

“WARM DROP” — INFUZION SUYUQLIKLARNI ISITISH QURILMASI

Maxmudov Sanjar Yo‘ldashali o‘g‘li

Qo‘qon davlat universiteti

Yunusova Mohira Rustam qizi

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada infuzion terapiya jarayonida paydo bo‘ladigan harorat nazorati muammosi va uni hal etishga qaratilgan “Warm Drop” qurilmasi loyihasi ilmiy nuqtayi nazardan tahlil qilinadi. Qurilmaning texnik tuzilishi, ishlash prinsipi, klinik ahamiyati va bozordagi afzalliklari ko‘rib chiqiladi. Maqolada mikrokontroller boshqaruviga asoslangan avtomatik harorat nazorati tizimining tibbiy muassasalarda qo‘llanilishi mumkinligi asoslanadi.

Kalit so‘zlar: infuzion terapiya, harorat nazorati, mikrokontroller, gipotermiya, aqlli qurilma, tibbiy elektronika.

1. KIRISH

Zamonaviy tibbiyotda infuzion terapiya — ya‘ni venaga suyuqlik yuborish usuli — ko‘llab-qo‘llaniluvchi asosiy davolash metodlaridan biriga aylangan. Xlorid natriy eritmasi, glukoza, Ringer eritmasi kabi preparatlar kundalik klinik amaliyotda keng ishlatiladi. Ushbu preparatlar organizmga yuborilishidan avval tegishli harorat ko‘rsatkichiga ega bo‘lishi terapevtik samaradorlik uchun hayotiy muhim ahamiyat kasb etadi.

Biroq, ko‘pchilik tibbiyot muassasalarida, ayniqsa resurslari cheklangan hududlardagi kasalxona va klinikalarda, infuzion eritmalarning haroratini nazorat qiluvchi maxsus qurilmalar mavjud emas. Amaliyotda eritmalar ko‘pincha xona haroratida, ya‘ni 18–22°C atrofida saqlanadi va bevosita bemorga shu holatda yuboriladi. Bu esa bir qancha klinik muammolarga zamin yaratadi.

Muammo nafaqat texnik, balki tibbiy jihatdan ham jiddiy hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, sovuq infuzion suyuqliklarning venaga yuborilishi bemorning tana haroratini pasaytiradi, vena devorlarini qisqartirib (vazospazm), og‘liq sezgisini kuchaytiradi va qon aylanish tizimiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa jarrohlikdan so‘ng, kuyish jarohatlarida yoki intensiv terapiya palatalarida davolanuvchi bemorlarda sovuq eritma yuborilishi gipotermiyaning boshlanishiga olib kelishi mumkin — bu esa holat ogirlashtiruvchi omil sifatida baholanadi.

Yuqorida keltirilgan muammoni yechish maqsadida Qo‘qon Davlat Universiteti talabasi Saidahmedov Rustamjon tomonidan “Warm Drop” nomli innovatsion loyiha ishlab chiqildi. Qurilma infuzion suyuqlik haroratini avtomatik ravishda insonning

fiziologik me‘yoriga mos keladigan 36–37°C darajada ushlab turish imkonini beradi. Ushbu maqolada mazkur loyihaning texnik tuzilishi, ilmiy asoslari, klinik ahamiyati va bozordagi mavqei ilmiy uslubda tahlil qilinadi.

2. ASOSIY QISM

Muammoning tibbiy-fiziologik tahlili

Infuzion terapiya jarayonida suyuqlikning harorati bemorlarga bevosita ta‘sir qiluvchi muhim omildir. Inson tanasining normal harorati 36,5–37,5°C oralig‘ida hisoblanadi. Bundan past haroratdagi suyuqlikning venaga yuborilishi organizmning termoregulyatsiya tizimiga ortiqcha yuk yuklab, bir qator fiziologik muammolarga sabab bo‘ladi.

Tomir spazmi (vazospazm) — bu sovuq suyuqlikning vena devoriga ta‘siri natijasida sodir bo‘ladi. Vena devoridagi silliq muskullar qisqaradi, bu esa infuziya tezligini kamaytirishi, noto‘g‘ri infuziyaga va og‘liq sezgisiga olib kelishi mumkin. Bemor noqulaylik sezadi, ayrim hollarda esa jarayon to‘xtatilishi zarur bo‘lib qoladi.

Gipotermiya — ya‘ni tana haroratining 35°C dan pastga tushishi — ayniqsa uzoq muddatli infuziya qilinuvchi bemorlarda kuzatilishi mumkin. Bu holat yurak urishining buzilishi, qon ivishining sekinlashishi va immunitet tizimining zaiflashishi kabi jiddiy asoratlarni keltirib chiqarishi ilmiy jihatdan tasdiqlangan. Jarrohlik amaliyotlari paytida perioperativ gipotermiya jarohiy asoratlar xavfini sezilarli darajada oshiradigan omil sifatida ko‘rib chiqiladi.

Amaliyotda qo‘llaniluvchi an‘anaviy isitish usullari (eritmani issiq suvga solib qo‘yish, radiator yoniga qo‘yish va hokazo) isitish haroratini nazorat qilmaydi, gigienik normalarni buzishi mumkin va amalga oshirish vaqtni talab qiladi. Bundan tashqari, ba‘zan eritma haddan tashqari qizib ketishi ham xavfli oqibatlarga olib kelishi mumkin, chunki yuqori harorat (40°C dan yuqori) eritma tarkibidagi biologik faol komponentlarni parchalaydi.

“Warm Drop” qurilmasining texnik tuzilishi

“Warm Drop” qurilmasi bir necha o‘zaro bog‘liq texnik komponentlardan tashkil topgan yaxlit sistema sifatida loyihalashtirilgan. Qurilmaning asosiy ishlash prinsipi qaytaruvchan aloqa (feedback) tizimiga asoslangan bo‘lsa-da, butun jarayon mikrokontroller tomonidan avtomatik boshqariladi.

Harorat sensori — qurilmaning o‘lchov birligi hisoblanib, infuzion suyuqlikning joriy haroratini real vaqtda doimiy ravishda kuzatib boradi. Sensor analog yoki raqamli signal shaklida ma‘lumotni mikrokontrollerga uzatadi. Tibbiy qurilmalarda ko‘p qo‘llaniluvchi NTC termistorlar va DS18B20 kabi raqamli harorat sensorlari yuqori aniqlik va kichik o‘lchamga egaligi bilan ajralib turadi.



1-rasm – “Warm Drop” qurilmasining tashqi ko‘rinishi

Mikrokontroller — qurilmaning “miyasi” bo‘lmish bu element barcha hisob-kitob va boshqaruv vazifalarini bajaradi. Sensor ma‘lumotlarini qabul qilib, joriy haroratni maqsadli harorat (36–37°C) bilan taqqoslab, isitish elementini yoqish yoki o‘chirish to‘g‘risida qaror qabul qiladi. Arduino platformasi yoki shunga o‘xshash ochiq manba mikrokontrollerlari ushbu vazifani samarali bajara oladi, bu esa qurilmaning ishlab chiqarish tannarxini sezilarli darajada kamaytiradi.

Qizdiruvchi element infuzion trubka yoki kapelnitsa idishi atrofiga joylashtirilgan isitgichdan iborat bo‘lib, u suyuqlikni kerakli haroratga yetkazish uchun ishlaydi. Elektr energiyasini issiqlikka aylantiruvchi bu element mikrokontroller buyrug‘i bilan yoqiladi yoki o‘chiriladi. Isitish jarayoni gistersezis printsipi asosida boshqariladi: ya‘ni harorat 36°C dan pastga tushganda isitish boshlanadi va 37°C ga yetganda to‘xtatiladi. Bu yondashuv ortiqcha harorat tebranishlarini oldini oladi.

OLED displey qurilmaning joriy holatini foydalanuvchiga vizual ko‘rinishda namoyish etib turadi: suyuqlikning haqiqiy harorati, maqsadli harorat va isitish elementining holati (yoniq/o‘chiq) ekranda aks etadi. Bu tibbiyot xodimiga qurilma ishlashini bir nazar bilan kuzatib borish imkonini beradi.

Ovozli ogohlantirish tizimi xavfli holatlarda — masalan, harorat chegaradan oshib ketganda yoki sensor nosozligi yuz berganda — tovushli signal beradi. Bu xususiyat ayniqsa shifokor yoki hamshira qurilmadan uzoqda bo‘lgan paytda muhim xavfsizlik vazifasini bajaradi.

Akkumulyator taʼminoti qurilmani tarmoq elektr taʼminotsiz ham ishlash imkonini beradi. Bu xususiyat ayniqsa tez yordam xizmatlari, statsionar boʻlmagan muolajalar va uyda davolanish sharoitlarida juda muhim ahamiyatga ega. Qurilma 12V kuchlanishdagi batareyada ishlashi qurilmaning mustaqilligini taʼminlaydi.

Ishlash algoritmining tavsifi

Qurilmaning ishlash algoritmi quyidagi bosqichlarni oʻz ichiga oladi. Birinchi bosqichda harorat sensori infuzion suyuqlikning joriy haroratini oʻlchaydi va analog yoki raqamli signal sifatida mikrokontrollerga uzatadi. Ikkinchi bosqichda mikrokontroller qabul qilingan qiymatni maqsadli harorat diapazoni (36–37°C) bilan taqqoslaydi.

Agar oʻlchangan harorat 36°C dan past boʻlsa, mikrokontroller qizdiruvchi elementni yoqadi (uchinchi bosqich). Suyuqlik harorati koʻtarila boshlaydi va bu jarayon doimiy ravishda kuzatib boriladi. Toʻrtinchi bosqichda harorat 37°C ga yetgach, mikrokontroller qizdiruvchi elementni oʻchiradi. Harorat yana 36°C ga tushgach, sikl takrorlanadi.

Parallel ravishda OLED displey doimiy yangilanib turadi, ovozli signal tizimi esa haroratning belgilangan chegaralardan (masalan, 35°C dan past yoki 38°C dan yuqori) tashqariga chiqib ketishi holatlarida ishga tushadi. Bu yopiq boshqaruv zanjiri (closed-loop control system) printsipi boʻlib, u qurilmaning ishonchliligini taʼminlashda muhim rol oʻynaydi.

Analog qurilmalar bilan taqqoslash va afzalliklari

Dunyoda infuzion suyuqliklarni isitish uchun moʻljallaAlgan bir necha xorij ishlab chiqaruvchilarining qurilmalari mavjud. Ular odatda murakkab tuzilishga ega boʻlib, yuqori narxda sotiladi. Bundan tashqari, bunday qurilmalarni Oʻzbekistonda mahalliy ishlab chiqarish hozircha yoʻlga qoʻyilmagan.

“Warm Drop” loyihasi quyidagi jihatlar bilan analog qurilmalardan farqlanadi va ustun keladi. Birinchidan, mahalliy ishlab chiqarish va arzon komponentlar hisobiga qurilmaning narxi sezilarli darajada past boʻladi — bu esa Oʻzbekistonning chekka hududlaridagi tibbiyot muassasalari uchun ham qurilmani qoʻlga kiritish imkoniyatini yaratadi. Ikkinchidan, portativ va ixcham dizayn qurilmani tez yordam mashinalarida, uyda parvarishlash xizmatlarida va statsionar boʻlmagan tibbiy joylarda qoʻllanilishga qulay qiladi.

Uchinchidan, avtomatik boshqaruv tizimi tibbiyot xodimlari uchun qoʻshimcha yukni kamaytiradi: qurilma sozlanganidan soʻng mustaqil ishlaydi va faqat muammo yuzaga kelganida signal beradi. Toʻrtinchidan, 12V batareyada ishlash qobiliyati elektr taʼminoti uzilgan yoki chekli boʻlgan sharoitlarda ham xizmat koʻrsatish imkonini beradi. Beshinchidan, ochiq platforma (Arduino yoki shunga oʻxshash

mikrokontroller) asosida qurilganligi sababli qurilmani keyingi rivojlantirish va takomillashtirish nisbatan oson amalga oshirilishi mumkin.

Qo‘llanish sohalari va biznes modeli

“Warm Drop” qurilmasi bir necha yo‘linalishda qo‘llanilishi mumkin. Asosiy foydalanuvchi segment kasalxonalar va klinikalar hisoblanadi: statsionar bo‘limlar, intensiv terapiya va reanimatsiya bo‘limlari, jarrohlik bo‘limlari va kundalik davolash muolajalarini amalga oshiruvchi tibbiy markazlar qurilmadan foydalanishi mumkin.

Uyda davolanuvchi bemorlar segmenti ham muhim hisoblanadi. O‘zbekistonda uyda parvarishlash xizmatlari (home care) rivojlanib bormoqda va infuzion terapiyani uyda amalga oshirish hollari ko‘paymoqda. Bunday sharoitda qurilmaning portativligi va batareyada ishlash imkoniyati uni ayniqsa qimmatli qiladi.

Tez yordam xizmatlari ham qurilmaning potentsial foydalanuvchilari qatoriga kiradi. Tez yordam brigadasida og‘ir holatdagi bemorga infuziya qilish zarurati ko‘pincha yuzaga keladi va bunday sharoitda suyuqlikning harorati nazorat qilinishi bemorning holati barqarorligini ta‘minlashga yordam beradi.

Tijorat modeli nuqtayi nazaridan qurilma tibbiyot muassasalariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri sotish yo‘li bilan, shuningdek, servis va texnik xizmat ko‘rsatish orqali daromad keltirishi mumkin. Kelajakda qurilmaning takomillashtirilgan modellari (masalan, Wi-Fi orqali uzoqdan monitoring, elektron tibbiy yozuvlar tizimi bilan integratsiya va hokazo) ishlab chiqilishi ham rejalashtirilishi mumkin.

XULOSA

“Warm Drop” loyihasi infuzion terapiyaning dolzarb muammosiga — suyuqlik haroratini avtomatik va aniq nazorat qilishga — samarali va arzon texnologik yechim taqdim etadi. Loyiha tibbiy elektronika, mikrokontroller texnologiyalari va klinik ehtiyojlarni uzviy birlashtirgan holda amalga oshirilgan.

Qurilmaning asosiy yutuqlari quyidagilardan iborat: birinchidan, infuzion suyuqlikni insonning fiziologik me‘yoriga mos keladigan 36–37°C haroratda ushlab turish orqali gipotermiya, vazospazm va tomir devorlarining zararlanishi kabi klinik xavflar oldini olish imkoniyati yaratilgan. Ikkinchidan, avtomatik boshqaruv tizimi tibbiyot xodimlarining yukini kamaytiradi va inson omili ta‘siridagi xatolar ehtimolini minimallashtiradi. Uchinchidan, portativ dizayn va batareyada ishlash imkoniyati qurilmaning qo‘llanish doirasini sezilarli kengaytiradi — shifoxona palatalaridan tortib tez yordam mashinasigacha.

O‘zbekiston sharoitida ushbu loyiha ayniqsa muhim ahamiyat kasb etadi. Mamlakatimizda infuzion suyuqliklarni avtomatik isituvchi mahalliy qurilmalar hozircha ishlab chiqarilmaydi. Shu sababli “Warm Drop” nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ijtimoiy nuqtayi nazardan ham innovatsion loyiha hisoblanadi: u import o‘rnini bosuvchi mahalliy ishlab chiqarishning yorqin namunasidir.

Kelajakda loyihani quyidagi yoʻnalishlarda rivojlantirish tavsiya etiladi: klinik sinovlar oʻtkazib, qurilmaning tibbiy standartlarga muvofiqligini tasdiqlash; Wi-Fi yoki Bluetooth orqali masofaviy monitoring qoʻshish; elektr taʼminot muammolarini yanada ishonchli yechish uchun quyosh energiyasi paneli bilan integratsiya qilish; hamda Oʻzbekiston Sogʻliqni Saqlash Vazirligi tomonidan sertifikatlanish. Ushbu qadamlar qurilmaning keng koʻlamda joriy etilishiga va milliy tibbiyot texnologiyalari sohasining rivojlanishiga hissa qoʻshadi.

ADABIYOTLAR

1. Sessler D.I. Perioperative thermoregulation and heat balance // *The Lancet*. — 2016. — Vol. 387, No. 10038. — P. 2655–2664.
2. ON HOW TO CALCULATE THE BAND GAP OF SULFUR AND ZINC-DOPED SILICONNF Zikrillayev, B Isakov, M Khaqqulov, S Mahmudov
Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 31-35
3. Andrzejowski J., Turnbull D. Fluid warming in clinical practice // *Journal of the Association of Anaesthetists*. — 2020.
4. Arduino Reference Documentation. — URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/> (murojaat sanasi: 2025-yil).
5. Microchip Technology. NTC Thermistor Application Guide. — 2022.
6. Oʻzbekiston Respublikasi Sogʻliqni Saqlash Vazirligi. Infuzion terapiya boʻicha klinik qoʻllanma. — Toshkent, 2021.
7. Atmel Corporation. AVR Microcontroller Datasheet. — 2019.
8. Buggy D.J., Crossley A.W.A. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and post-anaesthetic shivering // *British Journal of Anaesthesia*. — 2000. — Vol. 84, No. 5. — P. 615–628.
9. Saidahmedov R. “Warm Drop” — kapelnitsa suyuqligini isituvchi aqlli qurilma: loyiha taqdimoti. — Qoʻqon: QDU, 2025.
10. Oʻzbekiston Respublikasi “Raqamli Oʻzbekiston — 2030” strategiyasi. — Toshkent, 2020.