IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
**Volume 22 Issue 01 IYUN 2026**

# BUG‘LATISHLI SOVITISH TIZIMLARINING ENERGIYA SAMARADORLIGI VA NAMLANTIRUVCHI QOPLAMALARINING KONSTRUKTIV XUSUSIYATLARINI TAHLIL QILISH

**Yaxshiboyev Shuxrat Komilovich**

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, PhD

**Raxmatov Obid Ibod o‘g‘li**

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, PhD

**Boboyorov Sharofiddin Sirojiddin o‘g‘li**

Qarshi davlat texnika universiteti, magistr

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada bug‘latishli sovitish tizimlarining ishlash prinsipi, energiya samaradorligi hamda ularning zamonaviy sovitish texnologiyalaridagi o‘rni tahlil qilingan. Tadqiqotda issiq va quruq iqlim sharoitlarida bug‘latishli sovitish tizimlarining qo‘llanish afzalliklari hamda energiya iste’molini kamaytirishdagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, bevosita, bilvosita va aralash bug‘latishli sovitish tizimlarining konstruktiv xususiyatlari hamda ishlash samaradorligi ko‘rib chiqilgan. Maqolada namlantiruvchi qoplamalarning turlari, ularning fizik-mexanik xossalari va issiqlik hamda massa almashinuvi jarayoniga ta’siri ilmiy jihatdan tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari bug‘latishli sovitish tizimlari ekologik toza va energiya tejamkor sovitish usuli sifatida istiqbolli texnologiya ekanligini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** bug‘latishli sovitish, energiya samaradorligi, namlantiruvchi qoplama, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, sovitish tizimi, g‘ovak material.

So‘nggi bir necha o‘n yilliklar davomida dunyoning turli hududlarida binolarni sovitish uchun energiyaga bo‘lgan talab keskin ortib bormoqda. Bu holat energiya resurslarining kamayib borishi hamda global iqlim isishining kuchayishi bilan bog‘liq xavotirlarni yuzaga keltirmoqda. Issiq iqlimli mintaqalarida energiya sarfi umumiy iste’mol qilinadigan energiyaning 40-50% qismini tashkil etadi. Binolarda sarflanadigan energiyaning eng katta ulushi esa isitish va sovitish tizimlariga to‘g‘ri keladi [1]. Shuningdek, keyingi yillarda dunyo aholisi sonining ortishi, texnologik taraqqiyotning jadallashuvi, insonlarning yashash sharoitlariga bo‘lgan talabining oshishi hamda binolar ichida uzoqroq vaqt faoliyat yuritishi natijasida issiqlik yuklamalarini kamaytirishga ehtiyoj yanada ortmoqda. Ayniqsa, yuqori haroratli va tropik iqlim sharoitlarida bu masala dolzarb ahamiyat kasb etadi. Shu sababli sovitish tizimlarining samaradorligini oshirish va energiya iste’molini kamaytirishga qaratilgan samarali usullarni ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi [2, 3]. Sovitishda qo‘llaniladigan samarali usullardan biri bug‘latishli sovitish texnologiyasi hisoblanadi. Ushbu texnologiya energiya sarfining kamligi hamda harorat oshib, havoning nisbiy namligi kamaygan sari samaradorligining ortishi sababli ekologik jihatdan eng maqbul usullardan biri deb hisoblanadi. Bug‘latishli sovitish tizimlari (BST) turar joy binolarida, shuningdek sanoat, tijorat va qishloq xo‘jaligi obyektlarida keng qo‘llaniladi [1]. BST asosan uch turga bo‘linadi. Birinchi tur-bevosita bug‘latishli sovitish tizimi bo‘lib, bunda ishchi muhitlar hisoblangan havo va suv o‘zaro to‘g‘ridan-to‘g‘ri kontaktda bo‘ladi. Ikkinchi tur-bilvosita bug‘latishli sovitish tizimi bo‘lib, bunda ishchi muhitlar maxsus plastinalar orqali bir-biridan ajratiladi. Uchinchi tur-bevosita va bilvosita bug‘latishli sovitish usullarining

kombinatsiyasidan tashkil topgan aralash tizim hisoblanadi. Bug‘latishli sovitgichlar maishiy, sanoat va tijorat sohalarida keng qo‘llaniladi. Ular binolar, ishlab chiqarish sexlari hamda issiqxonalar ichidagi havoni sovitishda foydalaniladi. Mazkur qurilmalar mustaqil sovitish tizimi sifatida yoki boshqa sovitish tizimlariga qo‘shimcha yordamchi qurilma sifatida ishlashi mumkin.

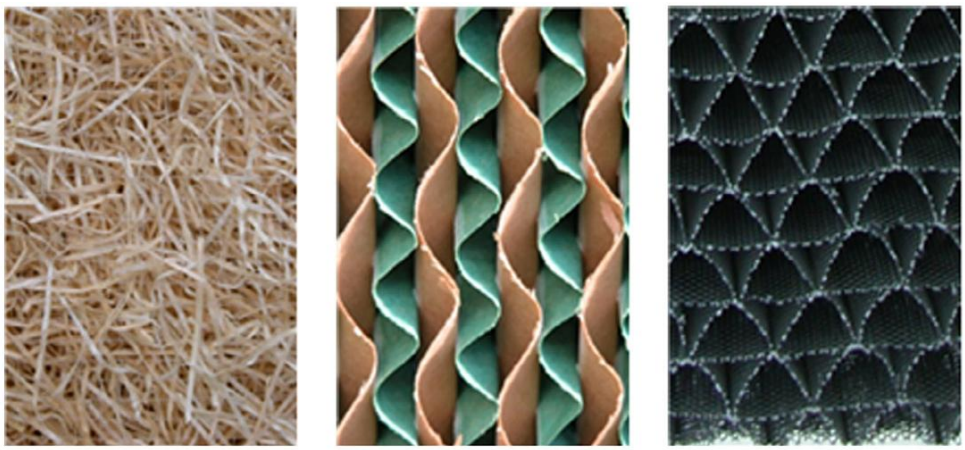
BST bug‘latishli kondensatorlar va sovitish minoralarida ham keng qo‘llaniladi [4]. Umuman olganda, bug‘latishli sovitish jarayoni suv bilan namlantirilgan g‘ovak materialdan tashkil topadi. Ushbu material orqali quruq va issiq havo o‘tkazilganda, suv havoga bug‘lanadi, natijada havoning namligi ortadi va shu bilan birga uning harorati pasayadi. Bug‘latishli sovitish jarayonini boshqarishning asosiy prinsipi suvning bug‘lanishi orqali issiqlik va massa almashinuvining yuz berishiga asoslanadi. Mazkur jarayon harorat o‘zgarishi hisobiga oshkora issiqlikning yashirin issiqlikka aylanishi bilan tavsiflanadi. Oshkora issiqlik-bu haroratning o‘zgarishi bilan bog‘liq issiqlik turidir. U haroratga ta’sir ko‘rsatsa-da, suvning fizik holatini o‘zgartirmaydi. Bunga qarama-qarshi ravishda, yashirin issiqlik uzatilishi moddaning fizik holatini bug‘lanish yoki kondensatsiya jarayonlari orqali o‘zgartiradi. Suv bug‘langanda u suyuq holatdan bug‘ holatiga o‘tadi. Fazaning bunday o‘zgarishi uchun atrofdagi havodan va qolgan suvdan yashirin issiqlik yutiladi. Natijada havo harorati pasayadi va nisbiy namlik ortadi. Bug‘latishli sovitish jarayonida erishish mumkin bo‘lgan maksimal sovitish darajasi havo haroratining nam termometr haroratigacha pasayishi bilan chegaralanadi. Ushbu holatda havo to‘liq namlik bilan to‘yingan bo‘ladi [5, 6]. Oddiy bug‘latishli sovitish tizimlarida atrof-muhit havosidan bevosita foydalaniladi. Shu sababli havoning namlikni ushlab turish qobiliyati tashqi muhit sharoitlariga, ya’ni havo harorati va namlik miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Natijada yuqori namlik sharoitida BSTning samaradorligi pasayadi. BSTning ish unumdorligini yaxshilash va samaradorligini oshirish maqsadida havo oldindan quritiladi. Havoni oldindan quritish asosida amalga oshiriladigan bug‘latishli sovitish jarayoni takomillashtirilgan bug‘latishli sovitish deb ataladi [4].

BSTni o‘rganish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Velasco va hammualliflar [7] yarim bilvosita ishlovchi keramik BSTni ishlab chiqqanlar. Ushbu tizimda sovitilishi kerak bo‘lgan suv keramik quvurlardan tashkil topgan sovitish minorasi orqali uzatiladi. Mazkur tizim yordamida xona ichidagi havoni qayta aylantirish imkoniyati yaratilgan bo‘lib, natijada haroratning 5-12℃ gacha pasayishiga erishilgan. Jain [8] esa yuqori namlik sharoitida BSTning samaradorligini oshirish va havo haroratini yanada kamaytirish maqsadida ikki bosqichli bug‘latishli sovitish tizimini ishlab chiqqan. Tadqiqot natijalari sovitish samaradorligi 100-110% gacha oshganligini ko‘rsatgan. El-Dessouky va hammualliflar [9] ikki bosqichli BSTning samaradorligini oshirish ustida tadqiqot olib borganlar. Bunda tizimning ishlash jarayoni qadoqlama (paket) qalinligi hamda suv sarfining bevosita va bilvosita BSTlari faoliyatiga ta’siri asosida tahlil qilingan.

Shaheen va Hmmadi [10] esa an’anaviy sovutish qurilmasi hamda bug‘latishli havo sovitgichidan tashkil topgan gibrid tizim bo‘yicha nazariy va tajribaviy tadqiqotlar olib borganlar. Tadqiqotning asosiy maqsadi bug‘latishli havo sovitgichining samaradorligini oshirish, tizimdan chiqayotgan havoning namligini kamaytirish hamda chuchuk suv hosil qilishdan iborat bo‘lgan. Tadqiqot davomida kirish harorati, bug‘latgich harorati, nisbiy namlik va namlangan qoplama qalinligi kabi bir qator parametrlarning tizim ishlashiga ta’siri o‘rganilgan. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, nisbiy namlik ortganda, spiral quvur harorati pasayganda va kiruvchi havo tezligi kamayganda chiqish harorati 1-3℃ ga pasaygan hamda hosil bo‘ladigan chuchuk suv miqdori ortgan. Bundan tashqari, qoplama qalinligi oshishi bilan tizimning samaradorligi ham ortishi aniqlangan.

BSTda asosiy jixoz bu-namlantiruvchi material (sovitish qoplamalari) hisoblanadi. Bug‘latishli sovitish qoplamalari gravitatsiya ta’sirida namlangan g‘ovak muhit bo‘ylab oqib tushadigan suv yordamida ishlaydi, bunda asosiy havo oqimi odatda ko‘ndalang yo‘nalishda majburiy ravishda uzatiladi. Bevosita BSTda aynan shu sovutilgan va namlantirilgan havo foydalanish hududiga yuboriladi hamda mavjud ichki havo bilan aralashadi. Namlangan g‘ovak muhit esa havo va suv o‘rtasida issiqlik hamda massa almashinuv qurilmasi vazifasini bajaradi. Optimal konstruksiyaga ega bug‘latishli sovitish qoplamasi quyidagi talablarga javob berishi lozim: 1) havoning namlik bilan to‘yinishi uchun suv va havo o‘rtasidagi kontakt yuzasining maksimal bo‘lishi; 2) havo oqimiga qarshilikning minimal darajada bo‘lishi, ya’ni bosim yo‘qotilishining kamaytirilishi; 3) suv va havo orasidagi maksimal kontakt yuzasi hisobiga to‘liq namlantirish jarayonining ta’minlanishi; 4) qattiq va mustahkam konstruksiyaga ega bo‘lib, uni oson yig‘ish va qismlarga ajratish imkoniyatining mavjudligi; 5) tozalash va texnik xizmat ko‘rsatishning qulay amalga oshirilishi.

Bug‘latishli sovitish qoplamalarining samaradorligi ularning materiali va konstruktiv tuzilishiga, shuningdek havoning psixrometrik xususiyatlari hamda havo va suv sarfiga bog‘liq bo‘ladi. Materiali va konfiguratsiyasiga ko‘ra bug‘latishli qoplamalar quyidagi turlarga ajratiladi: tolali qoplamalar; qattiq strukturali qoplamalar; paketli yoki to‘ldirgichli qoplamalar (1-rasm). Hozirgi vaqtda bozorda eng keng tarqalgan namlanadigan muhitlar asosan dastlabki ikki tur hisoblanadi. Shu bilan birga, paketli to‘ldirgichli qoplamalarga bo‘lgan qiziqish ham tobora ortib bormoqda.




a) tolali qoplamalar; b) qattiq strukturali qoplamalar; to‘ldirgichli qoplamalar

**1-rasm. Namlantiruvchi material turi:**

Tolali qoplamalar odatda o‘simlik tolalaridan tayyorlanadi, biroq hozirgi vaqtda sintetik tolalardan foydalanish ham tobora kengayib bormoqda. Ishlab chiqarish texnologiyasining soddaligi sababli dastlabki bevosita BSTda aynan shu turdagi qoplamalar qo‘llanilgan va ular hozirgi kunda ham keng foydalanilmoqda. Mahalliy mavjud o‘simlik tolalaridan foydalanish mahalliy resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi va tizimning ekologik barqarorligini oshiradi. Bunday materiallarga quyidagilar kiradi: kokos tolasi, paxta tolasi va to‘qilgan matolar, evkalipt tolalari, palma tolalari, qop matosi, yog‘och qirindisi, somon, yog‘och ko‘miri, guruch po‘chog‘i, sintetik tolalar. Tolali qoplamalar yuqori g‘ovaklilikka ega bo‘lgani, suvni yaxshi ushlab turishi, arzonligi hamda mahalliy bozorlarda keng tarqalganligi sababli keng qo‘llaniladi. Shu bilan birga, tolalarni qayta ishlash va qoplama shakliga keltirish jarayoni murakkab bo‘lishi mumkin hamda qoplama tayyorlash uchun maxsus konstruksiyalar talab etiladi. Bundan tashqari,

tolalarning egilishi, organik materiallarning chirishi va parchalanishi ularning xizmat muddatini cheklaydi hamda amaliy qo‘llanilishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Qattiq strukturali qoplamalar o‘zaro smolali yopishtiruvchi moddalar yordamida biriktirilgan gofrirlangan plastinalardan tashkil topadi. Ularning yig‘ilgan konstruksiyasi gorizontal tekislikka nisbatan ikki xil kanal burchagini hosil qiladi. Bunday qoplamalarning qalinligi odatda 5 sm dan 30 sm gacha bo‘ladi. Eng keng tarqalgan material sellyuloza hisoblanadi. Jahon bozorida ushbu turdagi qoplamalar asosan Shvetsiyaning Munters Corp. kompaniyasi tomonidan “Celdek” va “Glasdek” savdo nomlari ostida hamda AQShning KUUL Corp. kompaniyasi tomonidan “KUUL pads” nomi bilan ishlab chiqariladi. Sellyulozadan tashqari boshqa materiallar ham qo‘llaniladi, jumladan: PVX plastmassa, polietilen, shisha tolali materiallar. Bunday tizimlar qo‘shimcha tayanch konstruksiyalarni talab qilmaydi, tolalarning oqim bilan olib chiqib ketilishi xavfini kamaytiradi va tolali qoplamalarga nisbatan uzoqroq xizmat muddatiga ega bo‘ladi. Shuningdek, ular: katta solishtirma kontakt yuzasini (qoplama hajmiga nisbatan havo-suv kontakt maydoni); yuqori mexanik mustahkamlikni; havo va suv oqimining erkin harakatlanishini ta’minlaydi. Natijada ushbu konstruksiya havo oqimining qoplama orqali yuqori tezlikda o‘tishiga imkon beradi va bunda ortiqcha bosim yo‘qotilishi hamda suv tomchilarining oqim bilan olib ketilishi sezilarli darajada kamayadi. Qattiq strukturali qoplamalarning namlanish samaradorligi qoplama qalinligi va havo tezligiga bog‘liq holda odatda 70% dan 90% gacha bo‘ladi. Shu bilan birga, sellyulozali qoplamalar plastmassa gofrirlangan plastinalarga nisbatan yuqoriroq samaradorlikka ega ekanligi aniqlangan [12, 13]. Plastmassa yoki metall to‘r asosidagi boshqa turdagi qoplamalar ham qattiq strukturali qoplamalarga yaxshi alternativa hisoblanadi.

Paketli yoki to‘ldirgichli qoplamalar kamroq strukturaga ega materiallardan tayyorlanadi. Shu sababli namlanadigan muhitni joylashtirish hamda havo va suv oqimlarini bir tekis taqsimlash uchun maxsus korpus yoki qobiq talab etiladi. Bunday holat ayrim tolali qoplamalarda ham uchrashi mumkin bo‘lsa-da, “fill pads” atamasi odatda barcha g‘ovak noorganik materiallarga nisbatan qo‘llaniladi. Ular tabiiy materiallar-masalan vulqon toshlari yoki sun’iy materiallar-kengaytirilgan gil kabi moddalardan tayyorlanishi mumkin [14, 15]. Bundan tashqari, ayrim alternativ prototiplarda: g‘ishtlar, keramik quvurlar asosidagi konstruksiyalar ham qo‘llanilgan [16, 17]. So‘nggi yillarda plastmassa yoki metall to‘r asosida tayyorlangan alternativ qoplamalarning turli konfiguratsiyalari ishlab chiqildi. Ular “Trickle fills” deb ataladi. Ushbu tizimlarda suv to‘r bo‘ylab oqadi va bunda mayda suv tomchilari hosil bo‘lishi hamda to‘r sirtida yupqa suv plyonkasi shakllanishi birgalikda yuz beradi. Mazkur qoplamalar: kamroq qattiq cho‘kma hosil qilishi; katta havo va suv sarflarida ishlash imkoniyati; kichik bosim yo‘qotilishi; yuqori namlanish samaradorligi bilan tavsiflanadi [17, 18]. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, bug‘latishli havo sovitish tizimlari energiya sarfini kamaytirish va ekologik samaradorlikni oshirishda istiqbolli texnologiya hisoblanadi, ayniqsa issiq va quruq iqlim sharoitlarida ularning samaradorligi yuqori bo‘ladi.

**Xulosa.** Bug‘latishli sovitish tizimlari energiya sarfini kamaytirish va ekologik xavfsiz sovitish usulini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, issiq va quruq iqlim sharoitlarida ushbu tizimlarning samaradorligi yuqori bo‘lib, an’anaviy sovitish qurilmalariga nisbatan kam energiya talab qiladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, tizim samaradorligi asosan namlantiruvchi qoplama materiali, konstruksiyasi hamda havo va suv sarfiga bog‘liq bo‘ladi. Tolali, qattiq strukturali va paketli qoplamalarning har biri o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega bo‘lib, qo‘llanish sohasi iqlim sharoiti va texnologik talablar asosida tanlanadi. Havoni oldindan quritish asosidagi takomillashtirilgan bug‘latishli sovitish tizimlari yuqori namlik sharoitida ham samarali ishlashi bilan ajralib turadi. Kelgusida mahalliy va ekologik toza

materiallardan foydalanish asosida samaradorligi yuqori bo‘lgan bug‘latishli sovitish qoplamalarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

**Foydalanilgan adabiyotlar.**

1. V. Vakiloroaya, B. Samali, A. Fakhar, K. Pishghadam. A review of different strategies for HVAC energy saving. Energy Conversion and Management, Vol. 77, pp. 738-754, 2014.
2. C. Buratti, P. Ricciardi, M. Vergoni. HVAC systems testing and check: a simplified model to predict simplified thermal comfort conditions in moderate environments. Applied Energy, Vol. 104, pp. 117-127, 2013.
3. X. Xu, P.J. Culligan, J.E. Taylor. Energy Saving Alignment Strategy: achieving energy efficiency in urban buildings thermal environment. Applied Energy, Vol. 123, pp. 209-219, 2014.
4. Y.M. Xuan, F. Xiao, X.F. Niu, X. Huang, S.W. Wang. Research and application of evaporative cooling in china: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, Issue 5, pp. 35-46, 2012.
5. J.T. Libertya, B.O. Ugwuishiwu, S.A. Pukuma, C.E. Odo. Principles and Application of Evaporative Cooling Systems for Fruits and Vegetables Preservation. International Journal of Current Engineering and Technology, Vol. 3, No. 3, pp. 1000-1006, 2013.
6. P.M. La Roche. Passive Cooling Systems in Carbon Neutral Architectural Design. Boca Raton, FL: CRC Press, Ch. 7, Section 7.4, pp. 242- 258, 2012.
7. E.V. Gomez, F.J.R. Martinez, F.V. Diez, M.J.M. Leyva, R.H. Martin. Description and experimental results of a semi-indirect ceramic evaporative cooler. International Journal of Refrigeration, Vol. 28, Issue 5, pp. 654-662, 2005.
8. D. Jain. Development and testing of two-stage evaporative cooler. Building and Environment, Vol. 42, Issue 7, pp. 2549-2554, 2007.
9. H. El-Dessouky, H. Ettouney, A. Al-Zeefari. Performance analysis of two-stage evaporative coolers. Chemical Engineering Journal, Vol. 102, Issue 3, pp. 255 266, 2004.
10. M.Q. Shaheen, S.H. Hmmadi. Combined evaporative air cooler and refrigeration unit for water purification and performance enhancement of air-cooling system. University of Thi-Qar J. for Eng. Sciences, Vol. 10, No. 1, pp. 79-90, 2019.
11. E.M. Ahmed, O. Abaas, M. Ahmed, M.R. Ismail. Performance evaluation of three different types of local evaporative cooling pads in greenhouses in Sudan. Saudi Journal of Biological Sciences, 18(1), pp. 45-51, 2011.
12. M. Czarick, B. Fairchild. Plastic less effective than paper evaporative cooling pads! World Poultry, 28(10), pp. 26-29, 2012.
13. N. Khosravi, D. Aydin, M. Karim Nejhad, P.A. Dogramaci. Comparative performance analysis of direct and desiccant assisted evaporative cooling systems using novel candidate materials. Energy Conversion and Management, 221 (April), 113167, 2020.
14. H.M.U. Raza, M. Sultan, M., Bahrami, A.A. Khan. Experimental investigation of evaporative cooling systems for agricultural storage and livestock air-conditioning in Pakistan. Building Simulation, 14(3), pp. 617-631, 2021.

15. W. Chen, S. Liu, J. Lin. Analysis on the passive evaporative cooling wall constructed of porous ceramic pipes with water sucking ability. Energy and Buildings, 86, pp. 541-549, 2015.
16. P.A. Dogramaci, D. Aydın. Comparative experimental investigation of novel organic materials for direct evaporative cooling applications in hot-dry climate. Journal of Building Engineering, 30(December), 101240, 2020.
17. A. Franco, D.L. Valera, A. Pena. Energy efficiency in greenhouse ECT: Cooling boxes versus cellulose pads. Energies, 7(3), pp. 1427-1447, 2014.
18. P. Martinez, J. Ruiz, P.J. Martinez, A.S. Kaiser, M. Lucas. Experimental study of the energy and exergy performance of a plastic mesh evaporative pad used in air conditioning applications. Applied Thermal Engineering, 138 (March), pp. 675-685, 2018.