



SMITH EKSTRAPOLYATORLI INTELLEKTUAL ISSIQXONA BOSHQARUVI
INTELLIGENT GREENHOUSE CONTROL WITH A SMITH EXTRAPOLATOR

Yokubjonov Umidjon Yusufjon o'g'li

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Magistrant Master's Student at Tashkent State Technical University named after Islam Karimov Email: umidjony2001@gmail.com

Muxitdinov Djalolitdin Paxrritdinovich

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Professor Professor at Tashkent State Technical University named after Islam Karimov Email: muxitdino48@mail.ru

Annotatsiya: Mazkur maqolada issiqxona mikroiqlimini boshqarish tizimlarida transport kechikishlarini kompensatsiyalash muammosi o'rganiladi. An'anaviy PID-regulyatorlar sekin termodinamik jarayonlar va kechikishli tizimlarda barqaror ishlay olmaydi. Shu sababli, Smith ekstrapolyatori asosida intellektual boshqaruv yondashuvi ishlab chiqildi. Ushbu usul issiqxonadagi issiqlik-texnik jarayonlarni bashoratli modellashtirish orqali kechikishlarni bartaraf etadi, tizimning barqarorligini oshiradi va energiya sarfini kamaytiradi. Tadqiqot natijalari issiqxonalarda avtomatlashtirilgan boshqaruv sifatini yaxshilash hamda o'simliklar uchun optimal iqlim muhitini saqlash imkonini berishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Smith ekstrapolyatori, intellektual boshqaruv, issiqxona mikroiqlimi, transport kechikishi, PID-regulyator, Poncele–Chikoleva prinsipi, avtomatlashtirilgan tizim, energiya tejankorlik, issiqlik ta'minoti, bashoratli modellashtirish, robust boshqaruv, System View modellashtirish, mikroiqlim barqarorligi, aqlli issiqxona.

Abstract: This article examines the problem of compensating for transport delays in greenhouse microclimate control systems. Conventional PID controllers cannot operate stably in slow thermodynamic processes and systems with delays. For this reason, an intelligent control approach based on the Smith extrapolator has been developed. This method eliminates delays by predictive modeling of the greenhouse's thermal processes, increases system stability, and reduces energy consumption. The research results showed that it is possible to improve the quality of automated control in greenhouses and maintain an optimal climate environment for plants.

Keywords: Smith extrapolator, intelligent control, greenhouse microclimate, transport delay, PID regulator, Poncele-Chikoleve principle, automated system, energy saving, heat supply, predictive modeling, robust control, System View modeling, microclimate stability, smart greenhouse.

KIRISH

O'zbekiston hududidagi issiqxonalarning ko'pchiligi eskirgan boshqaruv tizimlari bilan jihozlangan bo'lib, ular issiqlik-texnik jarayonlarning sekin rivojlanishini to'liq qamrab ololmaydi. Issiqxona - katta havo hajmiga, issiqlik massalariga va inert xususiyatga ega tizim bo'lib, unda chiqish parametrlarining o'zgarishi kechikish bilan sodir bo'ladi. Bunday sharoitda boshqaruv tizimlarida transport kechikishi muhim rol



o'ynaydi. Transport kechikishi ijro mexanizmi ta'siri va sensor o'lchov oralig'idagi vaqt farqini ifodalaydi.

An'anaviy PID-regulyatorlar bunday tizimlarda to'liq barqarorlikni ta'minlay olmaydi. Shu sababli, Smith ekstrapolyatori asosida ishlab chiqilgan intellektual boshqaruv tizimi transport kechikishlarini modellashtirish orqali ularni kompensatsiyalaydi va tizimni kechikishsiz ishlovchi shaklga yaqinlashtiradi.

Maqolaning maqsadi issiqxona mikroiklimida Smith ekstrapolyatori yordamida PID-regulyatorni joriy etish, modellashtirish va tizim samaradorligini eksperimental tarzda baholashdan iborat.

METODIKA

Issiqxonaning matematik modeli

Issiqxona modeli issiqlik, yorug'lik, namlik va CO₂ konsentratsiyasi o'rtasidagi o'zaro ta'sirni inobatga olgan holda tuzildi. Modelda transport kechikishlari, tashqi muhit ta'siri, biologik omillar va sensor noaniqliklari hisobga olindi. Issiqxonaning issiqlik dinamikasi quyidagi umumiy tenglama bilan ifodalanadi:

$$T(t) = f(Q_{heat}, Q_{loss}, \tau_{delay})$$

bu yerda $T(t)$ – vaqt bo'yicha havo harorati, Q_{heat} – isitish manbai energiyasi,

Q_{loss} – issiqlik yo'qotilishi, τ_{delay} – transport kechikish parametri.

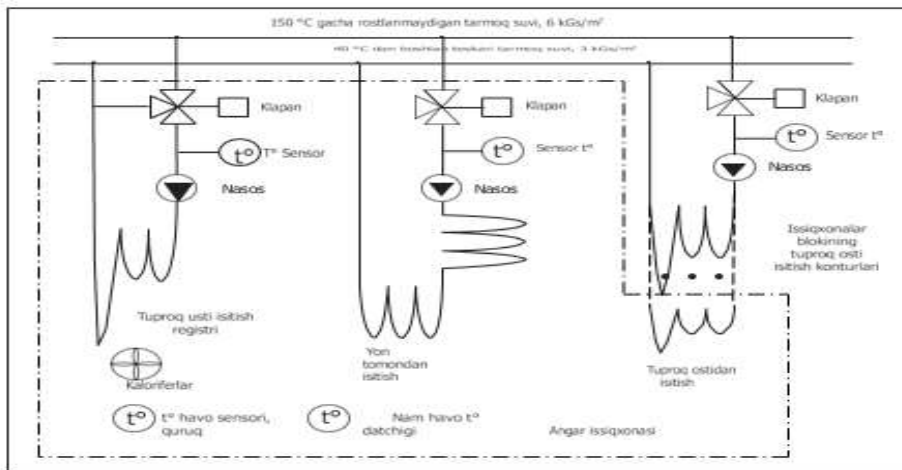
Issiqlik ta'minoti tizimi

Issiqxonaning matematik modeli asosiy issiqlik va iqlim jarayonlarini yetarli darajada ifodalashi kerak. Biroq, yorug'lik, harorat, namlik va o'simliklar o'rtasidagi nohiziqli o'zaro ta'sirlar, shuningdek, transport kechikishlari va noaniqliklar aniq modellashtirishni qiyinlashtiradi. An'anaviy PID-rostlagichlar har doim ham issiqxona tizimlarini boshqarish talablariga javob bermaydi.

Sekin issiqlik jarayonlariga xos bo'lgan katta transport kechikishlarini kompensatsiyalash uchun Smith ekstrapolyatorini qo'llash mumkin. Ushbu tadqiqotda Smith ekstrapolyatorli PID-rostlagich transport kechikishlarini qoplash uchun mo'ljallangan. Ushbu yondashuv tizim barqarorligini oshiradi, boshqaruv samaradorligini oshiradi, energiya sarfini kamaytiradi va zamonaviy intellektual boshqaruv tizimlariga mos keladi.

1-rasmida angar issiqxonasining issiqlik ta'minoti sxemasi tasvirlangan bo'lib, uning tarkibida tuproq usti isitish konturi, shuningdek, birgalikda yoki alohida chodirli va yon tomondan isitish konturi ko'rsatilgan.

Issiqxonadagi issiqlik tizimi uchta asosiy konturdan iborat: tuproq usti, chodirli va yon isitish konturlari. Har biri uch yo'lli klapanlar orqali boshqariladi, sirkulyatsion nasos issiqlik tashuvchini kontur bo'ylab harakatga keltiradi.



1-rasm. Angar issiqxonasining issiqlik ta'minoti sxemasi.

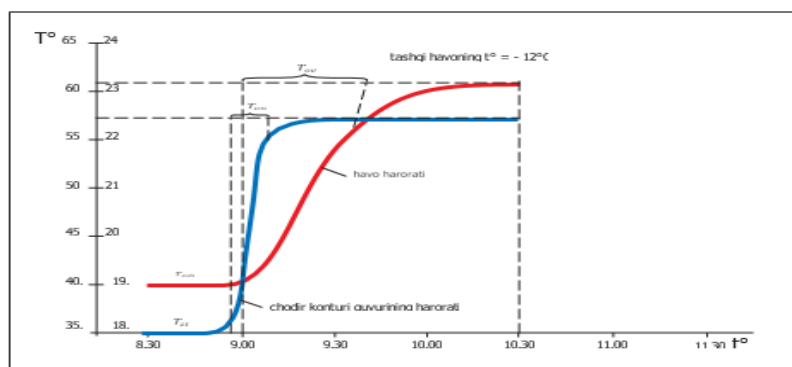
Rasmda tuproq usti, chodirli va yon isitish konturlari, issiqlik almashinuv yo'nalishlari va boshqaruvchi elementlar ko'rsatilgan.

Boshqarish signali sistemadan ijrochi mexanizmga - bu holda uch yo'lli isitish klapaniga beriladi. Uning ochilishi tarmoq suv ta'minoti magistralidan issiq suv aralashishi hisobiga issiqlik tashuvchining parametrlarini, asosan uning haroratini o'zgartiradi. Sirkulyatsion nasos issiqlik tashuvchining isitish konturi bo'ylab harakatlanishini ta'minlaydi. Sirkulyatsiya jarayonida issiqlik tashuvchi issiqxona ichidagi havoga issiqlik uzatuvchi quvurlarni isitadi. Konveksion oqimlar tufayli qizigan havo asta-sekin issiqxonaning butun hajmiga tarqaladi va ma'lum vaqt o'tgach, havo harorati sensori tomonidan qayd etiladi.

Bundan tashqari, issiqlik ta'minoti tizimida odatda ikki bosqichli variantda amalga oshiriladigan kaloriferli isitish qo'llanilishi mumkin. Uning transport kechikishi sezilarli emas, ammo agrotexnika talablariga ko'ra undan faqat kritik yoki avariya holatlarida foydalanish tavsiya etiladi. Issiqxonadagi havoni sovitish ham tabiiy, ham qulay ob-havo sharoitida fortochka ventilyatsiyasi orqali ta'minlanadi.

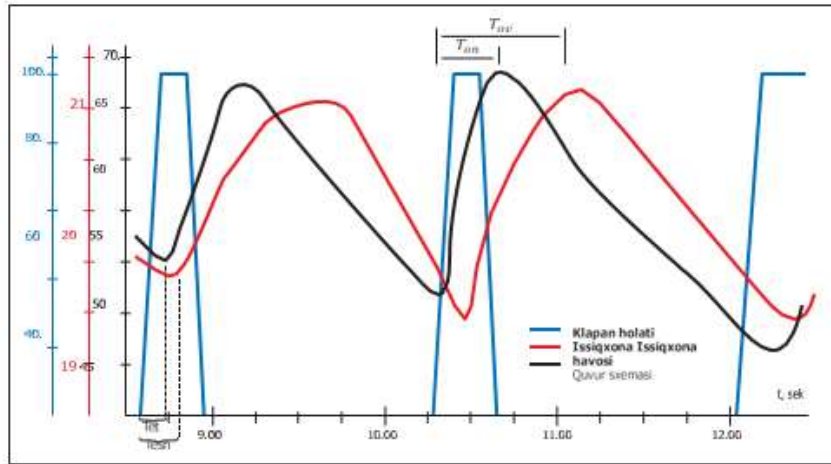
1- rasmda issiqxonada issiqlik ta'sirining vaqt bo'yicha tarqalish jarayoni isitish klapanining keskin ochilishiga reaksiya sifatida tasvirlangan. Tashqi havo harorati -12°C . T_{zsh} va T_{zt} vaqt oraliqlari transport kechikishini, T_{on} va T_{ov} kattaliklari esa quvurlar va havoning qizishi uchun vaqt doimiylarini ifodalaydi.

Issiqlik jarayonlari va kechikishlar Issiqlik ta'sirining vaqt bo'yicha tarqalishi, tashqi havo haroratiga nisbatan kechikish qiymatlari quyidagi grafikda aks ettirilgan.



2- rasm. Issiqxona ichida issiqlik ta'sirining vaqt bo'yicha tarqalish dinamikasi.

Tashqi harorat -12°C bo'lganda tizim reaksiyasi $Tzsh$ va $Tztt$ oralig'ida kechadi, tuproq usti va chodir konturlarining vaqt doimiylari deyarli bir xil ekanligi kuzatildi. Tizimning o'zgarmas parametrlarida tajriba o'tkazilganda, quyidagi holat kuzatildi: 3-rasmda kaloriferlar o'chirilganda tashqi havo ta'sirini kompensatsiyalashni ta'minlaydigan chodirli isitish konturining o'zgarmas parametrlarida dinamikada angar issiqxonasidagi vaziyat ko'rsatilgan. Tashqi havo harorati -14°C , to'g'ridan-to'g'ri quyosh radiatsiyasi yo'q.

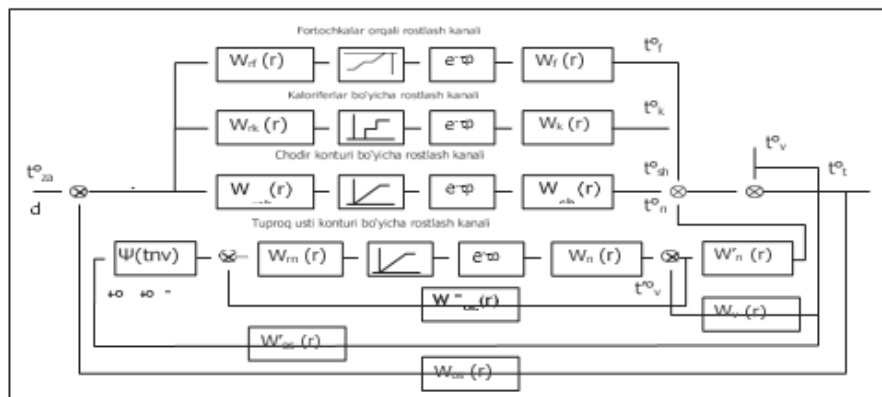


3-rasm. Chodirli isitish konturining o'zgarmas parametrlaridagi harorat grafigi.

Strukturaviy model:

Issiqxonani uzatish funksiyasi Simoyning integral usuli yordamida aniqlanadi. Jarayon parametrlarini taqqoslash shuni ko'rsatadiki, Tov va Ton vaqt doimiylari deyarli bir xil qiymatlarga ega, bu esa tezlanish egri chizig'idan eksperimental aniqlash imkonini beradi. Shundan kelib chiqib, uch konturli issiqlik ta'minoti va ventilyatsiya effektlarini o'z ichiga olgan issiqxona mikroiqlimini boshqarish tizimining strukturaviy sxemasi 4-rasmda keltirilgan.

Chodir konturi bo'ylab rostlash kanali $Wrsh(r)$ rostlagichni, to'yingan chiziqli bo'g'in bilan ifodalangan isitish klapanini, e-tr toza kechikish bo'g'inini va $Wsh(r)$ uzatish funksiyasini o'z ichiga oladi.

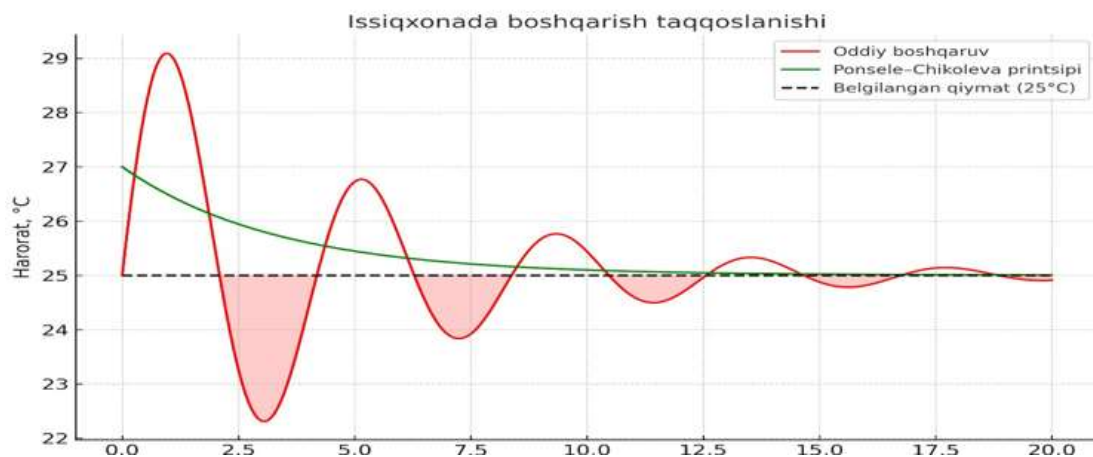


▲ 4-rasm. Angar issiqxonasini isitishni rostlashning strukturaviy sxemasi.

$$\begin{cases}
 t_l(p) = t_{sh}(p) + t_n(p) + t_k(p) - t_f(p) \pm t_v(p) \\
 \varepsilon(p) = t_z(p) - t_{os}(p) \\
 t_{os}(p) = t_v(p) * W_{os}(p) \\
 t_{sh}(p) = W_{rsh}(p) * K_{shk}(p) * e^{-\tau} * W_{sh}(p) * \varepsilon(p) \\
 t_k(p) = W_{rk}(p) * K_k(p) * e^{-\tau} * W_k(p) * \varepsilon(p) \\
 t_f(p) = W_{rf}(p) * K_f(p) * e^{-\tau} * W_f(p) * \varepsilon(p) \\
 t_{on}(p) = W''_{os}(p) \vee (t_l(p) - t'_v)
 \end{cases} \quad (1)$$

Poncele–Chikoleva prinsipi

Boshqaruv tizimida xatolikni vaqt bo'yicha integral maydoni orqali baholovchi Poncele–Chikoleva prinsipi qo'llanildi. U xatolik maydonini minimallashtirish orqali tizimning silliq va barqaror ishlashini ta'minlaydi.



4- rasm. Oddiy rostlash (qizil chiziq) va Poncele–Chikoleva tamoyili asosidagi boshqaruv (yashil chiziq) taqqoslanishi.

NATIJALAR

Issiqxona tizimining nochiziqlilik manbalari tahlil qilindi. Ushbu omillar fizik, biologik va tashqi muhit ta'siriga bog'liq bo'lib, harorat va namlik o'zgarishini murakkablashtiradi.



Issiqxona boshqaruv tizimidagi noxatolik (nolinelik) manbalari



5- rasm. Issiqxona tizimining noxiziqlilik manbalari.

Bunday sinfdagi obyektni boshqarishning asosiy muammosi chodirli va tuproq usti isitish konturlarida katta transport kechikishining mavjudligi, Transport kechikishi - bu tizimda ta'sir (signal, issiqlik, havo yoki suv oqimi) yuborilganidan keyin natija paydo bo'lishigacha o'tadigan vaqt oralig'i.

XULOSA

Tadqiqot natijalari Smith ekstrapolyatori asosidagi boshqaruv issiqxonalarda transport kechikishlarini kompensatsiyalash orqali mikroiqlimni barqarorlashtirishga xizmat qilishini isbotladi. Bu yondashuv tizimning aniqligini, tezkorligini va energiya tejamkorligini oshiradi. Poncele-Chikoleva prinsipi asosida xatolik integralini kamaytirish tizimni yanada barqaror qiladi.

Natijalar issiqxona xo'jaliklarida avtomatlashtirishni yangi bosqichga olib chiqish, ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshirish imkonini beradi.

Smit ekstrapolyatori bilan integratsiyalashgan PID-regulyator tizimning aniqligini oshiradi, ortiqcha tebranishlarni kamaytiradi va energiya sarfini optimallashtiradi. Bu esa issiqxona energetik samaradorligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Poncele-Chikoleva prinsipi asosida xatolik integral maydonining minimallashtirilishi boshqaruv tizimining barqarorligini yanada oshiradi, rostlash jarayonini silliqashtiradi va o'simliklarning fiziologik ehtiyojlariga muvofiq barqaror haroratni saqlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, taklif etilgan yondashuv issiqxona xo'jaliklarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini yangi bosqichga olib chiqadi. Bu tizim yordamida inson omilining ta'siri kamayadi, energiya tejamkorlik darajasi ortadi va ishlab chiqarish jarayoni ekologik jihatdan toza hamda iqtisodiy jihatdan foydaliroq bo'ladi. Kelgusida ushbu usulni aqlli tarmoq (Smart Greenhouse) texnologiyalari, neyron tarmoqlar va sun'iy intellekt algoritmlari bilan birlashtirish issiqxonalarda to'liq intellektual boshqaruv tizimini yaratish uchun keng imkoniyatlar ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Smith, O. J. M. (1957). Closed Control of Loops with Dead Time. Chemical Engineering Progress, 53(5), 217-219.



2. Åström, K. J., & Hägglund, T. (2006). Advanced PID Control. ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
3. Bequette, B. W. (2003). Process Control: Modeling, Design, and Simulation. Prentice Hall.
4. Van Straten, G., & van Willigenburg, L. G. (2002). Optimal Control of Greenhouse Cultivation. CRC Press.
5. Sigrimis, N., Arvanitis, K., & Pasgianos, G. (2001). Energy Saving Strategies in Greenhouse Climate Control Using Adaptive Predictive Control. Computers and Electronics in Agriculture, 31(1), 93–111.
6. Li, T., & He, D. (2018). Intelligent Control of Greenhouse Environment Using Smith Predictor and Neural Networks. International Journal of Automation and Smart Technology, 8(4), 253–262.
7. Poncele, G., & Chicoleva, M. (1985). Principes de la Régulation Intégrale. Paris: Lavoisier.
8. Albright, L. D. (1990). Environment Control for Animals and Plants. ASAE Monograph.
8. Uzenergoqurilish, O'zbekiston Respublikasi Energetika Vazirligi. (2021). Issiqxona energetik tizimlarini avtomatlashtirish bo'yicha me'yoriy hujjatlar to'plami. Toshkent.