DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

TOVUQXONALARDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANIB BUG‘LATIB SOVITISH QURILMALARI ORQALI HAVONI MO‘TADILLASHTIRISH

Toshpo‘latov I.A., *PhD, dotsent,*
Qo‘qon davlat universiteti,
Abduaziz uulu A., *PhD, dotsent,*
Namangan davlat texnika universiteti,
Sayfiddinov R.G‘., *tayanch doktorant.*
Qo‘qon davlat universiteti

Annotatsiya: *XXI asrda parrandachilik tarmog‘i rivojlanayotgan iqtisodiyotlar, jumladan O‘zbekiston uchun muhim ahamiyatga egadir. An’anaviy bug‘-kompressorli havoni mo‘tadillashtirish tizimlari ko‘p miqdorda birlamchi energiya sarflaydi hamda atrof-muhitga zararli xladagentlar (gazlar) chiqaradi. Ushbu maqolada parrandalarning issiqlik komfortini past xarajat bilan ta'minlash maqsadida uch xil bug‘latib sovitish tizimi - to‘g‘ridan-to‘g‘ri, bilvosita va Maisotsenko sikliga asoslangan tizim - tadqiq qilingan. Bunday tizimlar kam energiya talab qiladi, ekologik toza bo‘lib, ventilyator va nasoslarni quyosh paneli kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan quvvatlash imkonini beradi, bundan tashqari Maisotsenko sikliga asoslangan tizim havoning psixrometrik qayta tiklanuvchi energiyasidan foydalanadi. Tizimlar samaradorligi ho‘l termometr samaradorligi orqali, parrandalar komforti esa harorat-namlik indeksi orqali Multan iqlimi uchun baholandi. Parrandalardagi issiqlik ishlab chiqarish Pedersen modeli yordamida hisoblandi.*

Аннотация: *Птицеводство в XXI веке имеет огромное значение для развивающихся экономик, включая Узбекистан. Традиционные парокомпрессорные системы кондиционирования воздуха потребляют большое количество первичной энергии и выделяют вредные для окружающей среды хладагенты (газы). В данной работе исследуются три типа испарительных систем охлаждения – прямая, косвенная и цикл Майсотсенко – для обеспечения теплового комфорта птицы при низких затратах. Такие системы потребляют мало энергии, являются экологически чистыми и позволяют использовать возобновляемые источники энергии, такие как солнечные батареи, для питания вентиляторов и насосов; кроме того, система цикла Майсотсенко использует психрометрическую возобновляемую энергию воздуха. Эффективность систем оценивалась с помощью коэффициента эффективности по влажному термометру, а комфорт птицы – с помощью температурно-влажностного индекса для климата Мултана. Тепловыделение у птицы рассчитывалось с использованием модели Педерсена.*

Annotation: *The poultry industry in the 21st century is of great importance for developing economies, including Uzbekistan. Traditional steam-compressor air conditioning systems consume a large amount of primary energy and emit environmentally harmful refrigerants (gases). In this paper, three types of evaporative cooling systems - direct, indirect and Maisotsenko cycle - are investigated to provide thermal comfort to poultry at low cost. Such systems require low energy, are environmentally friendly, and allow fans and pumps to be powered by renewable energy sources such as solar panels; in addition, the Maisotsenko cycle system uses the psychrometric renewable energy of the air. The efficiency of the systems was evaluated using wet bulb efficiency, and the comfort of the poultry was evaluated using the temperature-humidity index for the Multan climate. Heat production in poultry was calculated using the Pedersen model.*

Kalit so’zlar: *bug‘latib sovitish, parranda (broyler), qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, issiqlik ishlab chiqarish, harorat-namlik indeksi, Maisotsenko sikli.*

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

Ключевые слова: *испарительное охлаждение, птицеводство (бройлеры), возобновляемая энергия, солнечная энергия, теплопроизводство, температурно-влажностный индекс, цикл Майсотсенко.*

Keywords*: evaporative cooling, poultry (broiler), renewable energy, solar energy, heat production, temperature-humidity index, Maisotsenko cycle.*

Kirish. Konditsionerlash (havoni mo‘tadillashtirish) - turli foydalanuvchilar uchun issiqlik komfortiga erishish maqsadida atrof-muhit havosining harorati va namligini boshqarish jarayonidir. U sovitish, isitish, namlash, namsizlantirish va ventilyatsiya kabi jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Konditsionerlashning qo‘llanilish sohasi faqat insonlarning issiqlik komforti bilan cheklanmaydi, balki qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va chorvachilik tarmog‘ini ham qamrab oladi. Chorvachilik qishloq xo‘jaligining ajralmas tarkibiy qismi sifatida O‘zbekiston kabi rivojlanayotgan iqtisodiyot uchun katta ahamiyatga ega bo‘lib, go‘sht va sut yetishtirish, shuningdek go‘sht va tuxum olish maqsadida parranda boqishni ham o‘z ichiga oladi.

Parranda fermalarida qushlarning optimal o‘sishi va samarali mahsuldorligini ta'minlash uchun atrof havoni sovitish va ventilyatsiya qilish zarur hisoblanadi. Parrandalar atrof-muhit havosi harorati va namligining ozgina o‘zgarishiga juda sezgir bo‘lib, ular tuxumdan chiqqan davridan boshlab go‘sht olinadigan bosqichgacha o‘sishning har bir davrida optimal harorat-namlik indeksini (THI) talab qiladi. Bu ko‘rsatkichdan chetlanish qushlarning stress holatiga tushishi, oziqa iste'molining kamayishi, o‘sish sur'atining pasayishi va, oxir-oqibat, fermer xo‘jaliklarining iqtisodiy zarar ko‘rishiga sabab bo‘ladi [1].

O‘zbekiston hududining aksariyat qismi, xususan Qashqadaryo, Surxondaryo, Buxoro va Farg‘ona vodiysi kabi parrandachilik ishlab chiqarishi rivojlangan viloyatlar uchun xarakterli bo‘lgan quruq kontinental iqlim - yozda havo harorati 40-45 °C darajaga yetadi, lekin nisbiy namlik odatda past bo‘ladi. Aynan shu sababli mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) bug‘latib sovitish tizimlari bunday sharoitda ancha samarali ishlaydi. Biroq bahor va kuz oylarida, ayniqsa qisqa muddatli yomg‘irli davrlarda havo namligining vaqtincha ko‘tarilishi mustaqil bug‘latib sovitish tizimining samaradorligini pasaytiradi. Shu bois bilvosita bug‘latib sovitish tizimi hamda Maisotsenko sikliga asoslangan sovitish tizimi kabi ilg‘or bug‘latib sovitish texnologiyalari O‘zbekiston sharoitida parrandachilik uchun yanada barqaror va ishonchli yechim bo‘lishi mumkin, chunki ular havoga to‘g‘ridan-to‘g‘ri namlik qo‘shmasdan, issiqlik almashinuvi orqali sovitishni amalga oshiradi.

Bug‘latib sovitish tizimlari, umuman olganda, O‘zbekistonning issiq va quruq iqlim sharoitida an'anaviy bug‘-kompressorli konditsionerlash tizimlariga nisbatan ancha energiya tejamkor, tuzilishi soddaroq, texnik xizmat ko‘rsatish jihatidan arzonroq va ekologik jihatdan toza hisoblanadi. Dunyo bo‘ylab keng qo‘llanilayotgan an'anaviy konditsioner tizimlari birlamchi energiyaning sezilarli qismini iste'mol qiladi va ozon qatlamiga zarar yetkazadigan xlorftoruglerod, gidroxlorftoruglerod hamda gidroftoruglerod birikmalarini atmosferaga chiqaradi. Bunga muqobil ravishda, bug‘latib sovitish tizimlari juda past uglerod iziga ega bo‘lib, ushbu jihat O‘zbekistonning "Yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi" va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha davlat siyosati bilan ham to‘liq mos keladi. Bundan tashqari, bunday tizimlarning ventilyator va suv nasoslari quvvati nisbatan kichik bo‘lgani sababli, ularni O‘zbekistonda quyosh energiyasi salohiyati yuqori bo‘lgan hududlarda (xususan janubiy va janubi-g‘arbiy viloyatlarda) quyosh fotoelektr panellari orqali oziqlantirish mumkin. Bu esa fermer xo‘jaliklarining elektr energiyasiga bog‘liqligini, ekspluatatsiya xarajatlarini va umumiy energetik yukni sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi - O‘zbekistonning issiq-quruq kontinental iqlim sharoiti uchun uch xil bug‘latib sovitish tizimi (mustaqil, bilvosita va Maisotsenko sikliga asoslangan)

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

samaradorligini qiyosiy baholash hamda ularning harorat-namlik indeksi nuqtai nazaridan parranda fermalarida issiqlik komfortini ta’minlashga yaroqliligini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot metodlari va materiallari. Harorat va namlikni boshqarish har qanday tirik organizmning issiqlik komforti uchun zarur shart hisoblanadi. Parrandalar ham sog‘lom o‘sishi va yuqori mahsuldorlikka erishishi uchun optimal harorat va nisbiy namlik sharoitini talab qiladi. Inson tanasidan farqli o‘laroq, parrandalarda tana issiqligini issiqlik stressi sharoitida tashqariga chiqaradigan ter bezlari mavjud emas. Issiqlik komfort zonasi (termoneytral zona) buzilganda, qushlar ortiqcha issiqlikni hansirash (tez-tez nafas olish) orqali atrof-muhitga chiqarishga harakat qiladi. Hansirash jarayonida qushlar nafas yo‘llari orqali atrof-muhitga qo‘shimcha namlik chiqaradi, bu esa ayni paytda ularning nafas olishini yanada qiyinlashtiradi va bo‘g‘ilish holatiga olib kelishi mumkin. Atrof-muhit maksimal issiqlik nuqtasiga (quruq termometr harorati ≥ 47 °C) yetganda, qushlar haddan tashqari issiqlik stressidan nobud bo‘lish xavfi ostida qoladi [2].

O‘zbekistonning yozgi issiq iqlim sharoiti - ayniqsa Qashqadaryo, Surxondaryo, Buxoro va Xorazm viloyatlarida havo haroratining 40-45 °C gacha ko‘tarilishi - mamlakatda parrandachilik fermalarida issiqlik stressi muammosini yildan-yilga dolzarblashtirib bormoqda. Shu sababli tovuqxonalarda harorat-namlik rejimini aniq va uzluksiz nazorat qilish parrandachilik xo‘jaliklari uchun iqtisodiy jihatdan hayotiy zaruriyatga aylangan.

Bir kunlik jo‘jalar kattaroq qushlarga nisbatan yuqoriroq haroratni talab qiladi. Optimal harorat bir, ikki, uch, to‘rt va besh haftalik jo‘jalar uchun mos ravishda 34-32 °C, 32-28 °C, 28-26 °C, 26-24 °C va 24-20 °C oralig‘ida bosqichma-bosqich pasayib boradi. Shu bilan birga, o‘sish davri davomida nisbiy namlik 50-70% darajasida ushlab turilishi lozim. Tovuqxonadagi umumiy issiqlik yuki bir necha manba hisobiga shakllanadi: broylerlarning metabolik faoliyati va nafas olishi natijasida ajraladigan issiqlik, bino konstruksiyasi orqali konveksiya yo‘li bilan kiruvchi tashqi issiqlik, eshiklar orqali sodir bo‘ladigan havo almashinuvi, hamda O‘zbekistonning yuqori quyosh radiatsiyasi sharoitida derazalar va tom orqali tushadigan quyosh nuri issiqligi - bu oxirgi omil mahalliy iqlim sharoitida ayniqsa sezilarli ta'sir ko‘rsatadi [3].

Tovuqxona ichida zarur harorat va namlik darajasiga erishish uchun ventilyatsiya tezligi va havo oqimi tezligini to‘g‘ri tanlash nihoyatda muhim ahamiyat kasb etadi. Samarali ventilyatsiya tizimi nafas olish va namlik bilan bog‘liq muammolarni yumshatadi, tovuqxona ichidagi zararli gazlarni (ammiak, karbonat angidrid) tashqariga chiqarib, toza havo bilan almashtiradi va natijada broylerlar mahsuldorligini oshirishga xizmat qiladi. Mahsuldorlikni belgilovchi asosiy omillar - yem iste'moli miqdori, yemning go‘shtga aylanish koeffitsiyenti va tirik vazn ortish sur'ati hisoblanadi. Harorat, namlik yoki havo tezligidagi har qanday, hatto ozgina bo‘lsa-da, chetlanish parranda salomatligi va fermer xo‘jaligining yakuniy iqtisodiy natijalari bilan bog‘liq jiddiy muammolarga olib kelishi mumkin. Shu bois O‘zbekiston sharoitida energiya tejamkor va samarali sovitish-ventilyatsiya yechimlarini joriy etish parrandachilik tarmog‘ining barqaror rivojlanishi uchun muhim omil hisoblanadi.

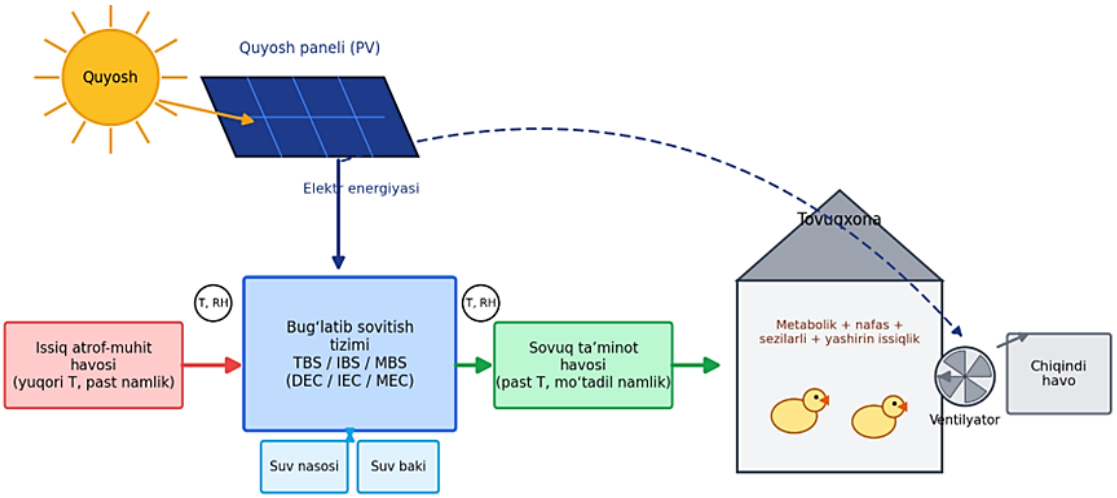
Tadqiqot doirasida laboratoriya miqyosida uch xil bug‘latib sovitish tizimi ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Turli issiqlik-massa almashtirgichlari (bilvosita sovitish va Maisotsenko sikli kanallari) uchun bir xil korpus to‘plamidan foydalanildi, bu esa tizimlar o‘rtasida to‘g‘ri qiyosiy tahlil o‘tkazish imkonini berdi. Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) bug‘latib sovitish, bilvosita bug‘latib sovitish va Maisotsenko sikliga asoslangan sovitish tizimlari turli ish rejimlarida ishga tushirilib, O‘zbekistonning issiq va quruq yoz iqlim sharoitini aks ettiruvchi harorat va nisbiy namlikning eksperimental ma'lumotlari to‘plandi.

Tizimlarning samaradorligi ikki asosiy ko‘rsatkich bo‘yicha baholandi: harorat gradiyenti, ya'ni atrof-muhit havosi va tizimdan chiqadigan ta’minot havosi harorati o‘rtasidagi farq, hamda ta'minot havosining nisbiy namlik darajasi. Har bir sovitish tizimi tarkibiga quyidagi asosiy komponentlar kiradi: havo oqimini ta’minlovchi ventilyator, nisbiy namlikni o‘lchovchi namlik

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

datchigi, harorat o‘zgarishini kuzatuvchi harorat datchigi, havo oqimi tezligini aniqlovchi tezlik datchigi va tizimni suv bilan ta’minlovchi suv baki hisoblanadi [4].

Mustaqil bug‘latib sovitish tizimida an'anaviy ravishda qo‘llaniladigan tabiiy tolali sovituvchi materiallar (mahalliy sharoitda ko‘pincha “somon” yoki tabiiy o‘simlik tolalaridan tayyorlangan yostiqchalar) o‘rniga zamonaviy sellyuloza asosidagi sovituvchi yostiqchalar - asal mum panjarasi (hujayrali) shaklida ishlab chiqilgan yostiqchalar - qo‘llanildi. Bunday yostiqchalar an'anaviy materiallarga nisbatan yuqoriroq sovitish samaradorligi, uzoq muddatli ishlash barqarorligi va past havo qarshiligi bilan ajralib turadi, bu esa ularni O‘zbekiston sharoitidagi parrandachilik va boshqa qishloq xo‘jaligi obyektlarida qo‘llash uchun yanada maqbul yechimga aylantiradi.



1-rasm. Tovuqxonada qayta tiklanuvchi (quyosh) energiyasi bilan ishlovchi bug‘latib sovitish tizimining konseptual sxemasi

To‘g‘ridan-to‘g‘ri bug‘latib sovitish tizimi - havo suv yuzasi bilan bevosita kontaktga kirib, harorati pasayadigan eng oddiy va eski turdagi tizimdir. Suvning uzluksiz bug‘lanishi (adiabatik jarayon) havoning to‘yinish nuqtasigacha sovitish effektini hosil qiladi. Havoning kirish va chiqishdagi entalpiyasi (kJ/kg) bir xil bo‘lib qoladi, namlik darajasi (g/kg quruq havo) esa ortadi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri tizim kirayotgan havo haroratini uning ho‘l termometr haroratigacha pasaytirishi mumkin; bunda ho‘l termometr samaradorligi 75-95% ni tashkil etadi. Sovitish effekti bug‘lanishning yashirin issiqligidan foydalanish hisobiga hosil bo‘lib, chiqish havosi entalpiyasi (1)-tenglama orqali ifodalanadi [5,6].

$$h_{chiqish} = 1.006\ T_{qt} + w\ (2501 + 1.86\ T_{qt}) \quad (1)$$

bu yerda $h_{chiqish}$ - chiqish havosi entalpiyasi (kJ/kg), T_{qt} - havoning quruq termometr harorati (°C), w - chiqish havosining namlik darajasi (kg/kg). TBS uchun quyidagi munosabatlar ham o‘rinli:

$$(Q)_{chiqish} \geq (H)_{kirish} \quad (2)$$

$$(N)_{chiqish} > (N)_{kirish} \quad (3)$$

bu yerda Q - quruq termometr harorati (°C), H - ho‘l termometr harorati (°C), N - havoning nisbiy namligi (%); $_{chiqish}$ va $_{kirish}$ indekslari mos ravishda chiqish va kirish havosi sharoitlarini bildiradi.

Bilvosita bug‘latib sovitish tizimi - birlamchi (atrof-muhit) havosini namlik qo‘shmasdan, issiqlik va massa almashinuvi orqali sovitadigan tizimdir. U sezilarli sovitish tamoyiliga

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

asoslanadi va ho‘l hamda quruq deb ataladigan ikki kanaldan iborat. Birlamchi havo quruq kanaldan, ikkilamchi (jarayon) havosi esa ho‘l kanaldan o‘tadi. Sovitish effekti ikki bosqichli termodinamik jarayon orqali hosil bo‘ladi: (1) ho‘l kanalda suv bug‘lanishi hisobiga izoentalpik sovitish va (2) quruq kanalda sezilarli issiqlik uzatish. Tizim haroratni ho‘l termometr haroratigacha pasaytiradi, shu sababli uning ho‘l termometr samaradorligi diapazoni 50–65% ni tashkil qiladi. Bilvosita tizimida kirish va chiqish havosi namligi bir xil bo‘lib qoladi, biroq chiqish havosi entalpiyasi kamayadi. Bilvosita tizim quyidagi munosabatlar bilan ifodalanadi [7,8]:

$$(Q)_{chiqish} \geq (H)_{kirish} \tag{4}$$

$$(N)_{chiqish} > (N)_{kirish} \tag{5}$$

$$w_{chiqish} = w_{kirish} \tag{6}$$

$$h_{chiqish} < h_{kirish} \tag{7}$$

bu yerda *w* va *h* mos ravishda namlik darajasi (kg/kg) va havo entalpiyasini (kJ/kg) bildiradi.

Maisotsenko sikli bo‘yicha bug‘latib sovitish tizimi - atrof-muhit havosi termodinamik jarayondan o‘tib, havodagi psixrometrik qayta tiklanuvchi energiyadan foydalangan holda harorati pasaytiriladigan tizimdir. U ilg‘or IBS tizimi yoki regenerativ bug‘latib sovitish tizimi deb ham ataladi. MBS tizimida sovitish effekti ikki termodinamik jarayon - bug‘latib sovitish va issiqlik uzatish orqali hosil bo‘lib, atrof-muhit havosi harorati ho‘l termometr haroratidan ko‘ra shudring nuqtasi haroratiga deyarli yaqinlashadi. Tizim uch kanaldan iborat: bitta ho‘l kanal va ikkita quruq kanal. Ho‘l kanal ikkita quruq kanal o‘rtasida joylashadi. Atrof havosi quruq kanaldan o‘tganda, ho‘l va quruq kanallar o‘rtasidagi konvektiv issiqlik uzatish hisobiga soviydi. MBS tizimida ham kirish va chiqish havosi namligi bir xil bo‘lib, chiqish havosi entalpiyasi kamayadi. Tizim quyidagi tengsizliklar bilan ifodalanadi [9,10]:

$$(SH)_{kirish} \leq (Q)_{chiqish} \leq (H)_{kirish} \tag{8}$$

$$(N)_{chiqish} > (N)_{kirish} \tag{9}$$

$$w_{chiqish} = w_{kirish} \tag{10}$$

$$h_{chiqish} < h_{kirish} \tag{11}$$

bu yerda SH, Q va H mos ravishda shudring nuqtasi, quruq termometr va ho‘l termometr haroratlarini (°C) bildiradi. Tizimlar samaradorligi ho‘l termometr samaradorligi (WBE) orqali baholanadi:

$$\varepsilon_{wb} = \frac{QTH_{kirish} - QTH_{chiqish}}{QTH_{kirish} - HTH_{chiqish}} \tag{12}$$

Konditsionerlash tizimi uchun loyihaviy sovitish yukini aniqlash maqsadida parrandalar ishlab chiqaradigan issiqlik (H_p) va ularning T_{HI} qiymati zarur. Multan iqlimi uchun har bir parranda ishlab chiqaradigan issiqlikni (sezilarli va yashirin) hisoblashda Pedersen (2000) modeli qo‘llanildi. Parrandalardagi issiqlik ishlab chiqarish ularning tana vazniga qarab o‘zgaradi: qushlar vaqt o‘tishi bilan yem iste’molidan olingan ko‘proq energiya hisobiga mushak to‘plagani sayin ko‘proq issiqlik ajratadi. Issiqlik ishlab chiqarish quyidagicha ifodalanadi [11]:

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

$$H = 60.64 + 0.04\,LW \tag{13}$$

bu yerda HP - parranda ishlab chiqaradigan issiqlik (W/kg), LW - parrandaning tirik vazni (g). Har bir parranda uchun sezilarli va yashirin issiqlik Pedersen (2000) modelining (14) va (15) tenglamalari yordamida aniqlanadi [12]:

$$Q_t = 9.84\,m_a^3\,(4\cdot10^{-5}(20 - T_{qt})^3 + 1) \tag{14}$$

$$Q_s = 0.83\,Q_t\,(0.8 - 1.85\,e^{-7}(T_{qt} + 10)^4) \tag{15}$$

bu yerda Q_t va Q_s mos ravishda umumiy va sezilarli issiqlik ishlab chiqarish (J/s), m_a - tirik qushlar massasi (kg).

Harorat-namlik indeksi (T_{HI}) - quruq termometr va ho‘l termometr haroratlarining chiziqli kombinatsiyasi bo‘lib, issiqlik muhitining parrandalar termoregulyatsiya holatiga ta’sirini baholash uchun ishlab chiqilgan. Broylerlar uchun T_{HI} quyidagicha hisoblanadi:

$$T_{HI} = 0.85\,T_{qt} + 0.15\,T_{ht} \tag{16}$$

bu yerda T_{ht} - havoning ho‘l termometr harorati (°C) bo‘lib, u nisbiy namlik (N_N, %) orqali (17)-tenglamadan aniqlanadi. T_{HI} dastlab mahsuldorlik emas, balki tana harorati reaksiyalariga asoslangan holda ishlab chiqilgan.

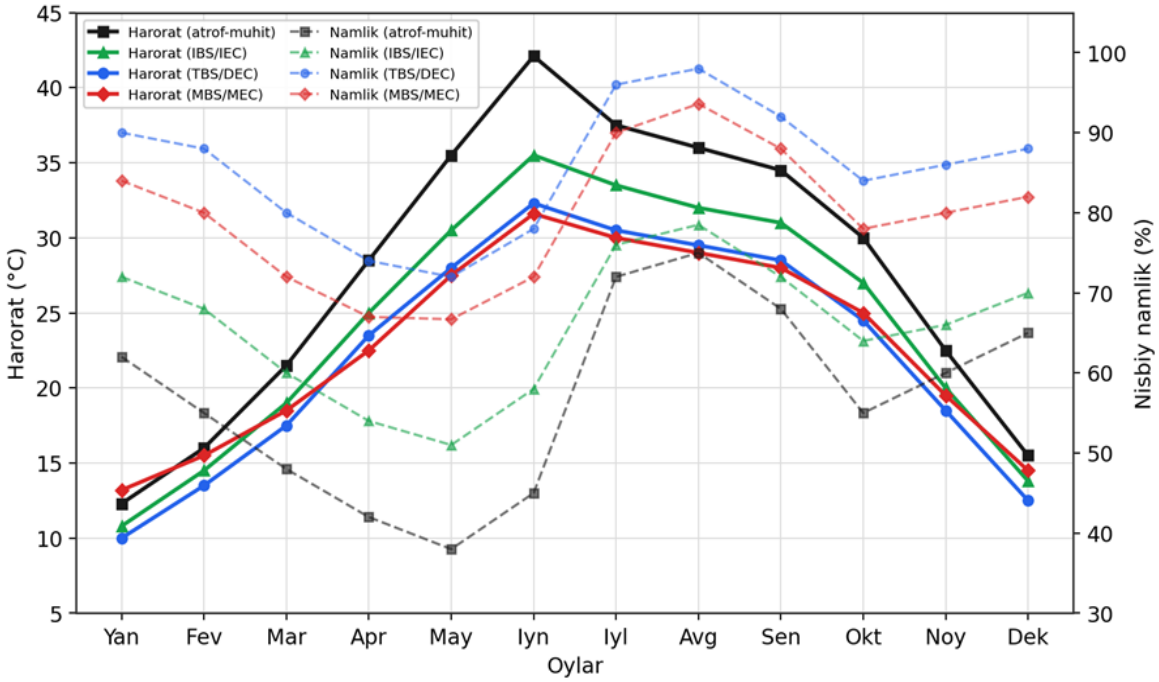
Biroq T_{HI} havo oqimi tezligining (V) parranda komfortiga ta’sirini hisobga olmaydi. Havo tezligining tana haroratiga ta’siri V ni T_{HI} ga integratsiya qilish orqali baholanadi. V ning nochiziqli tabiati tufayli asimptotik funksiyadan foydalaniladi va natijada harorat-namlik-tezlik indeksi (T_{HVI}) hosil bo‘ladi. Havo tezligining ma’lum nuqtagacha (1.2 m/s) ortishi parrandalar uchun optimal issiqlik komfortini ta’minlaydi. T_{HVI} quyidagicha hisoblanadi:

$$T_{HVI} = V^{-0.058} \cdot T_{HI} \tag{18}$$

Natijalar. Ishlab chiqilgan bug‘latib sovitish tizimlaridan Multan iqlimi uchun olingan natijalar 2-rasmda keltirilgan. Atrof-muhit havosi harorati 12.3 °C dan 42.1 °C gacha o‘zgaradi. Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) tizim 10 °C dan 32.3 °C gacha harorat oralig‘ini ta'minlab, 10.9 °C harorat gradiyentini hosil qildi. Bilvosita tizim 10.8 °C dan 35.5 °C gacha oraliqni berib, 7.4 °C gradiyentni ko‘rsatdi. Maisotsenko sikliga asoslangan tizim esa 13.2 °C dan 31.6 °C gacha oraliqni ta'minlab, eng yuqori - 14.4 °C harorat gradiyentini hosil qildi. Demak, harorat gradiyenti bo‘yicha Maisotsenko sikliga asoslangan tizim mustaqil va bilvosita tizimlariga nisbatan yaxshiroq ishlaydi.

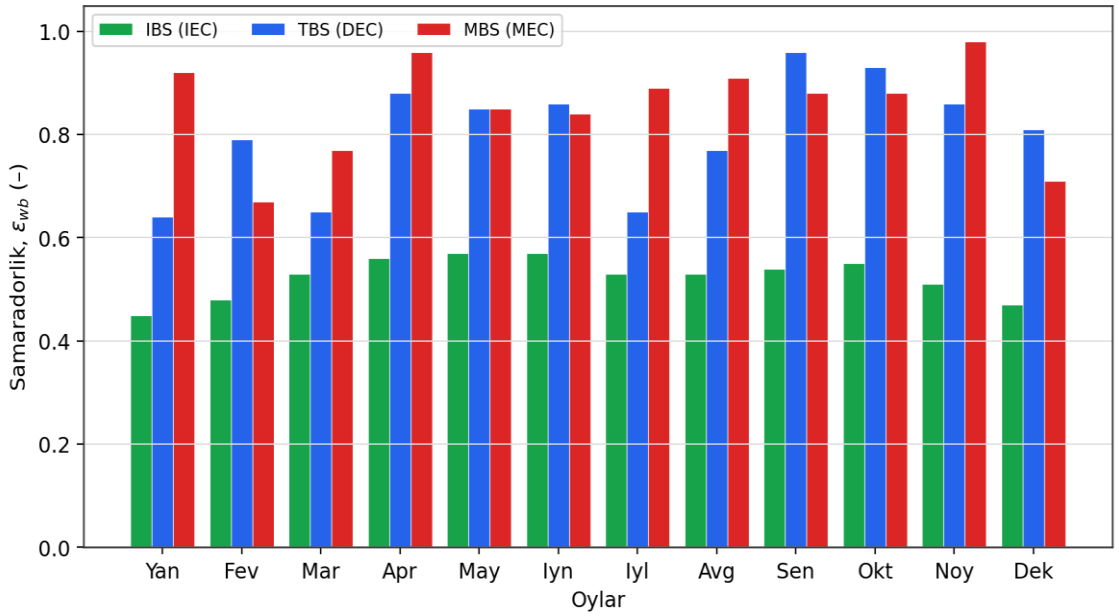
Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri), bilvosita va Maisotsenko sikliga asoslangan tizimlar mos ravishda 72-98%, 51–78.5% va 66.7–93.6% oralig‘ida nisbiy namlikni hosil qildi. Nisbiy namlikning eng katta ortishi mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) tizimda kuzatildi. 2-rasmdan ko‘rinadiki, aprel–iyun oylari issiq va quruq, iyul–oktyabr oylari esa issiq va nam bo‘lib, har ikki davrda ham konditsionerlash zarurati mavjud.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18



2-rasm. Atrof-muhit va sovitish tizimlari chiqishidagi harorat va nisbiy namlik

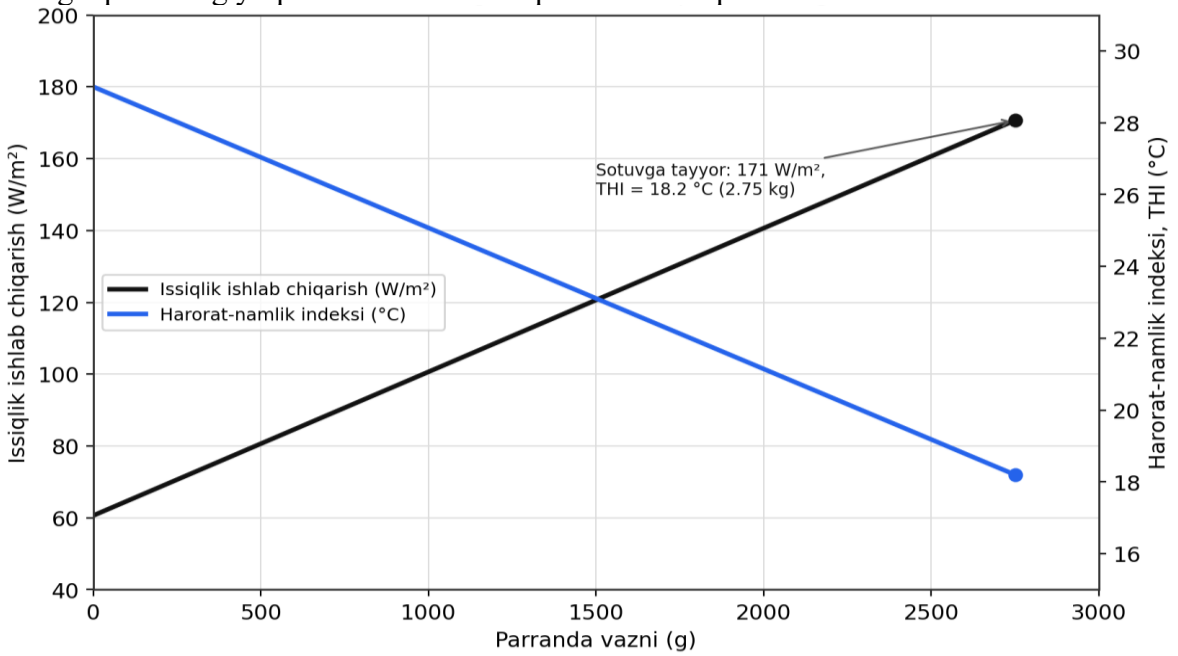
Tizimlarning ho‘l termometr samaradorligi 3-rasmda keltirilgan. Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) va Maisotsenko sikliga asoslangan tizimlar bilvosita tizimga nisbatan ancha yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi. Maisotsenko sikliga asoslangan tizim noyabr oyida maksimal 0.98 samaradorlikka erishdi. Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) va bilvosita tizimlari esa mos ravishda sentyabr va may oylarida 0.96 va 0.57 maksimal samaradorlikni ko‘rsatdi. Bilvosita tizimning nisbatan past samaradorligi uning faqat sezilarli sovitishga asoslanishi va namlik qo‘shmasligi bilan izohlanadi.



3-rasm. Atrof-muhit va sovitish tizimlari chiqishidagi harorat va nisbiy namlikda keltirilgan natijalarga muvofiq sovitish tizimlarining erishilgan ho‘l termometr samaradorligi (yillik tahlil)

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

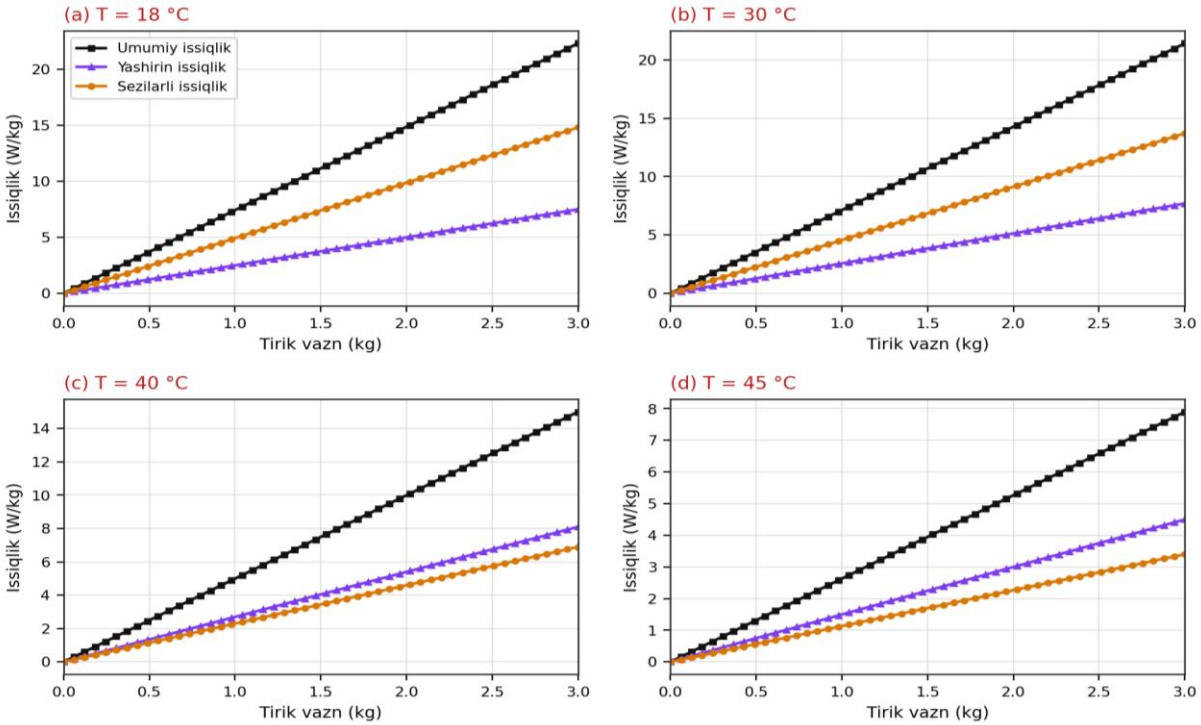
4-rasm parrandalarning tirik vazniga bog‘liq holda issiqlik ishlab chiqarish va harorat-namlik indeksi o‘rtasidagi munosabatni ko‘rsatadi. Issiqlik ishlab chiqarish tirik vaznga nisbatan chiziqli funksiya bo‘yicha ortadi. O‘sishning dastlabki bosqichida yuqoriroq harorat-namlik indeksiga yo‘l qo‘yiladi - bu bir haftalik jo‘jalar uchun isitgichlardan foydalanish haqidagi avvalgi mulohazani tasdiqlaydi. Issiqlik ishlab chiqarish parranda go‘sht olinadigan vaznga yetganda eng yuqori darajaga chiqadi: sotuvga tayyor parrandalar 2.75 kg tirik vaznda 18.2 °C harorat-namlik indeksiga qarshi eng yuqori - 171 W/m² issiqlik ishlab chiqaradi.



4-rasm. Parranda vaznining issiqlik ishlab chiqarish (W/m²) va harorat-namlik indeksiga (°C) ta’siri

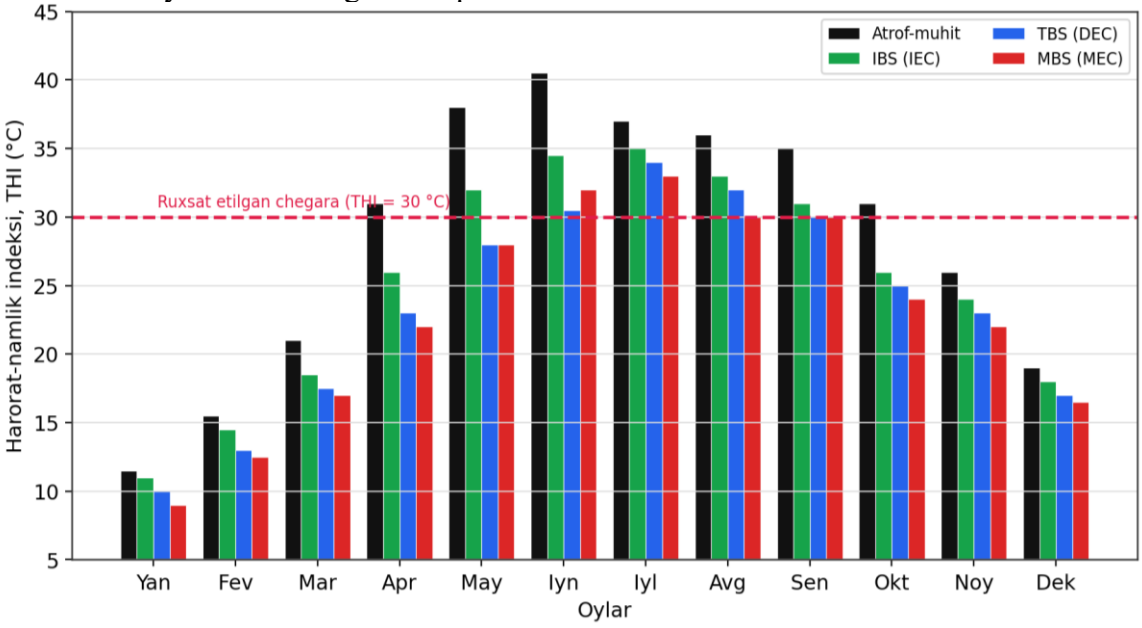
Har bir parranda ishlab chiqaradigan sezilarli va yashirin issiqlik ularning o‘lim ko‘rsatkichiga bevosita ta’sir qiladi. Atrof-muhit harorati ortgan sayin har bir parranda ishlab chiqaradigan issiqlik ham ortadi. 5-rasm turli haroratlarda parranda vazniga bog‘liq issiqlik ishlab chiqarish o‘zgarishini ko‘rsatadi. 18 °C da 3 kg vaznli parranda uchun sezilarli issiqlik (14.8 W/kg) yashirin issiqlikdan (7.5 W/kg) qariyb ikki baravar yuqori. 30 °C da sezilarli va yashirin issiqlik mos ravishda 13.7 va 7.7 W/kg ni tashkil etadi. 40 °C va 45 °C da esa bu qiymatlar mos ravishda 6.9 va 8.1 W/kg hamda 3.4 va 4.5 W/kg ni tashkil qiladi. 45 °C da yashirin issiqlik sezilarli issiqlikdan yuqori bo‘lib, bu parrandaning atrof havosida namlik darajasi ortishi tufayli bo‘g‘ilayotganini bildiradi. 40 °C da sezilarli va yashirin issiqlik o‘rtasidagi farq eng kichik bo‘lib, bu parrandaning issiqlik stressi va bo‘g‘ilishdan nobud bo‘lish arafasida ekanligini ko‘rsatadi.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18



5-rasm. Bitta parrandaning turli haroratlarda sezilarli va yashirin issiqlik ishlab chiqarishi: (a) 18 °C, (b) 30 °C, (c) 40 °C va (d) 45 °C

6-rasm atrof-muhit havosi hamda TBS, IBS va MBS tizimlari uchun Harorat-namlik indeksining yillik tahlilini ko‘rsatadi. Harorat-namlik indeksining ruxsat etilgan chegarasi 30 °C quruq termometr harorati va 50% nisbiy namlikka mos keladi. Noyabrdan martgacha (qish davri) atrof-muhit havosi Harorat-namlik indeksi ruxsat etilgan chegara ichida bo‘lib, bu davrda parrandalar uchun konditsionerlash zarurati yo‘q. Harorat-namlik indeksi 28 °C dan 30 °C gacha bo‘lganda parrandalar uchun xavotirli vaziyat yuzaga keladi; 30 °C dan oshganda holat xavfli, 31 °C dan oshganda esa shoshilinch chora-tadbirlar talab qilinadi. Parrandalar 18 °C dan 29 °C gacha harorat va 50% nisbiy namlikda sog‘lomroq o‘sadi.



DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

6-rasm. Multan iqlim sharoiti uchun atrof-muhit va sovitish tizimlaridan kelib chiqadigan harorat-namlik indeksining yillik profili

THI ning sonli qiymatlariga asoslangan holda bug‘latib sovitish tizimlarining Multan iqlim sharoitida parranda konditsionerlash uchun yaroqliligi 1-jadvalda umumlashtirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, MBS, TBS va IBS tizimlari aprel–oktyabr oylarining bir qismida turli yoshdagi parrandalar uchun zarur issiqlik komfort sharoitini qisman ta’minlaydi. Iyun va iyul oylarida (eng issiq davr) hech bir mustaqil tizim talab qilingan komfortni to‘liq ta’minlay olmaydi.

Bug‘latib sovitish tizimlarining Multan iqlim sharoiti uchun yaroqliligi (Harorat-namlik indeksining sonli qiymatlari asosida). “✓” - yaroqli, “✗” - yaroqsiz.

1-jadval

Multan iqlim sharoitida parranda konditsionerlash uchun yaroqliligi

Oy	Atrof-muhit	TBS (DEC)	IBS (IEC)	MBS (MEC)
Yanvar	✓	✓	✓	✓
Fevral	✓	✓	✓	✓
Mart	✓	✓	✓	✓
Aprel	✗	✓	✓	✓
May	✗	✓	✗	✓
Iyun	✗	✗	✗	✗
Iyul	✗	✗	✗	✗
Avgust	✗	✗	✗	✓
Sentyabr	✗	✓	✗	✓
Oktyabr	✗	✓	✓	✓
Noyabr	✓	✓	✓	✓
Dekabr	✓	✓	✓	✓

Muhokama. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, MBS tizimi eng ko‘p oyda (yan–may, avg–dek) zarur komfortni ta’minlay oladi, chunki u havoni shudring nuqtasiga yaqin haroratgacha sovitadi va namlikni TBS kabi keskin oshirmaydi. TBS tizimi nisbiy namlikni shunday darajada oshiradiki, bu parrandalar uchun bo‘g‘ilish xavfini keltirib chiqaradi. IBS tizimi namlik qo‘shmasada, harorat gradiyenti past bo‘lgani uchun eng issiq oylarda yetarli sovitishni ta’minlay olmaydi.

Bug‘latib sovitish tizimlarining eng muhim ustunligi ularning past energiya sarfidir: asosiy energiya iste’molchilari faqat ventilyator va suv nasosi bo‘lib, ularning quvvati an’anaviy bug‘-kompressorli tizimlardagi kompressorga nisbatan ancha kichik. Bu esa 1-rasmda ko‘rsatilganidek, tizimni quyosh fotoelektr panellari (PV) yordamida quvvatlash imkonini beradi. Multan kabi quyoshli mintaqalarda PV panellari eng ko‘p sovitish talab qilinadigan issiq va quyoshli kunlarda aynan eng ko‘p energiya ishlab chiqaradi - bu talab va ta’minotning tabiiy mosligini yaratadi. Bundan tashqari, MBS tizimi havoning psixrometrik qayta tiklanuvchi energiyasidan foydalanib, qo‘shimcha tashqi energiya sarfisiz havoni shudring nuqtasiga yaqin haroratgacha soviydi.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

Natijada bunday yechim nafaqat ekspluatatsiya xarajatlarini, balki uglerod izini ham sezilarli kamaytiradi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot O‘zbekiston iqlim sharoiti uchun past xarajatli bug‘latib sovitish variantlari samaradorligini tahlil qilishga qaratildi. Multanning issiq va quruq yozi parrandalar uchun samarali konditsionerlash tizimini talab qiladi; bu borada bug‘latib sovitish tizimlari iqtisodiy va ekologik toza yechimni taqdim eta oladi. Parrandalarning issiqlik komforti har bir tizim uchun harorat-namlik va harorat-namlik-tezlik indekslari orqali baholandi, shuningdek yosh va vaznga bog‘liq issiqlik ishlab chiqarish o‘rganildi.

Parrandalar yoshi va vazni ortishi bilan issiqlik ishlab chiqarish ham ortadi, bu esa o‘sayotgan qushlar uchun issiqlik stressini keltirib chiqaradi. Kam vaznli yosh qushlar nisbatan yuqoriroq harorat-namlik indeksi diapazonini ko‘tara oladi, vazni ortgan kattaroq qushlar esa issiqlik stressining kuchli belgilarini namoyon qiladi. Atrof-muhit harorati parrandaning normal tana haroratidan yuqori yoki unga teng bo‘lganda, yashirin issiqlik ishlab chiqarish sezilarli issiqlikdan oshib ketadi va bu havoda yashirin yukning ortishi tufayli bo‘g‘ilishni keltirib chiqaradi.

Mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri), bilvosita va Maisotsenko sikliga asoslangan tizimlarning barchasi parrandalar uchun zarur issiqlik komfort sezgisini ma’lum darajada ta’minlaydi. Biroq mustaqil (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) tizim nisbiy namlikni shunday darajada oshiradiki, bu qushlar uchun bo‘g‘ilishga olib keladi. Yozgi sharoitlarda (atrof-muhit harorati 40 °C dan yuqori bo‘lganda) parrandalar go‘sht olinadigan vaznga yetganda ularning issiqlik ishlab chiqarishi havoga yuqori yashirin yuk beradi; bug‘latib sovitish tizimlari ham ta’minot havosiga yashirin yuk qo‘shgani sababli, parrandalar ortiqcha namlik tufayli bo‘g‘ilishga duch keladi. Bu muammoni bug‘-kompressorli va bug‘latib sovitish tizimlarining gibrid kombinatsiyalarini ishlab chiqish orqali boshqarish mumkin. Bundan tashqari, namsizlantiruvchi (desikkant) konditsioner bloki bilan birlashtirilgan Maisotsenko sikliga asoslangan tizim O‘zbekiston bo‘ylab yilning barcha oylarida parrandalar issiqlik komfortini ta’minlash imkoniyatiga ega. Ventilyator va nasoslarni quyosh panellari bilan quvvatlash esa bunday tizimlarni to‘liq ekologik toza va energetik mustaqil yechimga aylantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mahmood, M.H.; Sultan, M.; Miyazaki, T.; Koyama, S.; Maisotsenko, V.S. Overview of the Maisotsenko cycle - A way towards dew point evaporative cooling. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 66, 537–555.

2. Sultan, M.; Miyazaki, T. Energy-Efficient Air-Conditioning Systems for Nonhuman Applications. In Refrigeration; InTech Open: London, UK, 2017; Vol. 9, pp. 97–117.

3. Pakistan Statistical Yearbook. http://www.pbs.gov.pk (murojaat sanasi: 2020-06-01).

4. Xin, H.; Berry, I.L.; Tabler, G.T.; Barton, T.L. Temperature and Humidity Profiles of Broiler Houses with Experimental Conventional and Tunnel Ventilation Systems. Applied Engineering in Agriculture, 1994, 10, 535–542.

5. Raza, H.M.U. Investigation of Evaporative Cooling Based Low-Cost Air-Conditioning Technologies for Pakistan. Magistrlik dissertatsiyasi, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pokiston, 2018.

6. Usman, M.; Niaz, H.; Sultan, M.; va boshq. Study on Desiccant and Evaporative Cooling Systems for Livestock Thermal Comfort: Theory and Experiments. Energies, 2020, 13, 2675.

7. Miyazaki, T.; Akisawa, A.; Nikai, I. The cooling performance of a building integrated evaporative cooling system driven by solar energy. Energy and Buildings, 2011, 43, 2211–2218.

8. Nascimento, S.T.; Maia, A.S.C.; Gebremedhin, K.G.; Nascimento, C.C. Metabolic heat production and evaporation of poultry. Poultry Science, 2017, 96, 2691–2698.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.18

9. Tao, X.; Xin, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. Transactions of the ASAE, 2003, 46, 491.

10. Pedersen, S.; Thomsen, M.G. Heat and Moisture Production of Broilers kept on Straw Bedding. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 75, 177–187.

11. Purswell, J.L.; Dozier, W.A.; Olanrewaju, H.A.; va boshq. Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age. ILES IX, ASABE, 2012.

12. Cassuce, D.C.; Ferreira-Tinôco, I.D.F.; va boshq. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. Engenharia Agrícola, 2013, 33, 28–36.