

ӘОК 681 5 9 7558

## КЕМЕ БАҒЫТЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

**Зекенова Г.З., Амиржанова З.Б.**

*gulsanat\_97\_urdjar@mail.ru, zinara\_amir@mail.ru*

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі - Д.К. Сатыбалдина

Қазіргі уақыта теңіз және өзен кемелерінде басқа автоматты жүйелермен қатар кемелің бағыт бойынша қозғалысын автоматты басқару жүйелері кеңінен қолданылады. Олар сондай-ақ авторөлдегіштер деп те аталады. Бұл жүйелер кеме автоматикасында ең маңызды және жауапты жүйелер болып табылады. Теңізде жүзудің қауіпсіздігі және кемелердің техника-экономикалық көрсеткіштері осы жүйелердің сапасы мен сенімділігіне тәуелді.

Бағытты басқару есептері аясында сәйкесінше бірінші және екінші ретті Номото математикалық модельдері қолданылады [1]:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 r}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{dr}{dt} + r = K(\delta + T_0 \frac{d\delta}{dt}) \quad (1)$$

$$T_2 T \frac{dr}{dt} + r = K\delta \quad (2)$$

Мұндағы  $T_0, T_1, T_2, K$  коэффициенттері– константалар,  $r$  – кемеңің бұрыштық жылдамдығы (жорту жылдамдығы) [град/с],  $\delta$  – рөл қалақшасының бұрылу бұрышы [град].  
 Номото теңдеулері келесі беріліс функциялары түрінде көрсетіле алады: [2,3]:

$$W(s) = \frac{K(T_0s+1)}{s(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (3)$$

$$W(s) = \frac{K}{s(Ts+1)} \quad (4)$$

Кемеңің бағыт бойынша қозғалысын сипаттау үшін Номото математикалық моделін қолданамыз.

Әр түрлі сұлбалық жүзеге асырулардың және элементтік базаның болуына қарамастан, қазіргі таңда кемеде қолданылатын отандық және шетелдік кемеңің бағыт бойынша автоматты басқару жүйелерінде объектіні автоматты тұрақтандыру міндеттерін шешуде ПИД-регуляторлар қолданылады. Оларды қолдану математикалық модельдерін анықтау қиын күрделі динамикалық объектілер мен өнеркәсіптік процесстерді басқарудағы жеткілікті тиімділігімен негізделеді [4,5].

Нақты басқару жүйелерінің жұмысында кіріс сигналдар мен кедергілердің сипаттамалары айқын емес болатын немесе уақыт бойынша жеткілікті өзгермейтін жағдайлар жиі болады. Басқару жүйелерінің өздерінің параметрлері кездейсоқ өзгерістерге жиі ұшырайды. Осылайша іс жүзінде жұмыс жағдайының өзгермейтіндігіне негізделіп жобаланған басқару жүйесінің сапасы күтілген сападан әлдеқайда төмен болуы мүмкін. Мұндай жағдайды болдырмас үшін бағалау алгоритмі қолданылады.

Кеме бағытын автоматты басқару жүйелерінде Калман фильтрі кеңінен қолданылады[6]. Ол кемеңің бағыттан ауытқуына қойылатын толқындық жорту фильтрінің рөлін атқарады.

Динамикалық жүйеңің моделі келесі түрге ие болсын:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) + B(t)u(t) + G(t)w(t),$$

$$z(t) = H(t)x(t) + v(t) \quad (5)$$

мұнда сәйкесінше күй, басқару және қоздырушы әсерлер матрицалары;  $H$  – белгілі өлшемдер матрицасы;  $t \in [t_0, \infty)$  тәуелсіз айнымалы (уақыт).  $x(t)$  бағаланатын фазалық векторының бастапқы мәні үшін статистикалық сипаттамалар келесідей:

$$E[x(t_0)] = \hat{x}(t_0), E[x(t_0)x(t_0)^T] = P(t_0) \quad (6)$$

$w(t)$  жүйеге әсер ететін қоздырғыштар және  $v(t)$  бақылау нәтижелеріне әсер ететін шу (бақылау қателіктері) ақ гаусстық шулар болып табылады. Олардың сипаттамалары төмендегідей:

$$E[w(t)] = 0, E[w(t)]w(\tau)^T] = Q(t)\delta(t - \tau)$$

$$E[v(t)] = 0, E[v(t)]v(\tau)^T] = R(t)\delta(t - \tau) \quad (7)$$

–мұндағы  $\delta(t - \tau)$  Дирак дельта-функциясы.

Калман фильтрін келесі қатынастар анықтайды:

$$K = PH^T - R^{-1}$$

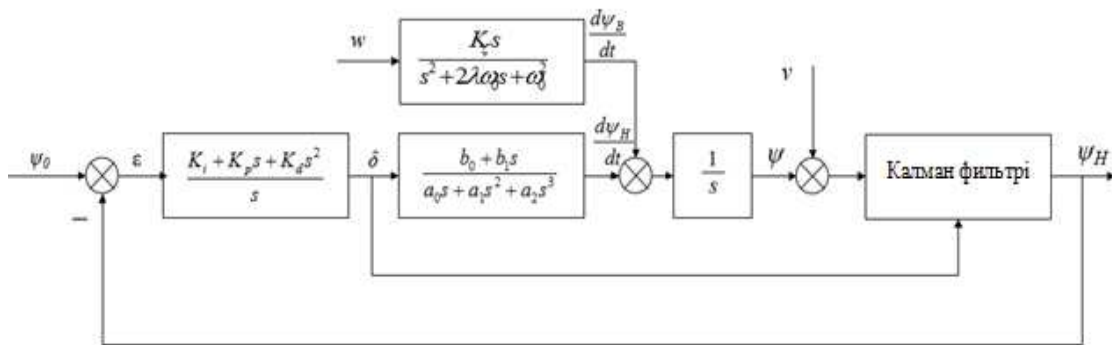
$$\dot{P} = AP + PA^T + GQG - KRK^T$$

$$\hat{x}(I - KH)A\hat{x} + (I - KH)Bu + Kz \quad (8)$$

Спектрі төмендегідей қоздырғыш әсерлер кезіндегі жүйені қарастырайық:

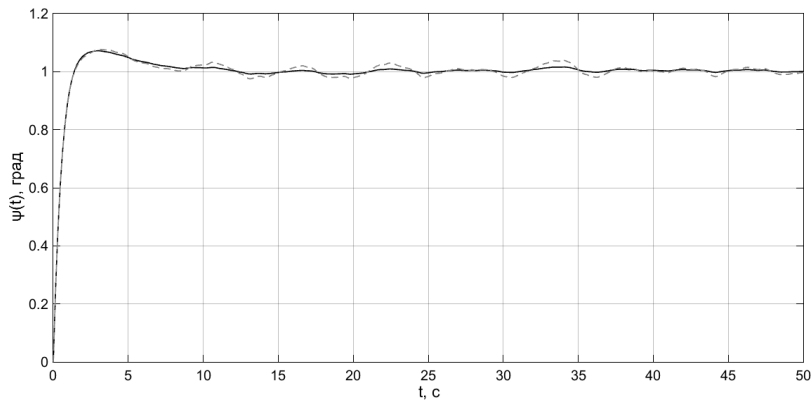
$$H_{\zeta}(s) = \frac{0.308s}{s^2 + 0.447s + 0.8596} \quad (9)$$

Толқындық құраушының әсерін азайту үшін жүйеге Калман фильтрін қосамыз [7,8,9] (сурет 1).



Сурет 1 – Кеме бағытын АБЖ және Калман фильтрінің құрылымдық сұлбасы.

Өтпелі сипаттама бұл жағдайда келесі түрге ие болады (Сурет 2):



Сурет 2 – Калман фильтрін қолданған кездегі (тұтас сызық) және фильтрсіз (үзік сызық) өтпелі сипаттамалар графиктері

Калман Фильтрі  $\psi(t)$  бағыттық бұрыштың сипаттамасын «тегістеді». Осының нәтижесінде процесстің сапасын сипаттайтын қарастырылған шамалар азайды.

$$t_{nn} = 11.1 \text{ c}$$

$$\mu = \frac{h_{\max} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} \times 100\% = 6.4\% \quad (10)$$

**Қолданылған әдебиеттер тізімі**

1. Julier, S.J. Corrections to unscented filtering and nonlinear estimation / S.J. Julier, J.K. Uhlmann // Proceedings of the IEEE. – 2004. – 92(12). – P. 1958–1959.
2. Справочник по теории корабля: В 3 т. / Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985.
3. Fossen, T.I. Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control / T.I. Fossen – John Wiley & Sons Ltd., 2011. – 575 p.
4. Поздняков, С.И. Сравнение математических моделей с точки зрения коэффициентов влияния / С.И. Поздняков, Ю.И. Юдин // Вестник Мурманского гос. техн. ун-та, 2006. – т. 9. С. 241–245
5. Вагущенко, Л.Л. Системы автоматического управления движением судна / Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
6. Браммер, К. Фильтр Калмана-Бьюси / К. Браммер, Г. Зиффлинг. Пер. с нем. – М.: Наука, 1982. – 257 с
7. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс.- СПб.: Питер, 2005.- 512 с.
8. MATLAB 6.5 SP1/7.06 Simulink 5/6 в математике и моделировании. – М7: СОЛОН-Пресс6 2005.
9. D.K. Satybaldina, Zekenova G. Z. Development of ship course stabilization system // Национальная ассоциация ученых. Ежемесячный научный журнал. - Екатеринбург, 2017. - №6(33). - С.41-43.