын сипаттайтын теңдеуге енеді [9, 10]:

$$x = r(\cos \vartheta + \varepsilon \cos m\vartheta); z = r(\sin \vartheta - \varepsilon \sin m\vartheta),$$

мұндағы ϑ – контур параметрі.

Matlab LQR бағдарламасының көмегімен жасалған реттегіш синтезі мәселесін іске асырудың сұлбасы 3-суретте көрсетілген.



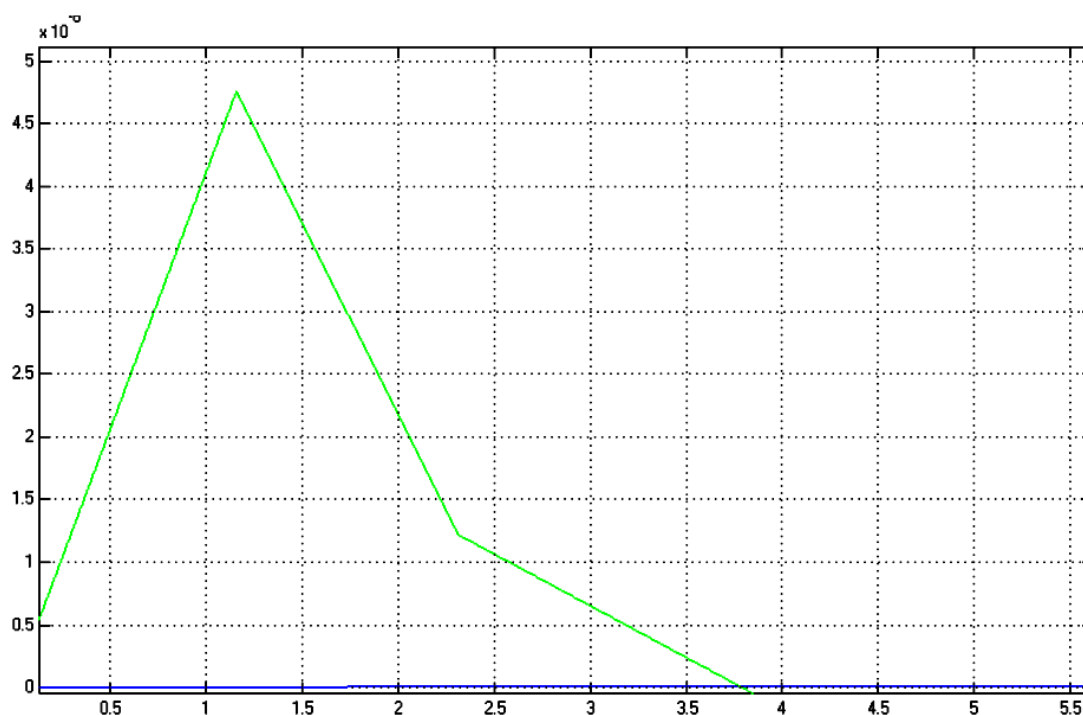
Сурет 3 – Тербелмелі қос байланысты пластина реттегішінің синтезі іске асырудың сұлбасы

3-суретте көрсетілген сұлба Коши түріндегі қозғалыс теңдеулері үшін реттегіш синтезін іске асырады:

$$\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = 200000x_1 - 2000x_2 + 0,04u, u = -0,005x_1 - 0,0005x_2$$

Қарастырылып отырған құрылымға лезде ауытқудың әсері кезінде өтпелі процесс 4-суретте көрсетілген келесі көрініске ие болады. Бұл суретте абсцисса осі бойынша секундтардағы уақыт, ал ординаттар осі бойынша м/с-тардағы координаттың және қаттылық жиегінің жазықтықтан орын ауыстыру координатының өзгеру жылдамдығы берілген. Бұл кезде іс жүзінде ешқандай қозғалыс жоқ, бұл реттеудің жоғары сапасын көрсетеді.

Осылайша, қос байланысқан пластинаның тербелмелі процесін басқару мәселесі шешілді. Алынған нәтиже басқарудың жоғары тиімділігін көрсетеді. Алайда, энергияны басқаруға жұмсалатын шама және қарастырылып отырған әдістің осыған байланысты құны туралы мәселе ашық күйінде қалады.



Сурет 4 – Пластинадағы өтпелі процесс

Әдебиеттер

1. Овчинников И.Г., Ковырягин М.А. Использование принципов активного управления конструкцией в транспортных сооружениях // Транспортное строительство. – 2000. – №6. – С. 7-9.
2. Ковырягин М.А. Новый подход к линейной фильтрации и предсказанию проблем / Перевод с англ. R.E.Kalman. // ASME. Journal of the Engineering. – 1960. – №3. – P. 35-45. Перевод-201. ГОНТИ 603. – 1969. – 42 с.
3. Soong T.T. Active Control: Theory and Practice. Longman Scientific and Technical. Essex, England, Wiley. New York, 1990.
4. Soong T.T., Manolis D.B. Active structures // Journal of structural engineering. V. 113. 1987. – №11. – P. 2290-2310.
5. Телтаев Б.Б., Мұртазин Б.С., Қиялбаев Ә.Қ. Жол төсемелерін жобалау, салу және пайдалану. Оқу құралы. – Алматы: ҚКЖКА, 2004.
6. Dineva P., Ivanova J., Hadjиков L. On the choice of matrices Q, R and B in the optimal structural control problem // Proc. Int. Conf. Comput. Eng. Sci, Atlanta, Ga, Apr. 10-14, 1988. V. 2 / Comput. Mech.'88: Theory and Appl. Berlin. 1988. С. 47.IV.1. 47.IV.2.
7. Мирзабаев С.А., Квашнин М.Я. Алгоритм обработки измеренных параметров вибрации железнодорожного пути при воздействии экипажа // Материалы XVIII Международной научно-практической конференций «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», посвященной 140-летию юбилею М.Тынышпаева. – 2019. – Том 3. – С. 162-167.
8. Рябиков Н.А. Современные методы обоснования развития сети автомобильных дорог / Н.А. Рябиков, Н.Х. Байбулатова // Бюллетень транспортной информации. – 2000. – №59. – С. 14.
9. Карпов Б.Н. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. Учебник. – Москва, 2012.
10. Елисеев С.Ю. Государственно-частное партнерство в транспортном секторе. Зарубежный опыт / С.Ю. Елисеев, В.В. Максимов // ВКСС Connect. – 2008. – №2.

References

1. Ovchinnikov I.G., Kovyryagin M.A. The use of the principles of active design management in transport structures // Transport construction. – 2000. – № 6. – pp. 7-9.
2. Kovyryagin M. A.A new approach to linear filtering and problem prediction / Translated from English by R. E. Kalman. // ASME. Journal of the Engineering. – 1960. – № 3. – pp. 35-45. Translation-201. GONTI 603 – 1969 – 42 p.
3. Soong T.T. Active Control: Theory and Practice. Longman Scientific and Technical. Essex, England, Wiley. New York, 1990.
4. Soong T.T., Manolis D.B. Active structures // Journal of structural engineering. V. 113. 1987. – №11. – P. 2290-2310.
5. Teltaev B.B., Murtazin B.S., Fantanbayev A.K. design, construction and operation of road surfaces. Training manual. – Almaty: KKZK, 2004.
6. Dineva P., Ivanova J., Hadjиков L. On the choice if matrices Q, R and B in the optimal structural control problem // Proc. Int. Conf. Comput. Eng. Sci, Atlanta, Ga, Apr. 10-14, 1988. V. 2 / Comput. Mech.'88: Theory and Appl. Berlin. 1988. C. 47.IV.1. 47.IV.2.
7. Mirzabaev S.A., Kvashnin M.Ya. Algorithm for processing the measured vibration parameters of the railway track under the influence of the crew // Materials of the XVIII International Scientific and practical conference "Innovative Technologies in transport: education, science, practice", dedicated to the 140th anniversary of the railway track. Tynyshpaeva. – 2019. – Volume 3. – pp. 162-167.
8. Ryabikov N.A., Baibulatova N.H. Modern methods of substantiating the development of the road network // Bulletin of transport information. – 2000. – № 59. – 14 p.
9. Karpov B.N. Fundamentals of construction, repair and maintenance of highways. Textbook. – Moscow, 2012.
10. Karpov B.N. Fundamentals of construction, repair and maintenance of highways. Textbook. – Moscow, 2012.

МИРЗАБАЕВ С.А. – докторант PhD (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

ИБРАГИМОВ О.А. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ТОЙГОЖИНОВА А.Ж. – PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

КВАШНИН М.Я. – к.т.н., ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТА МОСТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация

Поставлена задача синтеза регулятора напряженно-деформированного состояния элемента мостовой конструкции в виде пластинки сложного очертания. Показана высокая эффективность работы регулятора на примере импульсного воздействия. Приведены результаты численного расчета для конкретных размеров конструкции.

Ключевые слова: двухсвязная пластинка, системы с одной степенью свободы, программы Matlab LQR, схема реализации синтеза регулятора, внешнее воздействие, синтез оптимального регулятора.

MIRZABAEV S.A. – PhD student (Almaty, Academy of logistics and transport)
IBRAGIMOV O.A. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)
TOIGOZHINOVA A.Z. – PhD, assoc. professor (Almaty, Academy of logistics and transport)
KVASHNIN M.Ya. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Academy of logistics and transport)

AUTOMATIC SYSTEM FOR REGULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF A BRIDGE STRUCTURE ELEMENT

Abstract

The problem of synthesizing a regulator of the stress-strain state of a bridge structure element in the form of a plate with a complex shape is posed. The high efficiency of the regulator is shown on the example of impulse action. The results of numerical calculations for specific dimensions of the structure are presented.

Key words: doubly connected plate, systems with one degree of freedom, Matlab LQR programs, controller synthesis implementation scheme, external influence, optimal controller synthesis.

УДК 621.39.075

СУЛТАНГАЗИНОВ С.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)
БАЙДЕЛЬДИНОВ У.С. – к.ф.-м.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)
ДАРАЕВ А.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)
ТОКСАНБАЕВА Б.А. – магистрант (г. Актобе, Актюбинский университет им. С.Баишева)

МОДЕЛЬ РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ – ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

Аннотация

Рассматриваются структурные схемы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с двумя и с одним входами. Структурная схема двигателя с одним входом дает возможность создать систему регулирования напряжением на статоре двигателя.

В системе регулирования используются нелинейные звенья для обеспечения соответствующего качества переходных процессов скорости и момента двигателя. Приведены графики переходных процессов скорости и электромагнитного момента двигателя. Дается программа расчета переходных процессов скорости и момента двигателя на алгоритмическом языке MATLAB.