



## PARAMETRIK NOANIQLIKLAR MAVJUDLIGI SHAROITIDA ETALON MODELI ADAPTIV BOSHQARUV TIZIMLARI ROSTLAGICHLARINI SINTEZLASH ALGORITMLARI

**Botirov To'liqin Vafqulovich** - DSc., Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Avtomatlashtirish va boshqaruv" kafedrasida professori,  
**Sobirova Anora Zoyirovna** - Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti magistranti.

**Annotasiya.** Ushbu maqolada parametrik noaniqliklar mavjudligi sharoitida etalon modeli boshqaruv tizimlari rostlagichlarini sintezlash algoritmlarini aniqlash masalalari ko'rib chiqilgan. Ushbu algoritmlar boshqarish maqsadiga erishish uchun parametrik noaniqliklarga qarab boshqaruvchi ta'sirlarni qanday o'zgartirish kerakligini aniqlaydi. Ko'rib chiqilgan yondashuv etalon modeli adaptiv boshqarish tizimlarining aniqligini oshirishga va uning barqarorligini ta'minlashga imkon beradi.

**Kalit so'zlar.** Parametrik noaniqliklar, etalon model, boshqaruv tizimlarini sintezlash, obyekt modeli, holat tenglamasi.

## АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ ПРИ НАЛИЧИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

**Ботиров Тулкин Вафокулович** - DSc., профессор кафедры "Автоматизация и управление" Навоийского государственного горно-технологического университета,  
**Магистрантка Собирова Анора Зоировна** – магистрант Навоийского государственного горно-технологического университета.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы определения алгоритмов синтеза эталонной модели адаптивных систем управления в условиях параметрической неопределенности. Эти алгоритмы определяют, как изменить управляющие воздействия в зависимости от параметрической неопределенности для достижения целей управления. Рассматриваемая методика позволяет повысить точность и стабильность адаптивных систем управления за счет оптимизации эталонной модели.

**Ключевые слова.** Параметрическая неопределенность, эталонная модель, синтез систем управления, модель объекта, состояние системы

## ALGORITHMS FOR THE SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS FROM A REFERENCE MODEL IN THE PRESENCE OF PARAMETRIC UNCERTAINTY



**Botirov Tulkin Vafokulovich** - Prof., Doctor of Technical Sciences Department of Automation and Control, Navoi State University of Mining and Technology  
**Sobirova Anora Zoyirovna** - Master's student Navoi State University of Mining and Technology.

**Annotation.** This article discusses the synthesis algorithms of control systems based on the etalon model in the presence of parametric uncertainties. These algorithms determine how to modify the control influences based on the parametric uncertainties to achieve the management goal. The proposed approach enhances the accuracy and stability of the adaptive control systems.

**Key words.** Parametric uncertainties, etalon model, synthesis of control systems, object model, state equation.

**Kirish.** Dinamik ob'ektni apriori parametrik noaniqlik sharoitida boshqarish vazifasi yangi emas. Adaptiv boshqarishga asoslangan masalasini hal qilishning ko'plab usullari mavjud, ammo bu muammoga qiziqish so'nmaydi. Yana bir muammo - noma'lum tashqi g'alayonlar mavjud bo'lganda dinamik tizimni boshqarish usullarini izlanadi. Ushbu muammoni hal qilish uchun turli xil yondashuvlar va usullarni taklif qiluvchi ko'plab nashrlar mavjud bo'lib, ular g'alayonlar va uning hosilalari haqida ma'lum baholarni olishga asoslangan. Boshqarish ob'ektiga qo'llaniladigan o'lchovsiz tashqi g'alayonlar etalon modelining chiqishi bilan ob'ektning chiqishini kuzatishda sezilarli xatolikka olib kelishi mumkin. Ushbu maqolada tashqi g'alayonlar mavjudligi sharoitida etalon modeli boshqaruv tizimlarini sintezlash algoritmlarini ishlab chiqishga bag'ishlangan bo'lib, unda kuzatuv xatosi berilgan qiymatdan oshmaydi. Uni qurishga yondashuv cheksiz miqdordagi garmonikalarning yig'indisi bo'lgan tashqi buzilish uchun boshqaruvchi sintezi protsedurasidan foydalangan holda ob'ektni va yopiq tizimni aniqlashga asoslangan. Ob'ektlarga cheksiz miqdordagi garmonikalar yig'indisi shaklida noma'lum chegaralangan tashqi g'alayon qo'llaniladigan etalon modeliga ega tizimlarda adaptiv boshqaruvni qurish usuli taklif etiladi. Ushbu adaptiv boshqaruv etalon modelining chiqishi uchun ob'ektning chiqishini kuzatishning berilgan aniqligini ta'minlaydi. Tenglama bilan tasvirlangan ob'ektni boshqarish masalasini ko'rib chiqamiz

$$a(p)y(t) = b(p)u(t) + f(t) \quad (1)$$

bu yerda ;  $p = \frac{d}{dt}$ ;  $a(p) = p^n + \sum_{i=0}^{n-1} a_i p^i$ ,  $b(p) = \sum_{i=0}^k b_i p^i$ ,  $m < n$ ,  $a_i$  va  $b_i$  - noma'lum doimiy koeffitsientlar [1] ( $a_n \neq 0$ ),  $u(t)$  va  $y(t)$  - ob'ektning o'lchanadigan kirishi va chiqishi (skayar kattaliklar) va  $f(t)$  - tashqi g'alayon. Bundan tashqari, soddalik uchun  $k = n - 1$ , tebranish  $f(t)$  cheklangan, o'lchovsiz, poligarmonik funktsiyadir [2].

$$f(t) = \sum_{i=1}^{\bar{1}} f_i \sin(\omega_i^f t + \phi_i^f) \quad (2)$$

Bu yerda,  $\omega_i^f, \phi_i^f (i = \bar{1})$  noma'lum chastotalar va fazalar, amplitudalar  $f_i (i = \bar{1})$  esa tengsizlikni qanoatlantiruvchi noma'lum sonlardir.

$$\sum_{i=1}^{\bar{1}} |f_i| = f^*$$

Quyidagi tenglama bilan tavsiflangan etalon modelining chiqishi  $y_m(t)$  bo'lsin

$$a_m(p)y_m(t) = b_m(p)r(t) \quad (4)$$

bu yerda  $p = \frac{d}{dt}$ ;  $a_m(p) = p^{n_m} + \sum_{i=0}^{n_m-1} a_{m,i} p^i$ ,  $b_m(p) = \sum_{i=0}^{k_m} b_{m,i} p^i$ ,  $a_{m,i}$  va  $b_{m,j} (i = \overline{0, n_m}, j = \overline{0, k_m})$  noma'lum doimiy koeffitsientlar.  $r(t)$  va  $y_m(t)$  modelning kirish va chiqishi.  $r(t)$  - topshiriq beruvchi sigal bo'lib, u ham cheklangan poligarmonik funktsiyadir

$$r(t) = \sum_{i=1}^{\bar{1}} r_i \sin(\omega_i^r t + \phi_i^r) \quad (5)$$



Qaysi  $\omega_i^r, \phi_i^r, (i = \overline{1, N})$  noma'lum chastotalar va fazalar, amplitudalar esa  $r_i (i = \overline{1, N})$  tengsizlikni qanoatlantiruvchi noma'lum sonlardir.

$$\prod_{i=1}^N |r_i| = r^* \quad (6)$$

$r^*$  - o'zgaruvchi son.

$$t \rightarrow \text{da } e(t) = |y(t) - y_m(t)| \rightarrow 0 \quad (7)$$

(7) shart bajarilishi uchun  $u(t)$  boshqaruvchini tanlash talab qilinadi.

Quyidagi tenglama  $u(t)$  tomonidan tasvirlangan boshqariluvchi tomonidan tuzilgan

$$a_c(p)u(t) = b_c(p)e \quad (8)$$

Vaqt momentigacha, nazorat qismli doimiy koeffitsientlar bilan tavsiflangan adaptive boshqaruvchi tomonidan shakllantiriladi [3].

$$a_c^i(p)u = b_c^i(p)e + v^i, \quad t_{i-1} < t < t_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (9)$$

Bu tenglamada  $i (i = \overline{1, N})$ , - adaptatsiya oralig'ining soni, -  $t_i$  -chi intervalning  $t_i$  tugash momenti, raqamlar  $i$ , shuningdek  $N$  - raqam adaptatsiya jarayonida,  $v(t)$  - ma'lum sinov signali [4].

Vaqtinchalik moslashish tugagandan so'ng,  $t_N$  boshqaruvchining koeffitsientlari (8):

$$a_{c,i} = a_{c,i}^{[N]}, b_{c,j} = b_{c,j}^{[N]}, \quad i = \overline{1, n_c}, \quad j = \overline{1, k_c} \quad (10)$$

Boshqaruvchi (9) koeffitsientlarini shunday adaptatsiya [5] algoritmini topishdan iboratki, ma'lum bir vaqt nuqtasidan boshlab ob'ekt va etalon modeli  $t_N$  o'rtasidagi farq  $e(t)$  kuzatuv aniqligi (7) shartni qanoatlantiradi.

Ob'ekt (1) tenglamasining koeffitsientlari ma'lum bo'lsin. Kuzatuv aniqligi (7) talabini qanoatlantiradigan boshqaruvchi (8) quraylik. Bir tenglamaga  $a_m(p)$  hadmahad ko'paytiramiz,

$$a_m(p)a(p)y(t) = a_m(p)b(p)u(t) + a_m(p)f(t) \quad (11)$$

$$a(p)a_m(p)y_m(t) = a(p)b_m(p)r(t) \quad (12)$$

(4) tenglamaga esa  $a(p)$  hadmahad ko'paytiramiz va hosil bo'lgan natijalarni ayirib,

$$a_m(p)a(p)y(t) - a(p)a_m(p)y_m(t) = a_m(p)b(p)u(t) + a_m(p)f(t) - a(p)b_m(p)r(t) \quad (13)$$

$$a_m(p)a(p)(y(t) - y_m(t)) = a_m(p)b(p)u(t) + a_m(p)f(t) - a(p)b_m(p)r(t) \quad (14)$$

(7) dan foydalanib (14) ni

$$a_m(p)a(p)(y(t) - y_m(t)) = a_m(p)b(p)u + a_m(p)f(t) - a(p)b_m(p)r(t) \quad (15)$$

kengaytirilgan tenglamani olamiz.

$$\tilde{a}(p)e(t) = \tilde{b}(p)u(t) + h(p)r(t) + a_m(p)f(t) \quad (16)$$

bu yerda

$$\tilde{a}(p) = a(p)a_m(p), \tilde{b}(p) = b(p)a_m(p), h(p) = -a(p)b_m(p) \quad (17)$$

ushbu tenglamadan o'zgaruvchini  $u(t)$  yo'qotish uchun (8) dan foydalanamiz va yopiq tizim tenglamasini olamiz [6].

$$a_z(p)e = h_z(p)r + m_z(p)f \quad (18)$$

bundan

$$a_z(p) = \tilde{a}(p)a_c(p), -\tilde{b}(p)b_z(p), h_z(p) = a_c(p)h(p), m_z(p) = a_c(p)a_m(p) \quad (19)$$

(18) tenglamani quyidagicha yozamiz

$$e = K_{er}(p)r + K_{ef}(p)f \quad (20)$$

bu yerda topshiriq beruvchi va g'alayonlantiruvchi ta'sirlar hamda kuzatuv xatosi bilan bog'liqlashtirish funktsiyalari ko'rinishiga ega bo'ldi.

$$K_{er}(p) = \frac{h_z(p)}{a_z(p)} = \frac{a_c(p)b_m(p)a(p)}{a_m(p)[a(p)a_c(p) - b(p)b_c(p)]} \quad (21)$$



$$K_{er}(p) = \frac{m_z(p)}{a_z(p)} = \frac{a_c(p)a_m(p)}{a_m(p)[a(p)a_c(p) - b(p)b_c(p)]} \quad (22)$$

Bu uzatish funksiyalarining sonlarining nisbati tengsizlikni qanoatlantiradi

$$\frac{|b_m(j\omega a(j\omega))|}{|a_m(j\omega)|} \frac{f^*}{r^*}, 0 \quad (23)$$

**Xulosa:** Agar obyektning (1) koeffitsientlari ma'lum bo'lsa, masalani hal qiladigan boshqaruvchini qurishga imkon beradi. Agar ular noma'lum bo'lsa, ularni aniqlash va ushbu koeffitsientlarni baholashdan foydalanib, kerakli boshqaruvchining polinomlarini qurish kerak. Identifikatsiya qilish jarayonida ob'ektning chiqishi etalon modelining chiqishi bilan taqqoslandi va shuning uchun identifikatsiya vaqti [9] minimal bo'lishi kerak. Shu maqsadda birinchi moslashish oralig'ida obyekt koeffitsientlarining taxminiy baholari topiladi, ular faqat stabillashadigan regulyatorni (tizimning asimptotik barqarorligini ta'minlaydigan boshqaruvchi) qurish uchun yetarli.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Botirov, T.V., Latipov, S.B., & Buranov, B.M. (2020, April). About one synthesismethodfor adaptive control systems with reference models. InJournal of Physics: Conference Series (Vol. 1515, No. 2, p. 022078). IOP Publishing.
2. Botirov, T. V., Latipov, S. B., Buranov, B. M., & Barakayev, A. M. (2020, May). Methodsfor synthesizing adaptive control with reference models using adaptive observers. InIOPConference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 862, No. 5, p. 052012). IOPPublishing.
3. Botirov T V, Latipov S B and Buranov B M 2021 Mathematical modeling of technologicalprocess in formalin production Journal of Physics: Conference Series 2094(2), 022052. DOI10.1088/1742-6596/2094/2/022052
4. Igamberdiev, X.Z., T.V. Botirov, and Sh B. Latipov. "Formalization of the problems of synthesizing adaptive control systems with reference models." Journal of Physics: Conferences Series. Vol. 2388. No. 1. IOP Publishing, 2022.
5. V. Botirov, SB Latipov - Научное обозрение: Актуальные вопросы теории и практики, Synthesis of interval self-adjusting regulators in adaptive control systems // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022 Издательство: Наукаи Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.) (Пенза) <https://elibrary.ru/item.asp?id=47743084>
6. Ботиров, Т., Латипов, Ш., Баракаев, А., & Намозов, Н. (2020). Синтез интервальных управляющих устройств в адаптивные системы управления с эталонной моделью. In Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений (pp. 231-234).
7. S.T.G'aniyev T.V. Botirov, Sh.B. Latipov, Sh.Z. Rayxanov, H.E. Yuldoshov (2020) Adaptive System for Controlling an Object with Input Saturation, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology
8. Igamberdiev, X. Z., Botirov, T. V., & Latipov, S. B. (2022, December). Formalization of the problems of synthesizing adaptive control systems with reference models. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2388, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
9. Латипов, Ш., & Хашимова, Ф. (2018). Абсорбционный спектральный анализ при контроле сорбционной технологии методами фотоколориметрии и спектрофотометрии. In Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений (pp. 484-488)