

THEORY OF DRYING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS

ISBN: 978-93-90753-39-7

Authors
**NAZIROVA R.M.,
XAMRAKULOVA M.X.,
USMONOV N.B**

Published by
Novateur Publication
novateurpublication.com

NAZIROVA R.M., XAMRAKULOVA M.X., USMONOV N.B

**MINISTRY OF HIGHER AND SECONDARY SPECIAL
EDUCATION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE
FACULTY OF CHEMISTRY - TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF "AGRICULTURAL PRODUCTION STORAGE
AND PRIMARY PROCESSING TECHNOLOGY"**

THEORY OF DRYING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS MONOGRAPHY

2021

1

UDC 631.365
BBK

Reviewers:

Head of the Department of Fruit and Vegetable Growing,

Fergana State University, Ph.D., Associate Professor:

M.A. Goziyev

Namangan Institute of Engineering Technologies,

Head of the Department, Ph.D., Associate Professor:

B.Norinboyev

Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnology,

Associate Professor, Ph.D.:

X.T.Yuldasheva

Permission is granted for publication on the basis of the Protocol No. 9 of the Academic Council of the Fergana Polytechnic Institute dated May 24, 2021.

Nazirova R.M., Xamrakulova M.X., Usmonov N.B. “Theory of drying and storage of agricultural products”. Monograph. Fergana - 2021. 137 pages.

The monograph presents the theoretical basis and results of the calculation of the dynamics of heat and moisture migration in biologically active systems during storage (minimum moisture loss) and drying (maximum moisture release) of agricultural products. The advantages of calculating the heat-mass transfer on the basis of the extended thermodynamic potential (moisture potential) of the phases of non-stationary processes are shown. The calculation methods are based on technological, thermophysical, energy and environmental aspects. The monograph emphasizes the theoretical basis of the laws of heat-mass migration processes that occur in biologically active systems on the basis of non-stationary external influences. In particular, calculations have been developed and are scientifically based to minimize moisture release during storage of freshly harvested agricultural products and to ensure maximum moisture release during drying of wet hay.

The monograph is primarily based on construction and intended for doctoral students and masters of research engaged in the development of methods for improving the design features and technologies of technological facilities, as well as researchers, masters and bachelors, doctoral students, specialists directly involved in the design and operation of buildings and structures.

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION.....	3
CHAPTER	
1. BALANCING PROCESSES OF HEAT-MOISTURE MOVEMENT IN BIOLOGICALLY ACTIVE SYSTEMS	5
Description of wet hay and agricultural products as thermodynamic systems.....	5
Characteristics of physico-mechanical and thermal-physical processes in the storage and drying of biologically active media	17
CHAPTER 2. HEAT-PHYSICAL PHYSICS OF HEAT AND HUMID MIGRATION IN BIOLOGICALLY ACTIVE SYSTEMS	24
Physico-mathematical description of some problems of heat and mass migration and their solutions	24
Some solutions of heat-mass transfer problems	34
Graphical representation of the processes that determine the state of the air in biologically active systems... ..	50
Thermodynamic substantiation of moisture potential in the calculation of the intensity of moisture exchange in biologically active systems	57
Calculation of moisture losses of barley plant raw materials on the basis of moisture potential Methodology	61
Methodology for calculating the intensity of moisture exchange based on the moisture potential in the pile of dried hay has	68
hi the intensity of moisture migration through external barriers specific features of cleaning lashni	77
CHAPTER 3. PRACTICAL RESULTS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES ON HEAT-MASS METABOLISM IN BIOLOGICALLY ACTIVE SYSTEMS	84
Thermophysical basis for calculating the mode of operation and efficiency of microclimate systems in vegetable and potato storage... ..	84
Theoretical and experimental basis for the graph-analytical method for calculating the intensity of hay drying	100
Thermodynamic bases of formation of microclimate parameters in greenhouses.....	109
Summary	127
Symbols	129
Indices	131
Criteria References	132
List of References	133

1-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARIDA ISSIQLIK-NAMLIK KO'CHISHINI MUVOZANAT JARAYONLARI

Ho'l xashak va qishloq xo'jaligi mahsulotlari uyumlarini termodinamik sistema sifatida tavsifi

Termodinamik sistema. "Termodinamik sistema" tushunchasini saqlanayotgan ho'l o'simlik xom ashyosi (kartoshka, sabzavotlar, mevalar) uyumlariga va quritilayotgan xashakga nisbatan biologik ob'ektlar sifatida qo'llash juda murakkab va ko'p qirrali masaladir. Bu holatni issiqlik almashinish jarayonlarining intensivligi, o'ziga xosligi va yo'nalishlarining turli-tumanligi, ho'l o'simlik xom ashyosini saqlashda namlik ajralishini minimallashtirish, dag'al hashak tayyorlashda o'rigan hashakni quritish jarayonida namlikni maksimal darajada ajralishiga bo'lgan talablar ham tasdiqlaydi.

Har qanday biologik struktura o'zi va tashqi muhit zarrachalari orasida issiqlik va massa almashinish jarayonlarini amalga oshira oladigan ochiq termodinamik sistemadir. U yoki bu turdagi biologik faol mahsulotni saqlash, quritish yoki ishlov berishning boshqa usullarini rejimlarini aniqlashdagi muhandislik muammolarini yechimi uchun tahlilning makroskopik darajasi etarli. Bu bosqichda tashqi muhit ta'sirlari sharoitlarida mahsulotlar tabiatini o'zgarishini ko'rsatuvchi fenomenologik qonunlar muhim ahamiyatga ega. Mahsulotlar sistemasida kechadigan jarayonlar hisobga olinadi, chunki ular mahsulotga u yoki bu ishlov berish jarayonini davomiyligini belgilaydi.

Termodinamikada sistema holatining S funksiyasi keng qo'llaniladi va aniqlanadi. Barcha qaytar jarayonlar uchun $dS=dQ/T$, qaytmas jarayonlar uchun esa $dS>dQ/T$ bo'ladi. Bu funksiya *entropiya* deyilib, uning o'zgarishi issiqlikni elementar miqdorini absolyut haroratga nisbati bilan aniqlanadi. Jarayonning qaytmasligini $dS-dQ/T=dQ'/T$ orasidagi farq belgilaydi. Agar $dQ'=0$ bo'lsa, jarayon qaytar bo'lib, uni S - T koordinatalarida aks ettirish mumkin, yakuniy qiymat dQ' bo'lganda, jarayon qaytmas hisoblanadi. Kompensatsiyalanmaydigan issiqlik dQ' bevosita sistemaning

ichida qaytmas jarayonlarning kechishi natijasida kelib chiqadi, dQ esa tashqi muhit bilan energiya almashinuviga tegishlidir.

Shuning uchun sistema entropiyasi berilgan sistemani ajratuvchi chegara orqali o'tishi hisobiga, shuningdek ichki qaytmas jarayonlar hisobiga ham o'zgarishi mumkin.

$$dS = d_e S + d_i S, \quad (1.1.)$$

bu yerda e - indeksi ko'chgan energiyaga, i - indeksi esa bevosita sistemani o'zida kelib chiqqan entropiyaga tegishli.

Izolyasiyalangan sistema (tashqi muhit bilan energiya bilan ham, modda massasi bilan ham almashmaydigan sistema) uchun tenglamaning (1.1.) o'ng qismidagi birinchi qo'shilma nolga aylanadi. Demak bunday sistemada entropiya vaqt o'tishi bilan ortishi mumkin.

Biologik faol mahsulotda (kartoshka, sabzavotlar, mevalar, namligi konditsion namlik ko'rsatkichidan yuqori bo'lgan hashak) tirik bo'lmagan tabiatning boshqa ob'ektlariga nisbatan o'z strukturasi tashkillash darajasi yuqori bo'ladi. Ularda namlik va gaz almashinishi va fiziologik (biologik) issiqlik ajralishi kabi hayotiy jarayonlar belgilari saqlanib qoladi. Shuning uchun hatto tashqi muhit bilan ta'sirlasha olmaydigan (masalan qadoqlangan) mahsulotlarni ham to'liq izolyasiyalangan termodinamik nuqtai-nazardan yopiq sistema deb qabul qilib bo'lmaydi. Biologik faol mahsulotlarni saqlash va quritish jarayonlarida ularda strukturani yuqori tashkillanish darajasini destruktsiyalanishiga va nisbatan oddiy moddalar hosil bo'lishiga olib keluvchi jarayonlar uzluksiz ravishda kechadi. Mahsulot strukturasi qaytmas o'zgarishlarning miqdoriy ko'rsatkichi sifatida sistemaning berilgan qismida entropiya tezligining ortishi xizmat qiladi.

Muvozanatning umumiy qonuniyatlari. Termodinamika asosan zarrachalarni muvozanat holatlarini o'rganadi xolos. Bu qaytmas jarayonlarni aniq tahlilini istisno qilmaydi, chunki muvozanat holatiga yaqin bo'lgan holatlar ham ko'rib chiqilishi mumkin. Muvozanat holatida bo'lmagan sistemalardagi oqimlar, kuchlar va

fenomenologik qonuniyatlar tabiatini o'rganuvchi umumiy ta'minot *qaytmas jarayonlar termodinamikasi* deyiladi.

Qaytmas jarayonlar termodinamikasida ularni miqdoriy jihatdan tavsiflash uchun qo'llaniladigan asosiy qiymat bu sistemada entropiyani vaqt birligiga birlashish intensivligidir. Biologik faol moddalarda bu qiymat asosan kimyoviy va biokimyoviy reaksiyalarga bog'liq bo'lib, quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$dS / d\tau = (1/T) \sum A_p v_p, \quad (1.2.)$$

bu yerda v_p – reaksiya tezligi koeffitsienti; A_p – berilgan reaksiya tezligi;

$A_p = - \sum v_k \mu_k$ qiymati. Kimyoviy reaksiya V_k va kimyoviy potensial μ_k larning stexiometrik koeffitsientlari har bir komponent “k” uchun qabul qilinadi. Jumladan, $v_k=1,0$ bo'lganda. A_p – qiymati berilgan komponentni ikkita fazada kimyoviy potenciallari orasidagi farqqa teng: $A_p = \mu'_k - \mu''_k$. Kimyoviy potenciallarning bu farqi *ko'chishning termodinamik harakatlantiruvchi kuchi* deyiladi.

Yuqoridagi nisbatdan (1.2) ko'rinib turibdiki, $A_p=0$ yoki $v_p=0$ bo'lganda, termodinamik muvozanat holati sekinlashtirilgan kimyoviy muvozanat holatidan iboratdir.

Agar v_p qiymati noldan farq qilsa, kimyoviy reaksiya tezligi almashinuvini harakatlantiruvchi termodinamik kuchga proporsional bo'ladi.

$$v_p = L_{ik} A_p, \quad (1.3)$$

bu yerda L_{ik} – berilgan i – reaksiyani boshqa har qanday “k” indeksli va boshqa sistemada bir vaqtda kechadigan har qanday boshqa jarayonlarga (issiqlik, diffuzion va hokazo) bog'liqligini belgilovchi proporsionallik koeffitsientidir.

Shuning uchun ikkita o'zaro bog'liq reaksiyalarni mikroskopik qaytish koeffitsienti $L_{ik} = L_{ki}$ o'zaro bog'liqlik nisbatini qondiradi. Bundan quyidagilar kelib chiqadi.

$$dv_i / dA_k = dv_k / dA_i. \quad (1.4)$$

Klassik termodinamika qonuniyatlariga asosan (1.4) – tenglamadan dv-qiymatni to'liq differensialligi kelib chiqadi, *ya'ni sistema potensialga ega*. Bunday sistemani undagi entropiyani oshishiga olib keluvchi har qanday o'zgarish ertami – kech uni

termodinamik muvozanat holatiga keltiradi, ya'ni sistemani turli nuqtalarida potentsiallarning tenglashuvi sodir bo'ladi.

Ochiq sistema uchun vaqt davomida entropiyaning to'liq o'zgarishi

$$dS/d\tau = d_e S/d\tau + d_i S/d\tau \quad (1.5)$$

faqatgina musbat yoki nolga teng bo'ladi ($d_e S/d\tau \geq 0$). Ayrim hollarda sistemadagi entropiyaning vaqt birligiga birlashuvi xuddi shu vaqt oralig'ida entropiyaning tashqi muhitga o'tishi bilan kompensatsiyalanishi mumkin, shuning uchun entropiyaning to'liq o'zgarishi $dS/dt = 0$ bo'ladi. Sistemaning bunday holati *statsionar holat* deyiladi.

Statsionar holatni keltirib chiqarish uchun zarur bo'lgan $d_i S/d\tau < 0$ shartdan ko'rinib turibdiki, bu holatda sistema tashqi muhitga qabul qilayotganidan ko'proq energiya chiqarishi kerak. Buni faqatgina sistema erkin energiyaning barqaror darajasiga ega bo'lganidagina imkoni bo'lib, bu holat barcha yuqori darajali ozuqali moddalarga, jumladan quritilayotgan hashak va barra o'simlik xom ashyosiga xosdir. SHunday qilib, biologik faol moddalarni asosiy fizik-mexanik va fiziologik xossalarning saqlanuvchanligi asosining doimiyligida aynan erkin energiyaning barqarorligi yotadi.

Statsionar holatga termodinamik muvozanatning yakka holati sifatida $d_i S/d\tau$ – qiymatining minimumida erishiladi. Lekin sistemaning evolyutsiyasi jarayonida, u haqiqiy muvozanat holatiga kelishidan avval, entropiyaning birlashuvi minimal darajada bo'lsa ham yakuniy qiymatni tashkil etadi. Ushbu jarayonning kompensatsiyasi sifatida sistemada zahira sifatida to'plangan erkin energiyaning tarqalishi (degradatsiyasi) xizmat qiladi. Biologik faol oziq-ovqat mahsulotlari va quritilayotgan hashakni ozuqaligini saqlab qolishda bu kompensatsiya mahsulotlarni ozuqalik qiymatini bir qismini saqlash va quritish jarayonida yo'qotilishlar (sifatni pasayishi) sifatida namoyon bo'ladi.

Sistema statsionar holatga ($d_i S/dt \rightarrow \min$) kelganda, u tashqi ta'sirlarga shunday reaksiya qiladiki, vujudga kelayotgan oqim bu ta'sirni kompensatsiyalashga harakat

qiladi. Shunday qilib, statsionar holat barqarorlikga ega bo'lib, sistema bu holatdan chiqarilganda baribir yana shu holatga qaytadi.

Tadqiqotlarning pirovard natijasidan ko'rinib turibdiki, termodinamik muvozanat holatida bo'lgan geterogen sistemaning barcha fazalari bir xil haroratga ega bo'lib, har bir fazaning kimyoviy potentsiali teng bo'ladi.

Namlikni biologik xom ashyo bilan bog'lanish energiyasi va shakllari.

Kartoshka tugunaklari, oq bosh karam, sabzi va xo'raki lavlagi ildizmevalari, piyoz boshlari ikki va uch yillik o'simliklarning vegetativ organlari hisoblanadi. Hashak maysalarni etishtirish, yig'ib-terish va quritish jarayonlari natijasida olingan yakuniy mahsulot hisoblanadi. Yashil (barra) o'simlik mahsulotlarida mexanik, zaxira va qoplama to'qimalar farqlanadi. Birinchi to'qimalar o'simlikga barqarorlik, pishiqlik bersa, ikkinchi turdagi to'qimalarda mahsulotni asosiy ozuqalik qiymatini tashkil etuvchi moddalar jamlangan. Qoplama to'qimalar (epidermis va periderma) orqali atmosfera va hujayralararo havo bo'shliq orqali namlik va gaz almashinuvi amalga oshiriladi. Namlik epidermis yoki periderma yuzasida joylashgan ochiq og'izchalar orqali faol ravishda bug'lanadi.

Kartoshka va sabzavotlar tarkibida suv miqdori yuqori bo'lganligi tufayli (75 % dan ortiqroq) ular barra o'simlik xom ashyosi deb nomlanuvchi guruhga birlashtiriladi. Har qanday botanik tarkibga ega maysalarning strukturasiga ko'ra namligi juda yuqori bo'ladi (75...80 %). Biologik faol mahsulotlarda suv ikki xil shaklda – erkin va bog'langan holda bo'ladi. O'simlik mahsulotlaridagi organik moddalarning murakkab strukturasiga tufayli ulardagi namlik bog'lanishining ayrim kuchlarining (kimyoviy, fizik-kimyoviy, fizik-mexanik) tabiatini aniq aniqlashni imkoni bo'lmaydi. Mahsulotlardagi bog'langan suv haqida gap ketar ekan, eng mustahkam bog'langan kimyoviy va fizik-kimyoviy suvni bir qismi ko'zda tutiladi. Bog'lanish mustahkamligi nisbatan past bo'lgan fizik-kimyoviy usulda bog'langan suv (maysalarning bo'shliqlari va g'ovaklaridagi suv) va mahsulot bilan faqatgina mexanik usulda bog'langan suv erkin namlikni tashkil qiladi. Barra o'simlik xom ashyosidagi va yangi o'rigan

maysalar tarkibidagi suvning asosiy qismi erkin holatda bo'lib, atigi 5...15 % namlik bog'langan holatda bo'ladi.

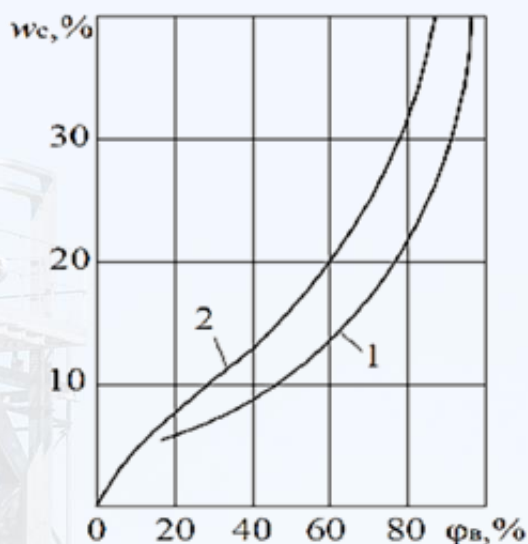
Termodinamik muvozanat holatida namlikni bog'lanishini barcha shakllarini yig'indi ko'rinishi namlik miqdoridan, namlikni mahsulot tomonidan yutilish intensivligi (tezligi) dan kelib chiquvchi *sorbsiya izotermasi* deb nomlanuvchi havoning nisbiy namlik ko'rsatkichidan va *desorbsiya izotermalaridan* (mahsulotni quritish) kelib chiqadi. Bu egri chiziqlar absolyut quruq mahsulotga to'g'ri keluvchi $\varphi = 0$ dagi nuqtada boshlanib, mahsulotdagi maksimal sorbsion namlik miqdoriga i_s to'g'ri keluvchi $\varphi = 100$ % bo'lgan nuqtada yakunlanadi. Ko'plab turdagi mahsulotlarning ayrim komponentlarini eruvchanligi yoki muvozanatga kelish jarayonining davomiyligi sababli mahsulotlarning mog'orlanishi natijasida maksimal sorbsion namlik miqdoriga erishib bo'lmaydi. Bunday holatlarda sorbsiya izotermasi mahsulotni boshlang'ich sifatini saqlanib qolishiga to'g'ri keluvchi $\varphi = 100$ % nuqtada uziladi.

Ko'p hollarda izoterma sorbsiyalari o'ziga xos S – simon shakldagi egri chiziq ko'rinishida bo'ladi. Nam mahsulotni gigrometrik muvozanat holatidagi matematik bog'liqni aniq analitik tahlil qilishning imkoni yo'qligi tufayli sorbsiya izotermalari empirik ravishda aniqlanadi. Turli xil oziq-ovqat va o'simlik kelib chiqishiga ega mahsulotlar, shuningdek turli navdagi xashak va somonlar uchun termodinamik muvozanat holatida sorbsiya (namlash) va desorbsiya (quritish) izotermalari namlikni barcha bog'lanish shakllarining yig'indi ko'rinishi 1.1,1.2,1.3 va 1.4 -rasmlarda keltirilgan.

Nisbatan erkin holatda bo'lgan fizik-kimyoviy bog'langan suv kapillyar devorlarning materiali bilan kimyoviy ta'sirlasha boshlaydi. Mahsulotlarning ayrim komponentlari ma'lum vaqtdan so'ng kapillyarlarda hosil bo'luvchi eritma tarkibiga kiradi. Bu eritma tarkibi va konsentratsiyasi mahsulotni tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirlashuvi natijasida o'zgaradi, shuningdek kapillyar devorlarining sorbsion xossalari ham o'zgaradi, bu esa sorbsion gisterezis hodisasining, ya'ni barra o'simlik

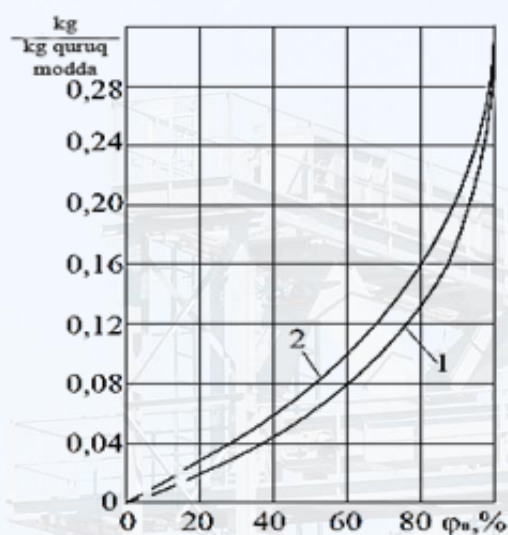
xom ashyosi va quritilayotgan hashakda namlikni sorbsiyalanish va desorbsiyalanish egri chiziqlarini mos kelmasligining asosiy sabablaridan biridir.

Tirik o'simliklarda turli holatdagi suvni ko'p miqdorda bo'lishi biokimyoviy jarayonlarning yuqori faolligini keltirib chiqaradi, mahsulotlarda namlik miqdori kamayib borar ekan, jarayonlar tezligini kamayishi va quritilgan somonda esa to'xtashi kuzatiladi.

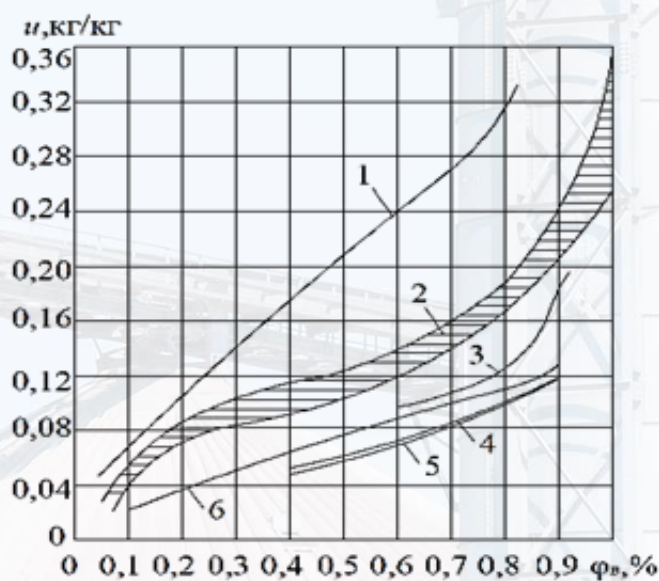


1.1-rasm.

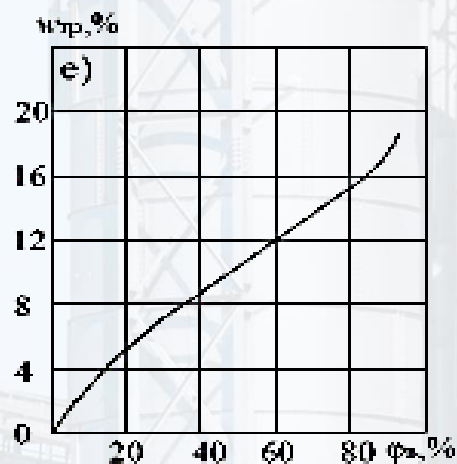
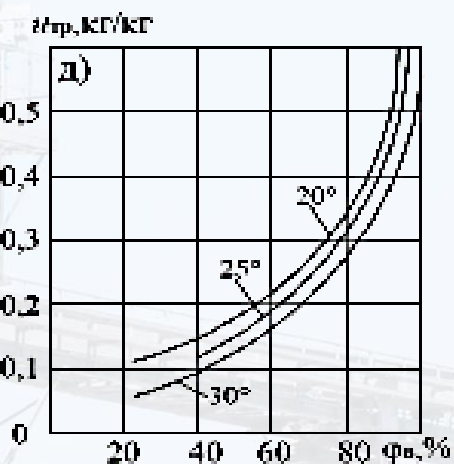
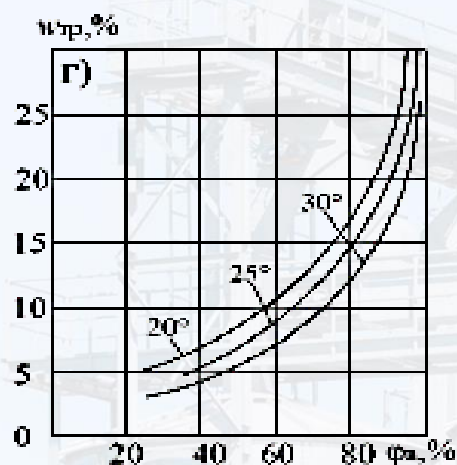
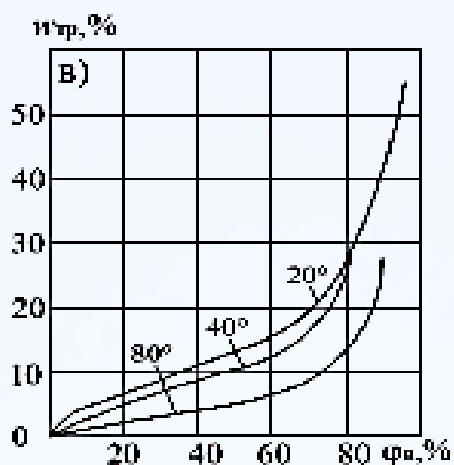
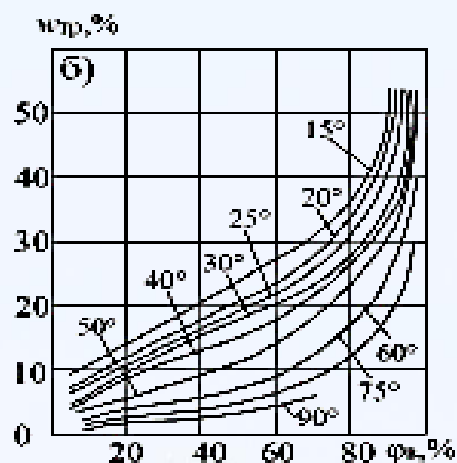
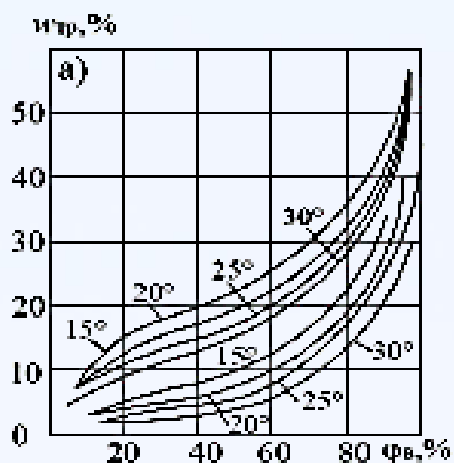
Muvozanat namlik:
1 – hashak; 2 – tamaki;
 $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$



1.2-rasm. Zig'ir trestasining muvozanat namligi, $t=40\text{ }^{\circ}\text{C}$; 1-sorbsiya; 2 – desorbsiya



1.3-rasm. Sorbsiya izotermalari:
1-tamaki barglari; 2-boshhoqlilar; 3-soya; 4-kungaboqar urug'lari; 5-nasha, zig'ir; 6-kraxmal.



1.4-rasm.

Izotermalar:

- a – g'umayda sorbsiya va desorbsiya hodisasi;
- b – hashak desorbsiyasi (o'tloqzor) (J.K.Tunker);
- v – hashak desorbsiyasi (o'tloqzor) (E.Potke);
- g – sorbsiya (yo'ng'ichka);
- d - sorbsiya (o'tloqzor) (B.Winkler); e – sorbsiya (presslangan somon, $p = 250\text{kg/m}^3$).

Sistemalarning erkin energiyasi. Biologik faol mahsulotning hayot faoliyatining energetik asosini nafas olish jarayoni tashkil qiladi. Anaerob (glikoliz) va aerob parchalanish (oksidlanish) hossalari farqlanadi. Oksidlanish reaksiyalari (o'zgarishlar) barcha turdagi ozuqali moddalarni – uglevodlar, aminokislotalar va yog' kislotalarni qamrab olib, bu moddalar energiya asosiy manbai hisoblanadi.

(1.6)



gramm – molda $180 + 192 = 264 + 108;$

bu yerda $\Delta G^0 = -2874$ kDj – mol – energiya standart o'lchovi va ΔG – sistemaning erkin energiyasini o'zgarishidan iborat bo'lib, bundan doimiy harorat va bosim sharoitidagi ishlarni bajarishda foydalanish mumkin: $G = \Delta u + p\Delta V - T\Delta S$; Δu - sistemaning ichki energiyasini o'zgarishi; $p\Delta V$ – sistema tomonidan olingan yoki amalga oshirilgan ish; $T\Delta S$ – issiqlikni sistemadan tashqi muhitga o'tishi.

Dekstruksiya jarayoni qaytmas jarayon bo'lganligi uchun mahsulotni yuqori darajada tashkillangan boshlang'ich strukturasini buzilishiga olib keladi, bunda karbonat angidrid gazi, suv va issiqlik ajralib chiqadi. Tenglama (1.6) bo'yicha 1 kg organik moddaning oksidlanishi natijasida 15960 kDj issiqlik va 600 gr suv ajralib chiqadi. 1 mg. CO₂ ajralishiga 12,5 kDj energiya to'g'ri keladi.

Ajralgan karbonat angidrid SO₂ gazi va yutilgan kislorod O₂ ning molyar miqdorlarining nisbati *nafas olish koeffitsienti* (NOK) deyiladi. NOK – qiymati harorat, organizmlarning fiziologik holati va boshqa shu kabi faktorga bog'liq. Barra o'simlik xom ashyosini haroratini tebranishi natijasida nafas olish intensivligini o'zgarishi Gor formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$q_v = q_o \exp(Kt); \quad g_v = g_o \exp(Kt). \quad (1.7)$$

Nafas olishni solishtirma issiqligi ajralayotgan karbonat angidrid gazining solishtirma miqdori, K – koeffitsienti va harorat 10 °C ga ko'tarilganda reaksiya tezligining Q₁₀ harorat faktorlarining qiymatlari 1.1-jadvalda keltirilgan.

Barra oʻsimlik xom ashyosining nafas olish
intensivligi qiymatlari

Mahsulot	q_0 , Bt/t	g_0 , g CO ₂ / (t·s)	K, 1/°C	Q ₁₀
Kartoshka	10,0	3,74	0,0617	1,85
Oqboosh karam	14,5	15,40	0,0778	2,18
Sabzi	13,5	3,74	0,1319	3,74
Xoʻraki lavlagi	19,6	7,27	0,0717	2,05
Piyoz	11,1	4,12	0,0668	1,96

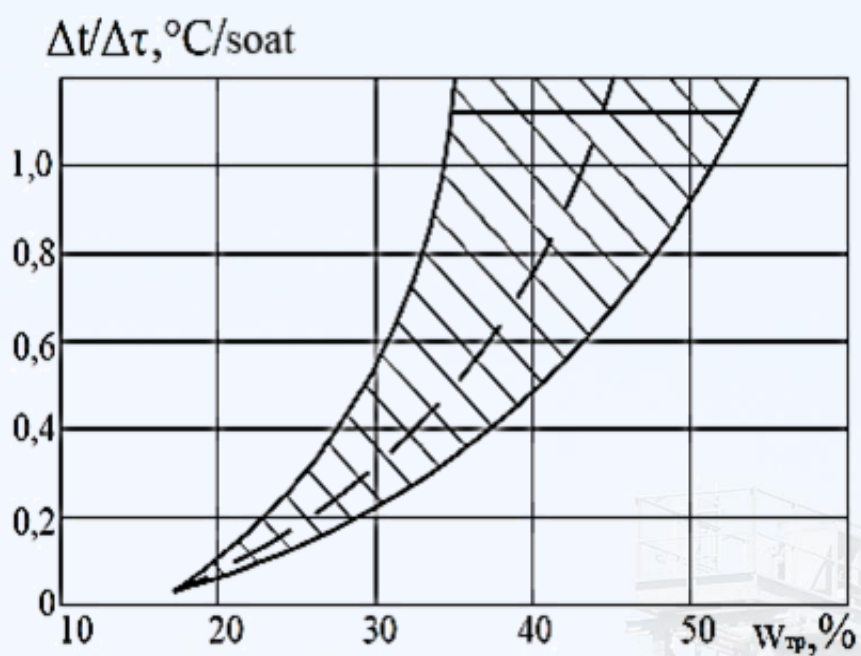
Saqlash jarayonida harorat rejimining barqarorligi nafas olish jarayonini intensivligini kamayishiga olib keladi. Mexanik zararlanishlar, kasalliklar, funksional buzilishlar barra oʻsimlik xom ashyosining nafas olish intensivligini oshiradi, chunki himoya birikmalarini sintezlash uchun energiya zahirasini toʻplanishiga ehtiyoj kelib chiqadi. Ekstperimental yoʻl bilan shu narsa aniqlandiki, mexanizatsiyalashgan usulda yigʻib-terilgan kartoshka tugunaklari uyumlarini asosiy saqlash davrida solishtirma issiqlik ajralishlar $q_1 = 17,6$ Vt/t. ni, oqboosh karam uyumlari uchun $q_v = 9,7...11,7$ Vt/t. ni, sabzi va lavlagi ildizmevalari uyumlari uchun esa bu koʻrsatkichlar tegishgilicha $q_v = 10,4$ Vt/t va $9,0$ Vt/t. ni tashkil etadi.

Yangi oʻrilgan maysalarda fiziologik hayot davom etib, aerob nafas olish jarayoni kuzatiladi. Hujayralarning nobud boʻlishi erkin suvning asosiy massasi $W_{\tau p} \leq 35...40$ % da ajralganda boshlanadi, mikroorganizmlar va mogʻor zamburugʻlar esa maysaning $W_m \approx 15$ % namligida rivojlanishdan toʻxtaydi. Shuning uchun hashakning $W_x = 15...18$ % namligi konditsion namlik hisoblanadi.

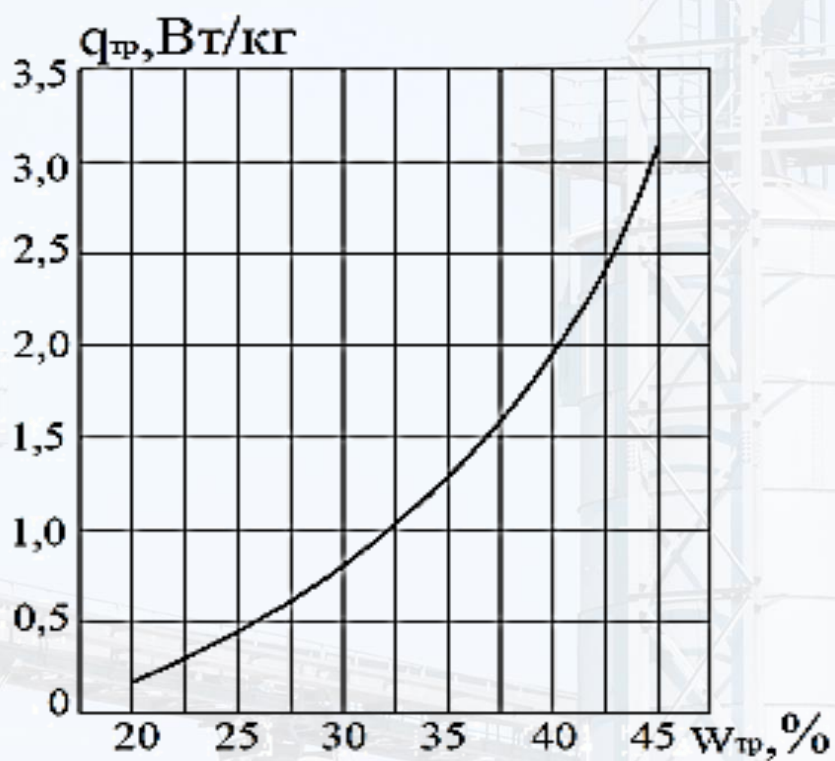
Maysalarning $20...30$ °C haroratdagi quritish jarayoni doimiy tezlikda sodir boʻladigan namlik qiymatlari turli maysalar uchun $W_p = 32...40$ % chegaralarida boʻladi.

Yaxshi quritilmagan hashak uyumida o'z-o'zidan alangalanish hodisasi kuzatilishi mumkin. Dj.S.Uotson va M.Dj.Neshlar Plineyning (eramizning I asri) bu masalani dolzarbligini bildiruvchi quyidagi sitatasini keltirishadi: "Maysa o'rilgach, uni quyoshda quritish darkor va to'liq qurimagungacha uyumlab bo'lmaydi. Agar bu ko'rsatmaga to'liq amal qilinmasa, tong mahal hashak uyumida o'ziga xos par ko'rinadi va qizish jarayoni kuzatilib, o'z-o'zidan alangalanish va shu tariqa nobud bo'lishi mumkin". O'z-o'zidan alangalanishni birinchi biologik bosqichi 8...12 kun davom etadi. Nafas olish jarayoni va bakteriyalarni faoliyati hisobiga harorat 42...49 °C gacha ko'tariladi. Keyingi 5...7 kun davomida zamburug'lar rivojlanib, harorat 70...80 °C gacha etadi va mikroorganizmlar faoliyati deyarli to'xtaydi. Hashak qorayib, bujmayib qoladi va jarayonning ikkinchi - fizik-kimyoviy bosqichi boshlanib, bunda kuygan massa kislorodni yutib, adsorbsiya issiqligini ajratib chiqaradi. Qizish jarayoni bir tekisda sodir bo'lmaydi va harorat 280...320 °C ga etganda kuygan kletchatka va quruq haydash mahsulotlari alangalana boshlaydi.

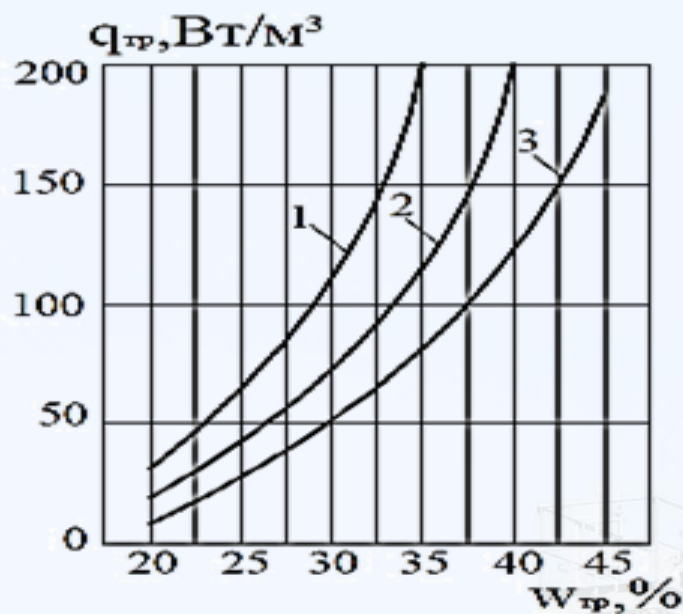
Sovutish jarayonida bug'latish effekti mavjudligi nafas olishni aniq issiqligini aniqlashni murakkablashtiradi (xorijiy va mahalliy adabiyotlarda 1935 dan 2880 Vt/t gacha qiymatlar uchraydi). Farg'ona Politehnika institutida olib borilgan tadqiqotlarda aniq issiqlik ajralishlarni quritilayotgan hashak namligiga bog'liqligini aniqlash bo'yicha olib borilgan natura tadqiqotlari boshqali va dukkakli o'simliklar hashaklari uyumlarida olib borildi. Quritilayotgan hashakning o'z-o'zidan qizishini $\Delta t / \Delta \tau$ aniqlash bo'yicha o'lchovlar tungi vaqtda, faol shamollatish tizimi ishlamayotgan holatda o'tkazildi. Uyumdagi dala sharoitida qisman so'ltilgan hashaklar namligini har xil bo'lishi biologik issiqlik ajralishlarning lokal qiymatlarini o'zgarishiga sabab bo'ldi. Turli botanik navlarga mansub maysalarni, ya'ni dukkaklilar (yo'ng'ichqa) va boshqalilar (o'tloq maysasi) orasidagi o'z-o'zidan qizish jarayoni bo'yicha farqlar aniqlanmadi. O'rtacha arifmetik qiymatlardan turli cheklanishlarni hisobga olgan holda maysa namligini $\Delta t / \Delta \tau$ bog'liqligi 1.5-rasmda ko'rsatilgan. Aniq biologik issiqlik ajralishlar intensivligini maysa namligiga $q_{hash} = f(w_{hash})$ bog'liqligi 1.6-rasmda ko'rsatilgan.



1.5-rasm. O'z-o'zidan qizish jarayoni tezligini $\Delta t / \Delta \tau$ maysa namligiga bog'liqligi.



1.6-rasm. Maysaning solishtirma biologik aniq issiqlik ajralishlari



1.7-rasm. Zichligi: 1-60 kg/m³; 2-100 kg/m³; 3-150 kg/m³ bo'lgan maysa qatlamidan aniq issiqlik ajralishlar

Tabiiy sharoitlarda tadqiqotlar natijasida olingan va 1.6-rasmda ko'rsatilgan egri chiziqning approksimatsiyasi quyidagi natijalarni berdi:

$$q_{tp} = 383,2w_{tp}^{4,4} \exp(-2,925w_{tp}) \quad (1.8)$$

Quritilayotgan xashakning uyum zichligini ma'lum qiymatlarida solishtirma aniq issiqlik ajralishlarining grafik ko'rinish 1.7-rasmda berilgan.

Biologik faol muhitlarni saqlash va quritish jarayonlaridagi fizik-mexanik va issiqlik-fizik jarayon tavsiflari

Havoli muhit parametrlari. Barra o'simlik xom ashyosini sifatiga ta'sir qiluvchi tashqi muhitning asosiy fizik parametrlariga harorat t_v , nisbiy namlik φ_v , havoni harakatchanligi v_v va gaz tarkibi kirib, bular etarli darajada to'liq o'rganilgan va mahsulot turlari va saqlash davrlari bo'yicha differensiyalangan.

Har qanday barra o'simlik xom ashyosini *optimal saqlash haroratini* xarakterlovchi biologik nol ($t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$) tushunchasi asoslangan. Saqlash jarayonida haroratni kamayishi biokimyoviy jarayonlar intensivligini kamaytirib, fitopatogen mikroorganizmlar rivojlanishini cheklaydi. Saqlashda haroratni pasaytirish chegarasi sifatida xom ashyodagi suvni muzlash harorati $t_m = -1,0 \dots -2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ qabul qilgan.

Barra o'simlik xom ashyo uyumini *optimal namlik rejimi* deyilganda mahsulotni tashqi issiqlik manbalaridan to'liq himoyalangan holatdagi nafas olish issiqligi va mahsulotni bug'lanish xususiyati ta'sirida shakllanadigan rejimi tushuniladi. Mahsulot yuzasidagi havoning muvozanat nisbiy namligi φ_p eritmaning depressiya koeffitsientidan aniqlanadi.

$$\varepsilon_k = p_{n.n} / p_{np} = 103 / (103 + \Delta t_1), \quad (1.9)$$

bu yerda $R_{p.n}$ va D_{pr} – tegishli bug'ni toza suv va eritma yuzasidagi taranglik koeffitsientlari, P_a ; Δt_m – hujayra sharbatining muzlash haroratini pasayishi; kartoshka tugunaklari uchun $\Delta t_m = 1,3$ °C; boshqa sabzavotlar uchun Δt_m qiymati 1,0 dan 2,5 °C gacha o'zgaradi.

ε_k – qiymatlari (1.9) bo'yicha 0,985...0,995 chegaralarida yotadi. Saqlash amaliyotida turli xil mahsulotlarni saqlashda saqlash omboridagi havoni nisbiy namlik ko'rsatkichlari biroz pastroq, ya'ni $\varphi_\beta = 90...97$ % atrofida bo'ladi. Barra o'simlik xom ashyosi yuzasida suv bug'ining to'yingan tarangligi yuza haroratiga to'g'ri kelib, atrof-muhitdagi bug' tarangligidan yuqori bo'ladi. Tirik to'qimalar nafas olish jarayonida issiqlik ajratib, ularning harorati atrof-muhit haroratidan yuqori bo'ladi, bu esa tashqi muhit havosining nisbiy namligi $\varphi_\beta = 100$ % bo'lganda ham mahsulot yuzasidan namlikni bug'lanishiga olib keladi. Namlik almashinish jarayoni sekin kechib, mahsulot elementlarida bug'lanish hududlarining chuqurlashuvi kuzatilmaydi. CO₂ Mahsulotni *boshqariladigan gaz muhitida* saqlash jarayonida karbonat angidrid gazi K_{CO_2} konsentratsiyasini oshishi va kislorod K_{O_2} konsentratsiyasining pasayishida nafas olish jarayonlarining sekinlashuvi kuzatiladi. Meva-sabzavot mahsulotlarini gaz muhiti boshqariladigan sovutish kameralarida saqlashda $K_{CO_2} = 3 \pm 1$ %, $K_{CO_2} = 5 \pm 1$ %, $K_{N_2} = 92 \pm 1$ % deb qabul qilinadi. Mahalliy va xorijiy manbalarda boshqariladigan gaz muhitini sun'iy sovutish tizimiga ega bo'lmagan saqlash omborlarida qo'llash bo'yicha ko'rsatmalar yo'q.

Barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida *havoni harakatchanligi* qiymatlari $i=0,04...0,2$ m/s atrofida bo'lib, xom ashyo tarkibidagi suvni havo tomonidan yutilishini oldini olish maqsadida maksimal qiymatlari 0,4...0,5 m/s dan oshmasligi

kerak. Issiqlik-fizik nuqtai-nazardan balandligi h bo'lgan tugunaklar uyumidagi harorat rejimini ushlab turish uchun zarur bo'lgan havoning minimal tezliklari $u_{\min}$ va solishtirma sarflari $L_{\min}$ qiymatlari 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.2-jadval

Tugunaklar uyumi uchun $u_{\min}$ va $L_{\min}$ qiymatlari

Uyum balandligi h, m	$u_{\min}, m/s$	$L_{\min}, m^3/(m^2s)$
1,0 gacha	0,075	110
1,0...2,0	0,10	145
2,5	0,15	215
4,0...5,5	0,25	360
5,5 dan ko'p	0,35 dan ko'p	500 dan ko'p

Barra o'simlik xom ashyosining uyum zichligi quyidagicha: kartoshka uchun $\rho_n = 680 \text{ kg/m}^3$; sabzi va lavlagi uchun $\rho_n = 600 \text{ kg/m}^3$; piyoz uchun $\rho_n = 580 \text{ kg/m}^3$; oqboosh karam uchun $\rho = 250$ dan 400 kg/m^3 gacha. Uyumlarning g'ovakligi ($P = 1 - \rho_n / \rho_f$); kartoshka uchun $P = 0,38 \dots 0,43$; sabzi va lavlagi uchun $P = 0,45 \dots 0,56$; piyoz uchun $P = 0,35 \dots 0,37$ ga teng. Xom ashyoni so'lishi, suvning kamayishi uyumlarning mexanik ifloslanishi g'ovaklilik qiymatini 25...35 % ga kamaytiradi.

Sog'lom tugunaklar va ildizmevalar uyumlarini amaliyotda saqlanayotgan xom ashyoni o'rtacha sifatini va fiziologik holatini real sharoitlarini hisobga olgan holda ruxsat etilgan balandligi; kartoshka uchun $h \leq 5 \dots 6 \text{ m}$; oqboosh karam va sabzi ildizmevalari uchun $h \leq 4,0 \text{ m}$ ga teng bo'ladi.

Sochilgan hashakni uyum zichligining ρ_n o'zgarishi bo'yicha umumlashtirilgan ma'lumotlar 1.3-jadvalda keltirilgan. Uyumlardagi xashakni zichligi $\rho_n = 40 \dots 50 \text{ kg/m}^3$ ni tashkil qiladi. Presslangan va o'ramga zichlashgan hashakni zichligi saqlash davrining yakunida 150 kg/m^3 ga etadi.

Saqlash davri davomiyligi turlicha bo'lgan uyumlarda saqlanayotgan xashakning uyum zichligi, ρ_n , kg/m³

Hashak turi	3...5 kun	1 oy	5 oy	6 oy
Qamishsimon dag'al hashak	37...42	45...51	50...55	51...61
Boshoqli ekin hashagi	40...50	48...61	54...65	58...70
Dukkakli-boshoqli ekinlar hashagi	55...57	67...70	72...78	75...84
Dukkakli ekinlar hashagi	57...66	70...77	75...83	80...85

Hashakni tashqi g'ovakliligi bog'liqligi $P=99,0-0,353\rho_n$ ifodasi bilan aproksimitsiyalanadi. To'liq g'ovaklilik struktura zarrachalari ichidagi va orasidagi havoli hajmlarini hisobga oladi.

Tugunaklar uyumini aerodinamik qarshiligi. Δp_o , Pa/m quyidagi ifodadan (tegishli so'liguncha va so'ligandan so'ng aniqlanadi):

$$\Delta p_o = 125u_\phi; \quad \Delta p'_o = 135u_\phi, \quad (1.10)$$

bu yerda i_f – uyumga kelayotgan havo tezligi, m/s: $i_f = iP$.

Toza va mexanik aralashmalar bilan ifloslangan boshqa turdagi barra o'simlik xom ashyolarining aerodinamik qarshiliklarining qiymatlarida keltirilgan.

Havoni bir tekisda filtratsiyalash natijasida xashak qatlamidagi bosim yo'qotilishlari quyidagi formuladan topiladi, Pa/m:

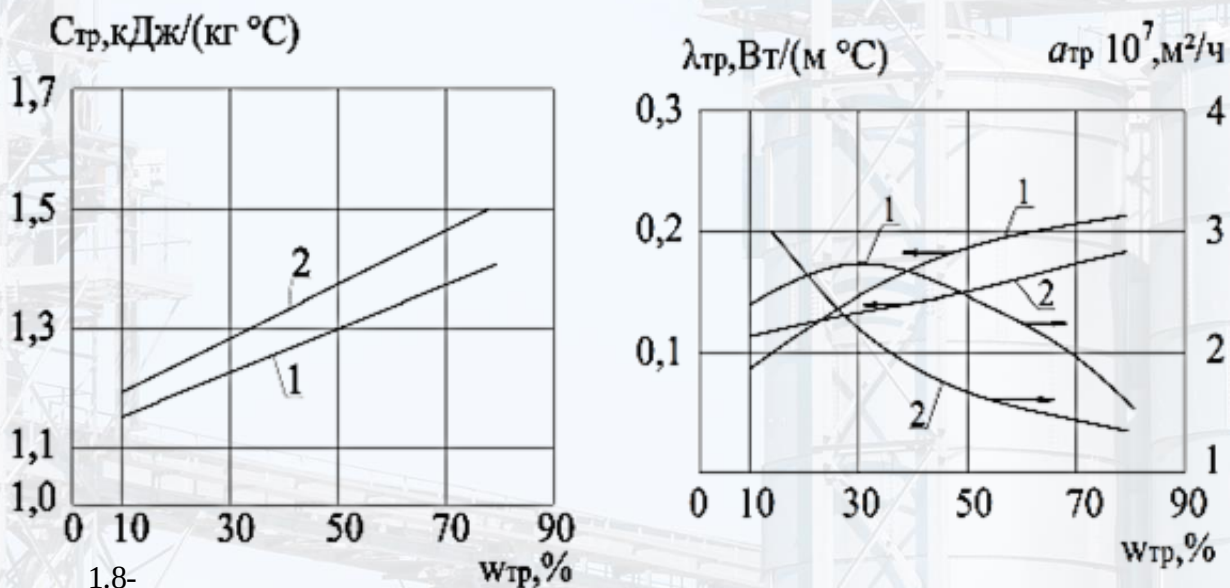
$$\Delta p_o = K\rho_n^m u_\phi^n. \quad (1.11)$$

Sochilgan hashak va somon qatlamlaridan tabiiy zichlashishga parallel ravishda havo haydashda havo oqimining yo'nalishidan qat'iy nazar $K=0,092$, zichlanishga perpendikulyar ravishda havo haydalganda $K=0,054$; serbarg hashak uchun $m=2,74$, $n=1,54$, bargi kam hashak uchun $m=2,40$, $n=1,60$; somon uchun $m=1,20$, $n=1,60$ bo'ladi.

Somon uyumlari uchun $\Delta p_o, \text{Pa/m}$ qiymatlari havo oqimining yo'nalishi presslashga perpendikulyar bo'lganda minimal bo'ladi. Hashak yoki maysaning namligi aerodinamik qarshilikga sezilarsiz ta'sir ko'rsatadi.

Mahsulotni issiqlik-fizik tavsifi. Tugunaklar, ildizmevalar va maysalarni issiqlik-fizik ko'rsatkichlarini qiymatlari amaliy aniqlik doirasida quruq modda n_{km} , % miqdori bilan korrelyasiyalanadi. Kartoshka va sabzavotlar tarkibidagi quruq moddalarning issiqlik sig'imi $C_{km} = 1,4$ ni, maysaniki esa $C_{km} = 1,2 \text{ kDj/(kg } ^\circ\text{C)}$, kartoshka tuganaklaridagi quruq moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligi $\lambda_{qm} = 0,255 \text{ Bt/(m } ^\circ\text{C)}$ ni tashkil qiladi. Mahsulot uchun (uyum karkasi) mahsulot issiqlik sig'imi C_k , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ_k va harorat o'tkazuvchanlik α_k qiymatlari 1.4-jadvalda keltirilgan. Barcha turdagi barra o'simlik xom ashyosi uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti 6 % aniqlikgacha $\lambda_k = 0,62 - 0,0074 w_{q,m}$ ifodasi bo'yicha aniqlanadi.

Maysalarning issiqlik-fizik ko'rsatkichlari qiymatiga o'simlikning botanik qismi (yaproq, novda) katta ta'sir ko'rsatadi (1.8-rasm).



rasm. Maysalarning issiqlik-fizik xarakteristikalari:
1-yaproqlar; 2-novdalar.

Yaproqlarni harorat o'tkazuvchanligi koeffitsienti ularning namligi $w_m = 35 \dots 40$ % bo'lganda, o'zgarish xususiyatiga ega bo'lib, bu holat yaproqlardagi suvni bog'langan holatga o'tishi bilan izohlanadi.

Barra o'simlik xom ashyosi yoki quritilayotgan hashak uyumlarining hajmiy issiqlik sig'imi havo zichligi ko'rsatkichiga nisbatan karkas zichligi qiymati yuqoriligi ($\rho_k \gg \rho_v$) va karkasning solishtirma issiqlik sig'imini havoni issiqlik sig'imidan kattaligi ($C_k \gg C_v$) tufayli muhandislik hisoblari uchun etarli aniqlikdagi ko'rsatkichi $C_n = C_k \rho_k (1-P)$ ni tashkil etadi.

1.4-jadval

Barra o'simlik xom ashyosi uchun c_k , λ_k va a_k qiymatlari

Mahsulot	s_k , kDj/(kg °C)	λ_k , Vt/(m °C)	a_k , m ² /s
Kartoshka	3,30...3,80	0,52...0,66	12,27...15,90
Oqbosh karam	3,49...3,97	0,34	12,20...13,90
Sabzi	3,61...3,82	0,48...0,66	12,70...15,90
Lavlagi	3,61...3,82	0,48...0,66	12,00...18,00
Piyoz	3,78	0,50...0,60	13,90

G'ovak muhitda issiqlik uzatilishi issiqlik o'tkazuvchanlik λ_1 , konvensiya λ_k va nurlanish λ_i usullarida amalga oshiriladi. Uyumlardagi barcha issiqlik uzatish usullari odatda samarali issiqlik o'tkazuvchanlik qiymati λ_{ef} bilan almashtiriladi: $\lambda_{ef} = \lambda_T + \lambda_k + \lambda_i$. Barra o'simlik xom ashyosi yoki quritilayotgan hashak yuzalari va uyumga purkalayotgan havo haroratlari orasidagi farqni kichikligi tufayli nurlanish hisobga olinmaydi.

Qatlamdagi havo harakatchan bo'lganda issiqlikni konduktiv va konvektik uzatish usullarining nisbatini baholash konveksiya koeffitsienti $\varepsilon_k = \lambda_{ef}/\lambda_n$ orqali amalga oshiriladi. Yopiq havo qatlamlari uchun Reley soni $Ra = (G_r \cdot P_r) < 10^3$ bo'lgandagi shartli samarali issiqlik o'tkazuvchanlikni real issiqlik o'tkazuvchanlikga λ_n nisbati $\varepsilon_k = 1,0$ ni tashkil etadi. Ra – sonining boshqa qiymatlarida ε_q – qiymati quyidagicha:

$$\begin{aligned} \varepsilon_k &= 0,105 Ra^{0,3} & (10^3 < Ra < 10^6); \\ \varepsilon_k &= 0,40 Ra^{0,2} & (10^6 < Ra < 10^{10}). \end{aligned} \quad (1.12)$$

G'ovak muhitlarda Ra soni $Ra=10^4...10^6$ dan boshlab issiqlik o'tkazishni hal qiluvchi faktori tabiiy konveksiya hisoblanadi.

Barra o'simlik xom ashyo uyumlarida tabiiy konveksiya sharoitida $\epsilon_k \gg 70$ bo'ladi.

Barra o'simlik xom ashyosi va maysaning havo bilan namlik almashinish yuzasi navbatma-navbat keluvchi "nam" bo'limlarda $\epsilon_i S_y$ va "quruq" $\epsilon_i (1-S_y)$ bo'limlaridan iborat bo'lib, ular yashirin issiqlikni suv bug'lari holida ("nam" bo'lim) yoki sovitish jarayonida ("quruq" bo'lim) aniq issiqlik ajratadi. Xom ashyoning po'stlog'i namlanganda yoki olinganda, uning bug'latish xossasining koeffitsienti $\epsilon_i=1,0$ ni, tinim holatidagi kartoshka tugunaklari uchun $\epsilon_i = 0,009 \dots 0,012$ ni, piyoz uchun $\epsilon_k = 0,20...0,30$ ni, oqbo'sh karam uchun $\epsilon_i = 0,37...0,45$ ni, sabzi ildizmevalari uchun esa $\epsilon_i=0,35...0,40$ ni tashkil qiladi.

Uzoq muddatli saqlash jarayoni ϵ_i – koeffitsienti qiymatini kamaytiradi.

2-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARDA ISSIQLIK VA NAMLIK KO'CHISHINING ISSIQLIK-FIZIK HODISALARI

Issiqlik-massa ko'chishining ayrim masalalarining fizik-matematik ta'rifi va ularning yechimlari

Umumiy yechimlarni qo'llash sohalari. Barra o'simlik xom ashyosi va quritilayotgan hashak uyumlarida harorat-namlik maydonlarini shakllantirish masalalarining umumiy yechimlari juda murakkab bo'lib, hamma vaqt ham ularning oddiy interpretatsiyasini qo'llab bo'lmaydi. Ayrim hollarda aniq raqamli vazifani murakkabligi va ichki va tashqi rejim shartlariga rioya qilinishi, shuningdek o'zgaruvchilar ko'pligi tufayli hisoblashni aniq muhandislik usullari umuman qo'llanilmaydi. Bu esa aniq hisoblash texnikasini qo'llashni qadrsizlantiradi. Shuning uchun bevosita fizik-matematik modelni rivojlantirish va takomillashtirishni umumiy muammosidan tashqari uning asosli soddalashtirilgan va empirik korrektirovkalangan yechimlarini tanlash va qo'llash muammosi ham kelib chiqadi.

Issiqlik-massa ko'chish jarayonlarini Reynolds tenglamalari sistemasi asosida aniq ifoda qilish mumkin. Mazkur jarayonni ta'riflash uchun mo'ljallangan bir o'lchovli α model asosidagi tenglamalar sistemasi o'z ichiga quyidagilarni oladi:

- harakat (Nave - Stoks) tenglamasi

$$\frac{du_{\phi}}{d\tau} + \frac{1}{2} \frac{d(u^2)}{dx} = -\frac{1}{\rho_{\text{B}}} \frac{dp}{dx} + \Phi_x + \frac{d}{dx} \left(\xi \frac{u^2}{2} \right); \quad (2.1)$$

- uzluksizlik tenglamasi

$$\frac{d\rho}{d\tau} + \frac{d(\rho u)}{dx} = 0; \quad (2.2.)$$

- issiqlik energiyasining balans tenglamasi

$$\frac{1}{u} \frac{dt}{d\tau} + \frac{dt}{dx} = \frac{\alpha_t F_{y\text{A}}}{(c_{\text{B}} \rho_{\text{B}})_t u \Pi} (t_{\text{yuza}} - t_{\text{B}}); \quad (2.3)$$

- namlik yoki namlik miqdori potentsiallaridagi modda massasi balansi tenglamasi

$$\frac{1}{u} \frac{d\theta}{d\tau} + \frac{d\theta}{dx} = \frac{\alpha_0 F_{ya}}{(c_B \rho_B)_0 u \Pi} (\theta_{\text{nob}} - \theta_B); \quad (2.4.)$$

$$\frac{1}{u} \frac{\partial d}{\partial \tau} + \frac{\partial d}{dx} = \frac{\alpha_d F_{ya}}{\rho_B u \Pi} (d_{\text{nob}} - d_B), \quad (2.5.)$$

bu yerda $F_x - x$ -o'qidagi massaviy kuchlarni zichligi proeksiyasi: $F_{ul} - 1$ m. uzunlik yuzasining maydoni, m^2 da.

Bu sistemadan foydalanishni asosiy murakkabligi shundan iborat, uni EXMLarda raqamli yechimini ishonchli asoslangan usuli yo'q, ayniqsa turbulent rejim uchun.

Dispers muhitlardagi issiqlik-massa ko'chish jarayonlari nostansionar tabiatga ega bo'lib, bunda holat funksiyasi qatlamning ayrim nuqtalarida vaqt bo'yicha aniqlanadi. Issiqlik va massa almashinish jarayoni "mahsulot yuzasi – nam havo" sistemasida amalga oshadi (α -model). Bunday jarayonlarni sistemani ayrim muvozanatda bo'lmagan elementlarini boshlang'ich holatidan chegaraviy muvozanat holatiga nisbatan oraliq holatlarga o'tish jarayonlari deb qabul qilish mumkin.

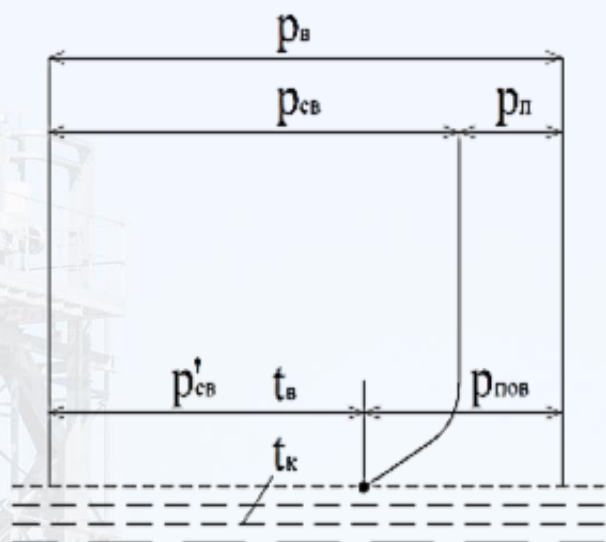
Ko'chish koeffitsientlarini α iterativ tanlov usuli va raqamli yechim o'rniga muhit parametrlariga bog'liq bo'lgan potentsiallarining ayrim shartli farqlari qabul qilinganda issiqlik va namlik ko'chishi jarayonlar orasida o'xshashlikga amal qilib bo'lmaydi. Olingan ifodalarni faqatgina tadqiqotlar davomida kuzatilgan parametrlar diapazonida hisoblar uchun qo'llash mumkin xolos.

Issiqlik va namlik ko'chishi jarayonlarining o'xshashligi. Barra o'simlik xom ashyosi yoki quritilayotgan hashak uyumlarida ikkita hududni alohida ajratish mumkin. Birinchisida havoni harakatlanishi borasida korreksion qatlamda ko'chish potentsiallarining tenglashuvi amalga oshadi. Asosiy qatlamda mahsulot t_k va havo t_v haroratlari deyarli teng bo'ladi, havoning nisbiy namligi har bir turdagi xom ashyoni muvozanat namligiga teng bo'ladi.

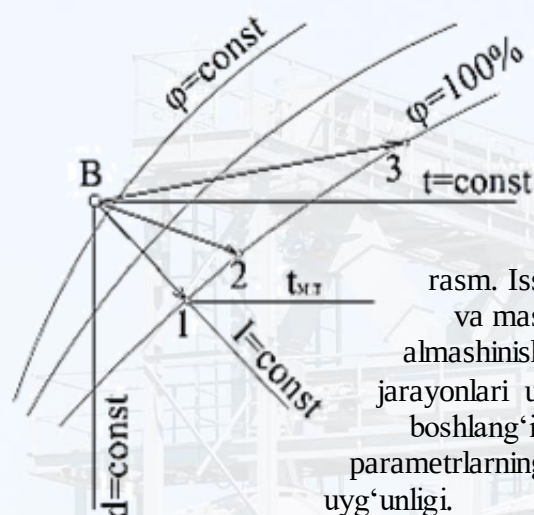
Yuqorida keltirilishicha, saqlash jarayonida biologik faol xom ashyoning yuzasidagi havoning nisbiy namligi $\varphi_{yuza} \approx 100 \%$ bo'lib, chuqur bug'lanish hududlari bo'lmaydi. Issiqlik koeffitsientlari uchun ma'lum qonuniyatlar bo'yicha massa uzatish koeffitsientini topish imkonini aniqlash uchun, ya'ni biologik faol xom

ashyo uyumlarida issiqlik va namlik ko'chishi kabi jarayonlarni aniqlashda kontakt apparatlarda havoga ishlov berishdagi issiqlik va massa almashinish tahlilini asos sifatida olamiz.

Barra o'simlik xom ashyosi uyumida mahsulot tomonidan generatsiyalanayotgan issiqlik va namlikni ($R_{yuza} > P_h$, $R'_{kh} < R_{kh}$) bug'lanish rejimida ($t_k > t_v$) quruq havo R_{ϕ} va suv bug'ining R_n parsial bosimlarini qiymatlarini o'zgarishi 2.1-rasmda ko'rsatilgan.



2.1-rasm. Bug'lanish rejimida parsial bosimlarni taqsimlanishi



2.2-rasm. Issiqlik va massa almashinish jarayonlari uchun boshlang'ich parametrlarning uyg'unligi.

Umumiy holatda adiabatik namlantirish va issiqlik va namlikni molyar-molekulyar ko'chishida issiqlik va massa almashinish koeffitsientlarining nisbati quyidagi chegaralar oralig'ida bo'ladi.

$$\alpha_t / \alpha_d = c_B, \quad (2.6)$$

ya'ni Lyuis nisbati bajariladi (5 % xatolikkacha). Shunday qilib, biologik faol xom ashyo uyumlari uchun "quruq" rejimda issiqlik almashinish tenglamalari bo'yicha massa almashinish koeffitsientlarini topishni issiqlik-fizik shartlarini asoslash imkoni paydo bo'ldi.

Kirpichev-Guxman teoremasiga asosan hodisalar o'rtasida o'xshashlikni saqlanib qolishi ikkita talab bajarilganda kuzatiladi: ikkala holat ham bir xil tenglamalar sistemasi bilan ta'riflanganda; bir xillilikni o'xshash shartiga rioya qilinganda. Issiqlik va massa almashinish jarayonlari strukturasi bir xil bo'lgan

tenglamalarga ega (2.3-2.5). Teoremaning birinchi talabi bajarilmoqda. Aniq jarayonni ajratish uchun o'z ichiga geometrik, fizik, vaqt va chegara shartlarini olgan bir xillilik shartlarini shakllantirish zarur. Biologik sistemalarni bir xil nuqtalarida oqimlarning fizik xarakteristikalarini o'xshash bo'ladi. Uyum balandligi bo'ylab statik bosimlarning o'zgarishi va tezliklarning o'xshashligi kuzatiladi. Shu bilan bir vaqtda oqim chegaralarining geometrik o'xshashligi, shuningdek parsial bosimlar va harorat maydonlarining o'zgarishi issiqlik va massa almashinish jarayonlarini bir xil kechish xususiyatlariga bog'liq bo'ladi.

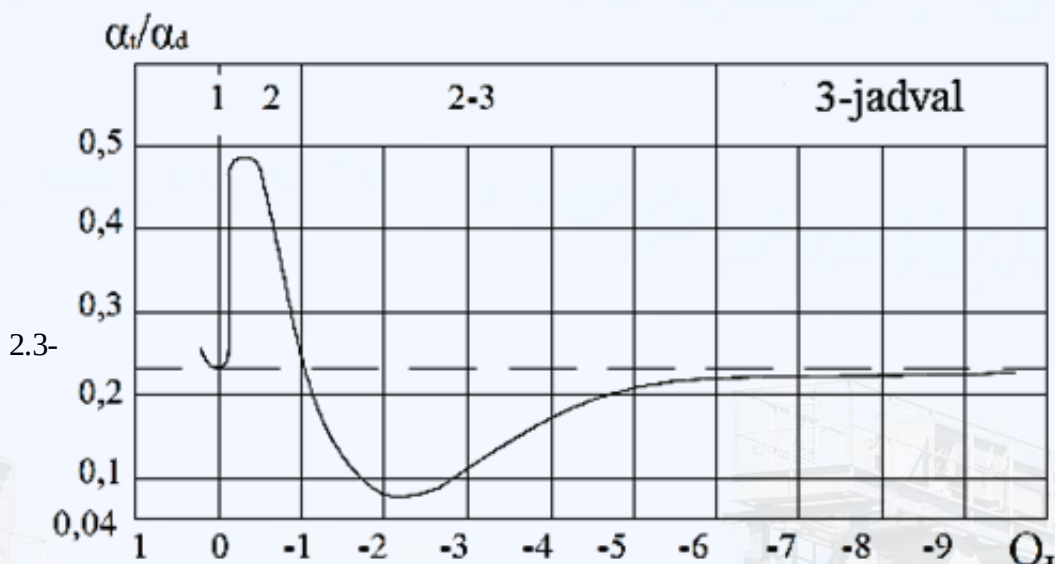
Havo va suvni boshlang'ich parametrlarini turli xil uyg'unliklarini tavsiflash uchun parametrik kriteriy kiritildi.

$$O_T = (t_{M,T} - t_{k1}) / (t_{B1} - t_{M,T}). \quad (2.7)$$

Barra o'simlik xom ashyosini saqlashda butun uyumning balandligi bo'ylab dominant harorat rejimi sifatida xo'l termometr haroratidan $t_{x,t}$ karkas haroratining t_{k1} yuqoriligi xizmat qilib, buning natijasida havo entalpiyasining oshishi va mahsulot uyumi bo'ylab haroratni pasayishi kuzatiladi. Uyumlarda kelib chiqishi mumkin bo'lgan issiqlik massa almashinish jarayonlaridagi havo va suvning boshlang'ich parametrlarining uyg'unligi 2.2-rasmda, havo va suvning boshlang'ich parametrlarining turli xil uyg'unligidagi ko'chishini tajriba koeffitsientlarining nisbatlarining parametrik kriteriy O_t orqali o'zgarish grafigining fragmenti 2.3-rasmda keltirilgan.

Havoning adiabatik namlanishi sodir bo'lsa (B-1 jarayoni, 2.2-rasm), issiqlik va namlik oqimlarining chegaralari bir xil bo'lib, parsial bosim va harorat gradientalarining o'zgarishi o'xshash bo'ladi. Buning natijasida (2.6.) nisbat bajariladi. Jarayonning B-2 yo'nalishida ham oqimlarning geometrik chegaralari, ham kontaktlar yuzasidagi parsial bosim va haroratlar gradientalarining o'zgarishlarini o'xshashliklari buziladi. Issiqlik va namlik massasini butun almashinuv yuzasi bo'ylab havoga ko'tarilish shartlariga B-3 hodisasi to'g'ri keladi. Oqimlarning geometrik chegaralari bir xil, ko'chish potentsiallarining o'zgarishi o'xshash bo'ladi. Shuning uchun ko'chish

koeffitsientlarining nisbatining doimiyliqi saqlanib qoladi. Xuddi shunday hodisa O_t – kriteriyasining qiymati $O_t = -1$ da ham kuzatiladi.



rasm.Ko'chish koeffitsientlarining nisbatlari fragmenti.

B_2 va B_3 jarayonlarini orasida t_{k1} harorati t_{B1} haroratidan bir necha gradusga yuqori bo'lgan rejimni ko'rib chiqamiz. Bunday sharoitlarda suv bug'larining parsial bosimi oshadi, aniq issiqlik almashinish natijalari esa sezilarsiz bo'ladi. Bunday rejimda issiqlik va massa oqimlarining geometrik chegaralari va harorat va parsial bosimlar ($a_t/a_d < C_v$) gradientlarining o'zgarishlarining o'xshashligi buziladi.

2.3-rasmdan foydalangan holda biologik faol mahsulot qatlamini chegaralarini belgilash mumkin, bunda issiqlik va massa almashinish koeffitsientlarining nisbatlarining tengligiga asoslangan hisob usullaridan foydalaniladi. Yuqoridagilar to'g'ri bo'ladi, qachonki issiqlik va namlik ko'chishi molyar tashkil etuvchi bilan aniqlansa. Bu holda massa almashinishni hisoblash uchun unga o'xshash bo'lgan issiqlik almashinish jarayonini o'rganish natijasida olingan tenglamalarni qo'llash mumkin. Buning uchun oxirgilarda issiqlik sonlari Nu_t , Pr_t va Gr_t tegishlicha Nu_d , Pr_d va Gr_d diffuzion sonlarga almashtiriladi.

Havo uchun $Pr_t = 0,71$, $Pr_d = 0,60$; havoning hajmiy kengayishi koeffitsienti $\beta = 1/273$, $1/\text{grad.}$, diffuziya koeffitsienti esa quyidagiga teng:

$$D = 0,0754(T/273)^{1.89} 760 / p_6. \quad (2.8)$$

$\varphi_v \rightarrow 100\%$ da issiqlik va massa almashinishni o'xshashlik holatlari kuzatiladi (2.2 va 2.3-rasmlardagi B-1, B-3 holatlar) ya'ni (2.6.) nisbat va $Nu_t = Nu_d$ bajariladi. Shuning uchun hisoblarda issiqlik almashinish sonini Nu_t bog'liqligidan foydalanish mumkin.

$$Nu_t = Nu_d = 2 + 0,85 Re^{0,52} Pr_d Gu^{0,135}. \quad (2.9.)$$

$t = -1,5 \dots 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ diapazonida $Gu^{0,135} \approx 0,464$ bo'ladi.

Havoni isishi va namlanishi, ya'ni biologik faol mahsulot uyumlarida kechadigan jarayonlarga o'xshash jarayonlarda (2.6.) tenglamaning bajarilishi V.P.Isachenko ($Nu_t/Nu_d = 0,90 \dots 1,08$, L.D.Berman ($Nu_t/Nu_d = 1,046$ eksperimental tadqiqotlarida, havoning yuqori nisbiy namligi sharoiti (2.6.) tenglamaning bajarilishi esa A.V.Nesterenko, E.E.Karpis, O.Y.Kokorin tadqiqotlarida, namlik almashinishini past intensivligida (2.6.) tenglamaning bajarilishi A.A.Gogolin tadqiqotlarida keltirilgan. Lekin α_d – koeffitsientini aniqlash shu darajada murakkabki, olingan hisoblar aniqligi qoniqarsiz holatda bo'ladi. Eksperimental tadqiqotlar natijalarini hisob-kitoblar orqali olingan natijalardan farqi 25 % gacha, ayrim hollarda undan ham ko'p bo'ladi.

Issiqlik massa ko'chishi potentsiali shkalasi. Namlikni suv bug'lari shaklidagi taranglik holatining shkalasi ko'plab mualliflar tomonidan biologik faol mahsulot yuzasidagi namlik almashinish jarayonlarini ta'riflash uchun quyidagi ko'rinishda qo'llaniladi.

$$j = \alpha_p (p_{\text{нов}} - p_s), \quad (2.10)$$

va xom ashyo yuzasi va havodagi suv bug'larini taranglik qiymatlari o'zgaruvchan bo'lganligi uchun xom ashyoni sovutishga nisbatan qo'llab bo'lmaydi. (2.10) da ular doimiy hisoblanadi.

M.A.Volkov tomonidan izotermik bo'lmagan sharoitlarda saqlanayotgan xom ashyodagi namlik yo'qotilishlarini aniqlashda tashqi massa almashinishini umumlashtiruvchi kuchi sifatida *modda potentsiali gradientasidan* foydalanishni tavsiya qildi.

$$\Delta\psi = (\mu_o - \mu) + \theta'_r (T_o - T); \quad j_\psi = \alpha_\psi \Delta\Psi, \quad (2.11.)$$

bu yerda θ'_T - massa almashinish potensialining harorat koeffitsienti; μ – izobar – izotermik kimyoviy potensial.

Kimyoviy potensialning μ miqdoriy qiymati nam materialda 1 kilomol suvni ajratishi uchun sarflangan energiyani miqdorini bildirib, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\mu = -RT \ln \varphi. \quad (2.12)$$

Havoning nisbiy namligi ko'rsatkichlari yuqoriligida va $\varphi=1,0$ bo'lganda kimyoviy potensial $\mu = 0$ ($\mu = -RT \ln 1,0 = 0$) bo'ladi.

Kimyoviy potensial μ izotermik sharoitlarda havoning nisbiy namligi φ orqali aniqlanib, u izotermik bo'lmagan sharoitlarda almashinish potentsiali hisoblanmaydi. Muvozanat holatidagi $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$ Gibbsning erkin energiya tenglamasini tahlil qilib, $\Delta G^0 = \Delta I^0 - T \Delta S^0$ bog'liqlikni hisobga olgan holda quyidagi ko'rinishga keltiramiz.

$$\ln K_p = -\Delta I^0 / RT + \Delta S^0 / R, \quad (2.13)$$

F.Frenks, (2.13) ifodasi ΔI^0 va ΔS^0 qiymatlarini eksperimental yo'l bilan aniqlashda natijalar to'g'riligiga juda qattiq talablar qo'yilganligi tufayli anglashmovchiliklarga olib kelishini ko'rsatdi. Har qanday biokimyoviy sistemaning harorat intervali 0°C dan 50°C gachani tashkil qilib, bu $(\Delta T)^{-1}$ qiymatlarini atigi $5, 6 \cdot 10^{-4}$ ga teng bo'lgan tebranishlarini tashkil etadi. Agar eksperiment xatoligi 1 % dan oshiq bo'lsa, ΔI^0 va ΔS^0 qiymatlarini aniqlashga ehtiyoj qolmaydi. Grafikning (2.13) logarifmik ifodasidan ko'rinib turibdiki, 1,0 – hududlarga yaqin bo'lgan K_r – konsentratsiyalariga yaqin bo'lgan fizikaviy qiymatlar, bu holat esa barra o'simlik xom ashyosining uyumlarida kuzatiladi, T^{-1} dan $\ln K_p$ koordinatalarida grafik bir xil qiyalikga ega bo'lib, o'xshash K_r konstantalarni beradi.

2.11-bog'liklikni yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklariga qaramay, modda potensialining taklif etilayotgan gradientasi "barra o'simlik xom ashyosi yuzasi nam havo" sistemasida massa almashinish miqdoriy baholashda etarli darajada aniq ko'rsatkich hisoblanadi.

Professor V.N.Bogoslovskiy tomonidan ishlab chiqilgan issiqlik-massa almashinish intensivligini hisoblash nazariyasi fizikaviy hodisalarni mikrohodisalar va alohida qonuniyatlarsiz bitta umumlashtiruvchi ko'rsatkich yordamida (*namlik potentsiali*) ta'riflashga imkon beradi. Sistemaning barcha xossalari massa yoki faza zarrachalari soniga bog'liq bo'lmagan (T, P, μ, θ va boshq.) va almashinishni o'tkinchi jarayonlarini o'z-o'zidan kechish chegaralari va yo'nalishini belgilovchi va sig'im xossalarini (F, S, V, m) xarakterlovchi faktorlarining intensivligi xarakteristikalariga bo'lingan.

Nam material holatini ochiq geterogen sistema holatidagi tenglamasining tahlili

$$(2.14)$$

$$dF_{\kappa} = -S_{\kappa}dT_{\kappa} + (p_{\kappa}/\rho_{\kappa} + \mu_{\kappa} + \mu_{\kappa i} + \theta_{\kappa})dm_{\kappa} = 0,$$

Ko'rinib

turibdiki, qavslardagi qiymatlar faza massasini o'zgarishini belgilaydi va fizikaviy jihatdan θ – fazaning (namlik potentsiali) termodinamik potentsiali hisoblanadi:

$$\theta = -p_{\kappa}/\rho_{\kappa} + \mu_{\kappa} + \mu_{\kappa i} + \theta_{\kappa}. \quad (2.15)$$

Namlik potentsialining θ qiymati bosim P_j , kimyoviy potentsial μ_{ji} kabilarga bog'liq bo'lib, tajribalarda ularni fizikaviy jihatdan aniqlab bo'lmaydi. Son shkalasini θ hosil qilish uchun etalon haroratdagi $t=20^{\circ}\text{C}$ filtr qog'oz namligi qabul qilingan.

Biologik faol xom ashyo yuzasidagi namlik potentsiallarining farqlari orqali ifodalangan namlik oqimi quyidagiga teng:

$$j_{\theta} = \alpha_{\theta}(\theta_{\text{ноб}} - \theta_{\text{в}}). \quad (2.16)$$

θ - ning har bir qiymatiga namlik va harorat muvozanatining ko'plab uyg'unligi to'g'ri keladi. Bularning aniq fiksatsiyasi namlikning nisbiy potentsialining qiymati bilan amalga oshiriladi.

$$\varphi_{\theta} = f_1(\theta)/f_1(\theta_{mc}), \quad (2.17)$$

bu yerda θ_{ms} – maksimal sorbsion namlikga to'g'ri keluvchi namlik potentsiali.

Namlik potentsiali nazariyasini eksperimental tekshiruv nazariyani ham izotermik, ham izotermik bo'lmagan namlik muvozanatida to'g'riligini ko'rsatdi. Biologik faol sistemalarda namlik almashinish intensivligini hisoblash uchun uyumlardagi namlik potentsiallari $\Delta\theta$ va massa uzatish $\alpha\theta$ koeffitsientlari farqlarini va

miqdoriy qiymatlarini o'rganish zarur bo'ladi, chunki uyumlarda o'ziga xos harorat va namlik maydonlari shakllanadi.

Professor V.Z.Jadan tomonidan barra o'simlik xom ashyosi uyumlaridagi *issiqlik-namlik jarayonlarining nazariyasi* ishlab chiqilgan bo'lib, mazkur nazariya mahsulotni saqlashdagi issiqlik va massa almashinishni noodatiy jarayonlarini ta'riflashga va qatlam orasidan purkalayotgan havo tomonidan assimilyasiyalangan namlikni w umumiy massasini aniqlashga imkon beradi:

$$W = Q/\varepsilon_t, \quad (2.18)$$

bu yerda Q – shamollatish uchun mo'ljallangan havoga berilayotgan aniq tashqi va ichki issiqlik oqimlari yig'indisi; ε_t – barra o'simlik xom ashyosi uyumidagi havo holatining o'zgarish jarayonini issiqlik-namlik xarakteristikasi (nam havoning $I-d$ - diagrammasida):

$$\varepsilon_t = 6385 - 147t \quad \text{при } 0^\circ\text{C} \leq t \leq 15^\circ\text{C}; \quad (2.19)$$

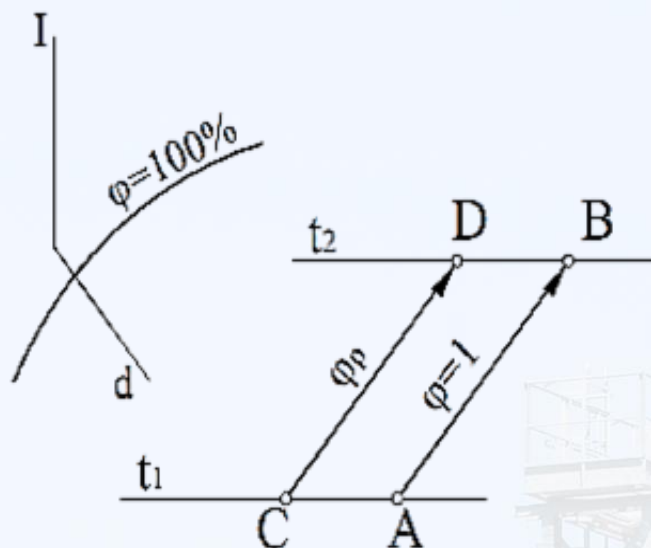
$$\varepsilon_t = 6385 - 1,21t^2 - 335t \quad \text{при } -25^\circ\text{C} \leq t \leq 0^\circ\text{C}, \quad (2.20)$$

bu yerda t – sovituvchi havoning o'rtacha harorati.

Qatlamdagi namlik almashinuvi psixrometrik qonuniyat sifatida emas (suvni havoga bug'lanishi), balkim aniq va yashirin issiqlik ajralayotgan saqlanayotgan mahsulot uyumini yuza qatlamlariga purkalayotgan havoga ishlov berish jarayoni deb qaraladi. Mazkur qarash nazariyani mohiyatini va termodinamik asosini, 2.18-bog'liqligi esa namlik almashinish energetik asosini tashkil qiladi. Quyidagi tenglama qatlamdagi issiqlik – namlik jarayonining matematik ifodasidir:

$$\varphi_p = \varphi_a = \text{const}, \quad (2.21)$$

Tenglamadan sovutilayotgan uyumning balandligi bo‘ylab ($1-\varphi_r=\text{const}$, 2.4-rasm) havodagi namlik miqdorining tanqisligi ko‘rinib turipdi.



2.4-rasm. Sovutilayotgan uyumda havo holatining o‘zgarishi: AB – $I-d$ -diagrammaning chegaraviy egri chizig‘i; CD – uyumdagi jarayon.

Barra o‘simlik hom ashyosi tomonidan namlik yo‘qotilishlarni topishdagi 2.18-bog‘liqlikning universalligiga ko‘plab tadqiqotchilar e‘tiborini qaratgan. “Sovutish texnikasi” jurnalining tahririyat bo‘limida mamlakatning issiqlik-massa almashinishi jarayonlari bo‘yicha etakchi olimlar orasida olib borilgan baxs-munozaralar natijasida 2.18-bog‘liqligi barra o‘simlik xom ashyosi qatlamidagi issiqlik-namlik jarayonlarining muvozanat ko‘rinishlari uchun haqqoniy deb topilgan.

Uyumni korreksiyalovchi qatlamida muvozanatning bo‘lmasligi (2.21) biologik faol xom ashyo qatlamidagi namlik yo‘qotilishlarini shamollatish uchun mo‘ljallangan havoga kelib tushayotgan aniq issiqlikni yig‘indisi miqdoridan kelib chiqib aniqlashga imkon beruvchi (2.18) – bog‘liqlikni amaliy ahamiyatini pasaytirmaydi. Bevosita nam havo diagrammasidan $I-d$ yoki (2.19 yoki 2.20) formulalaridan topiladigan E_t – koeffitsientini aniqlash murakkabligi bo‘yicha – keltirilgan e‘tirozlarni ishonchli deb bo‘lmaydi.

Issiqlik – massa almashinish masalalarining ayrim yechimlari

Barra o‘simlik xom ashyosining uyumi. Umumiy holatlar. Barra o‘simlik xom ashyosi uyumlarida harorat – namlik maydonlarining shakllanishi masalalari bir o‘lchovli α – model asosida o‘z yechimini topib, u mahsulot yuzasidan issiqlik va massa almashinish koefitsientlarini qiymatlarini bilish bilan ifodalanadi. Strukturaviy tarkibi jihatidan barra o‘simlik xom ashyosiga eng o‘xshash bo‘lgan Biologik faol muhitlarda havoning turbulent oqimida *issiqlik almashinish koefitsientlarini* qiymatlarini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlarni alohida ta’kidlash kerak.

Laminar harakatda qatlamda α_1 – koefitsientni aniqlash bo‘yicha ma’lumotlar M.E.Aerov tomonidan umumlashtirilgan.

Tugunaklar va boshqa ayrim qatlam elementlarining o‘rtacha diametri $d_{or} = 0,05$ m, g‘ovakligi $P = 0,4$, yuza maydoni $S_y = 120 \text{ m}^2/\text{m}^3$ bo‘lgan muhitlarda, havoning turbulent oqimi rejimida issiqlik uzatish koefitsientlari qiymatlarini sonli taqqoslash natijalari 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadvalda keltirilgan natijalarni taqqoslashni tahlil qilishdan asosiy xulosa α_1 -qiymatlarni tarqoqligidan iborat. Masalan, (2.23) va (2.30) bo‘yicha bunga 12-marta erishilsa, (2.22) va (2.23) bo‘yicha tarqoqliklar 8-martani tashkil etadi. Hattoki, tugunaklar uchun eksperimental usulda olingan natijalarda α_1 – ning qiymatlari (2.25) va (2.26) bo‘yicha 2-marta farq qiladi. Shuning uchun har bir turdagi mahsulot uyumlaridagi kechadigan jarayonlarni o‘ziga xos bo‘lgan real xususiyatlarini ko‘rsatuvchi issiqlik uzatishni koefitsientlarini aniqlash nazariy va eksperimental tadqiqotlar oldida turgan birinchi navbatdagi dolzarb masaladir.

Qatlam elementlaridagi harorat maydonini bir tekis deb qabul qilish mumkin, tashqi konvektiv issiqlik almashinishni esa $F_0 \geq 0,3 \dots 0,4$ va $V_{it} \leq 0,1 \dots 0,25$ sonlarida cheklovli tashkil etuvchi deb qabul qilish mumkin. Karam uchun $V_{it} \approx 1,3$ ni tashkil etib, karam boshlari hajmi bo‘ylab issiqlik tarqalishidagi inersiyani hisobga olish zarur:

$$\alpha_i^* = \alpha_i (1 + 0,2Bi_i). \quad (2.22)$$

Qatlamdagi issiqlik berish α_t ko'effitsienti qiymatlarini taqqoslash

Tartib raqami	Hisoblanadigan bog'liqliklar	α_t , $\text{Wt}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$, havoni harakatchanligida u , m/s, uyumda						
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
2.22	$\text{Nu}_t = 0,106\text{Re} \quad 20 \leq \text{Re} \leq 200$	3,83	7,94	11,49	-	-	-	-
	$\text{Nu}_t = 0,61\text{Re}^{0,67} \quad \text{Re} > 200$	-	-	11,49	13,54	15,74	17,76	19,69
2.23	$\alpha_t = 0,05\text{Id}_{\text{sr}} + 7,27u^{0,67}\text{Id}_{\text{sr}}^{33}$	1,59	1,83	2,04	2,23	2,40	2,56	2,71
2.24	$\alpha_t = 5 + 3,4u$	6,01	6,21	6,41	6,61	6,80	7,00	7,20
2.25	$\text{Nu}_t = 2,7 + 0,278\text{Re}^{0,608} \quad \text{Re} > 400$	-	-	3,91	4,49	5,01	5,58	6,07
2.26	$\alpha_t = 0,075\lambda_v(1-P)u_f/vd_{\text{sr}}P^2 S_u$	1,70	3,40	5,08	6,79	8,47	10,16	11,86
2.27	$\text{Nu}_t = 2 + 0,6\text{Re}^{0,5}$	3,54	4,59	5,41	6,09	6,69	7,23	7,73
2.28	$\text{Nu}_t = 0,8\text{Re}^{0,7} \text{Pr}^{0,33}$	7,11	11,6	15,34	18,76	21,94	24,95	27,78
2.29	$\text{Nu}_t = 1,95\text{Re}^{0,49} \text{Pr}^{0,33} \quad \text{Re} < 350$	7,02	9,89	12,03	13,85	15,21	-	-
	$\text{Nu}_t = 1,064\text{Re}^{0,59} \text{Pr}^{0,33} \quad \text{Re} > 350$	-	-	-	-	15,48	17,36	18,53
2.30	$\text{Nu}_t = 1,166\text{Re}^{0,725} \text{Pr}^{0,33}$	10,2	15,6	17,05	19,4	23,47	26,9	31,65
2.31	$\text{Nu}_t = 1,32 \cdot 10^5 u(1-P)/\rho_v P d_e S'u$	4,25	8,50	12,75	17,0	21,26	25,51	29,75

Izotermik bo'lmagan sharoitlarda saqlanayotgan biologik jihatdan faol bo'lgan mahsulotni saqlash jarayonidagi so'lishi natijasida massa almashinish ko'effitsientini α_d kriterial tenglamalarini termik ko'effitsientlar α_1 orqali hisoblashda bug'lanish yuzalaridagi aniq fizik sharoitlar hisobga olinmaydi. Professor V.Z.Jadan Dalton tenglamasiga mahsulot yuzasidagi "nam" bo'lim ulushini ko'rsatuvchi ko'effitsientni E_i kiritdi:

$$j_p = \alpha_p \varepsilon_n S_y (p_{\text{yuza}} - p_n) \tau. \quad (2.23)$$

Ushbu formulaning (2.23) tahlili shuni ko'rsatyaptiki, "... mahsulotni bug'lanish xossasini har qanday faktorini o'zgarishi ... havo namligini tanqisligini tegishli (to'g'rilovchi) o'zgarishini keltirib chiqaradi...".

Demak bug'lanish xususiyati yuqori bo'lgan shtabeldagi mahsulot o'zini-o'zi ko'p miqdordagi namlik yo'qotilishidan saqlab, o'zining namlik rejimini hosil qiladi. Namlik rejimini o'z-o'zini boshqarish hodisasi ham kuzatilib, massa uzatilish koefitsienti esa nam havo parametrlari va barra o'simlik xom ashyo yuzasining issiqlik-fizik xossalarining hosila qiymati hisoblanadi.

Ideal biologik nafaol sharlar qatlamida bir o'lchamli majburiy konveksiya sharoitida $V_{it} = 0$ da kontakt issiqlik o'tkazuvchanlik hisobga olinmaganda issiqlik almashinish masalalarini yechimi birinchi marta A.Anselius, X.Shuman, V.Nusselt ishlarida keltirilgan. Keyinchalik bu masala ichki issiqlik almashinishni hisobga olib, ($V_{it} > 0$) o'z yechimini topgan kriterial shakldagi yechimi A.V.Likov va Y.A.Mixaylov tomonidan keltirilgan. Issiqlik almashinish jarayonini erkin boshlang'ich va chegaraviy shartlardagi umumlashtirilgan masalasini analitik yechimi tegishli manbalarda keltirilgan.

G'ovak muhitlarda issiqlik-massa almashinishni birlashgan masalalarini nazariy yechimlarini rivojlanishi EXM yordamida raqamli modellashtirishga asoslangan. Lekin bunday strukturalar uchun jarayonning matematik modelidan raqamli algoritmgaga o'tishi murakkabligi tufayli hozirgi vaqtgacha to'liq amalga oshirilmagan. Issiqlik almashinish masalasining teskari prinsiplariga asoslangan tadqiqotlarni mashina usuli tobora rivojlanib bormoqda. Lekin bunday masalalarni keng miqyosda amaliy jihatdan g'ovak muhitlardagi issiqlik almashinish jarayonlariga qo'llashda samarali algoritmlar yo'qligi tufayli bir qator qiyinchiliklar kelib chiqmoqda.

G'ovak muhitlarda issiqlik almashinish masalalarini tadqiqotlarini rivojlanishini zamonaviy bosqichida ularning eng aniq yechimi nazariy-eksperimental uslub hisoblanadi. Qatlam kesimi bo'ylab harorat egri chiziqlarini nazariy guruhi tashkil qilinmoqda. Nazariy guruhga soya soladigan harorat o'zgarishining real egri chiziqlari

eksperimental yo'l bilan aniqlanmoqda va eksperimental va nazariy egri chiziqlarning birini bir-biriga to'g'ri kelishi bo'yicha α_t – koeffitsienti aniqlanadi.

Tabiiy konveksiya sharoitida yopiq hajmda u yoki bu cheklovchi yuzalar orqali isitilishi yoki g'ovak muhit elementlaridan issiqlik ajralishi mavjudligida havo oqimlarini kelib chiqishi va tabiiy intensivligi tahlili adabiyotlarda keltirilgan. Havoning tabiiy konvektiv toklarining kelib chiqish kriteriysi sifatida $Ra > Ra_{akr} = 40...46$ soni xizmat qiladi.

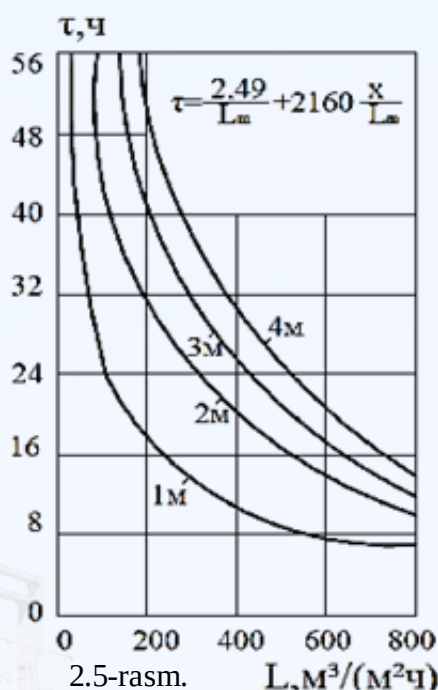
Barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida berilgan harorat – namlik parametrlarini ushlab turish bo'yicha *amaliy tavsiyalar* asosan alohida empirik bog'liqlarga yoki tashqi faktorlarni kompleks ravishda hisobga olinmagan tahminiy analitik hisoblarga asoslangan bo'lib, bu faktorlarning asosiylari mahsulotdan ajraladigan aniq issiqlik, karkas balandligi bo'ylab haroratni beqarorligi, issiqlik berishni eksperimental koeffitsientlarining qiymati qatlamda α nafaol uyumlar uchun aniqlanganligi kabilar kiradi. Quyida keng tarqalgan tavsiyalarni tahlilini keltiramiz.

Adabiyotlarda keltirilgan ko'plab hisoblar uslubida uyumlardagi aniq biologik issiqlik ajralishlar hisobga olinmagan, ayrimlarida esa bu faktorlar qisman hisobga olingan.

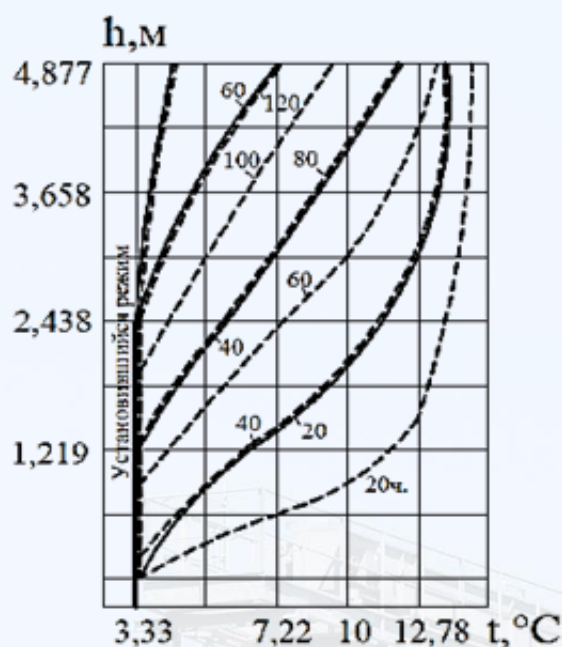
G.B.Chijov asos sifatida $dt/d\tau = -m (t_{o'rt} - t_{vo})$ formulasini qabul qilib doimiy boshlang'ich haroratda va uyumda issiqlik ajralishlar yo'qligida ($q_v = 0$) uyumni sovutish vaqtini hisobladi.

B.Opxyuz qiymatlari $d=4,0$ sm va $q_v=0$ bo'lgan ko'p funksiyali qatlam uchun o'lchovsiz haroratgacha $Y_k = 0,1$ sovutish vaqtini tajriba va hisob qiymatlarini Buzinger tenglamasi bo'yicha muvofiqligiga erishdi (2.5-rasm).

J.H.Hunter sferalarni sovushini uyumlardagi havo tezligini ikkita qiymatidan va III-turdagi chegaraviy shartlarda tahlil qildi (2.6-rasm). Olingan natijalarni eksperimental tahlilini yo'qligi keltirilgan nazariy yechimlarni qiymatini sezilarli darajada kamaytiradi.



Tugunaklar uyumini
 $Y_k = 0,1$ gacha sovush vaqti.



Tugunaklararo bo'shliqda
 $u=1,22$ m/daq. va $u=2,44$ m/daq. tezlik
 qiymatlarida haroratlar profili.

Biologik issiqlik ajralishlarni hisobga olgan holda uyumlardagi aniq issiqlik balansi bo'yicha kartoshka saqlash omborlaridagi faol shamollatish tizimi unumdorligini hisoblashni soddalashtirilgan uslubi keltirilgan:

$$L_m = q_v G / c_b (t_{cp} - t_{bo, cp}). \quad (2.34)$$

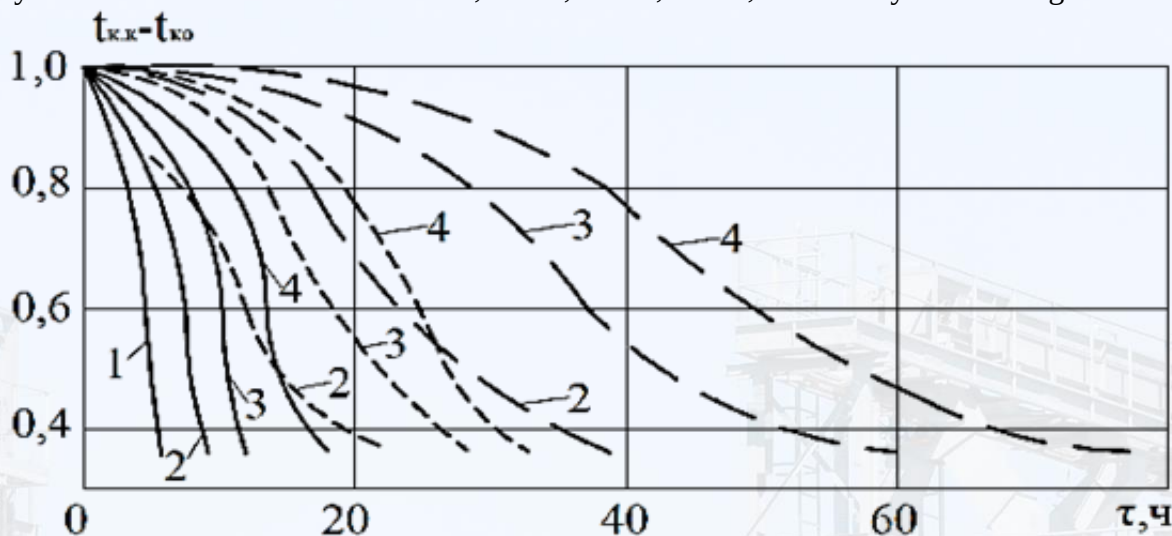
Bu usulni sovutishni nostatsionar rejimiga nisbatan qo'llash L_m – qiymatiga 3,0 gacha bo'lgan tuzatma kiritishga zaruriyat keltirib chiqaradi.

Y.P.Kalugina kartoshka uyumi bo'ylab harorat qiymatini doimiy deb qabul qilib ($t_{ko} = \text{const}$), yakuniy yechimda biologik issiqlik ajralishlarni c_k – qiymatini tugunaklarni issiqlik sig'imini qayta hisoblash yo'li bilan olingan issiqlik sig'imi c_{kr} qiymatini kiritish orqali hisoblashga muvaffaq bo'ldi:

$$c_{kp} = c_k + \frac{q_v \tau}{t_{ko} - t_{kk}} - \frac{q_v \tau i}{t_{ko} - t_{kk}}. \quad (2.35)$$

Yechim natijalari 2.7-rasmda keltirilgan. Issiqlik sig'imini yangi birligini kiritish sovutish davri davomida mahsulotni issiqlik-fizik xarakteristikalarining doimiyliги tufayli to'g'ri hisoblanmaydi. Issiqlik berish koeffitsienti deyarli 20 % ga oshadi.

2.7-rasm. Tugunaklar uyumining $t_k=f(h)$; --- -400m/soat; --- -200m/soat; --- 100m/soatdagi nisbiy harorati; 1-1 m; 2-2 m; 3-3 m; 4-4 m – uyum balandligi.



Bir qator tadqiqotchilar asossiz ravishda barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida issiqlik tabiiy konveksiya usulida uzatilmaydi deb hisoblashadi. Ular qatlamni issiqlik manbasi hajmi bo'ylab bir tekis tarqalgan izotrop parallelepiped deb hisoblashadi. Bunday masalani yechimi A.V.Likovning plastinalar uchun ma'lum bo'lgan yechimiga kelib taqaladi.

Aniq biologik issiqlik ajralishlar va tabiiy konveksiyaning mavjudligi uyum balandligi bo'ylab oshib borayotgan harorat profilining paydo bo'lishiga sabab bo'lib, u birinchi yaqinlashuvda chiziqli bo'ladi: $t_k=t_{k0} + bx$. Uyumlardagi haroratni boshlang'ich gradientlarini hisobga olish natijasida jarayonni tegishli dinamikada aniq tahlilidan qat'iy nazar sovutishni hisoblangan vaqti 20 % ga kamaydi.

Boshlang'ich harorati doimiy $t_{k0} = \text{const}$ bo'lgan kartoshka uyumlaridagi aniq issiqlik ajralishlar qv issiqlik va massa ko'chishini balans tenglamalar sistemasini yechimi va namlikni ko'chish tenglamasini qo'shilishi EXMlaridagi analitik va sonli yechimlarni shu darajada murakkablashtiradiki, sonli va eksperimental natijalarni qoniqarli o'xshashligiga erishib bo'lmaydi.

Uyumning uzunlik va ko'ndalang yo'nalishlarida issiqlik o'tkazuvchanlikni konduktiv tashkil etuvchisini hisobga olish modelni yanada murakkablashuviga va yakuniy amaliy yechimlarda noaniqliklarga olib keladi.

N.I.Gamayunovning xulosasiga ko'ra mahsulot qatlami balandligi bo'ylab haroratni boshlang'ich gradientasini hisobga olish va sonli yechimlarni eksperimental tekshiruv yo'qligi, α_1 va α_2 ko'effitsientlarining berilishidagi noaniqliklar issiqlik almashinishni konduktiv tashkil etuvchilarining modeliga tavsiya qilinayotgan kiritishlarni qo'shilishini asosli deb hisoblashga imkon bermaydi. Yechimning amaliy ahamiyati natijalardan olingan ko'chish ko'effitsientlarining aniqligiga bog'liq. Matematik modelni tanlash ularni topishni aniqlik darajasiga mos kelishi kerak. Ko'chish ko'effitsientlarining haqqoniyliqi qancha kam bo'lsa, matematik model shuncha sodda bo'lishi kerak.

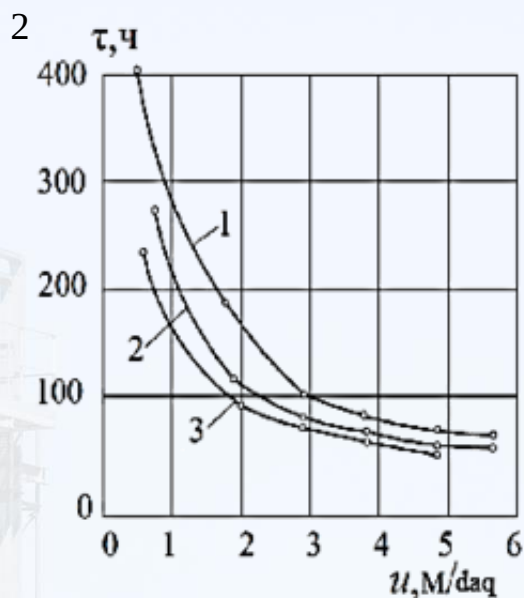
Barra o'simlik xom ashyosi uyumida issiqlik-massa ko'chish jarayonini modelini asossiz ravishda murakkablashtirishga misol qilib turli manbalarda keltirilgan ma'lumotlarni keltiramiz. Modelga qo'shimcha ravishda issiqlik o'tkazuvchanlik λ_k va mahsulot issiqlik sig'imini e_k o'zgaruvchan ko'effitsientlarini, tugunaklar shakli ko'effitsientini, V_i sonini α_1 va α_2 ko'chishidagi asosiy parametrlarini eksperimental tekshiruvlari yo'qligida qo'shimcha ravishda kiritish masala yechimini murakkablashtirib, aniq natijalar olishga imkon bermaydi. Yakuniy natijada yechim $t_{ko}=\text{const}$ va $q_v=0$ dagi ma'lum bog'liqliklardan iborat.

Biologik faol mahsulot uyumlarida, qatlamni doimiy boshlang'ich haroratida ($t_{ko}=\text{const}$), xom ashyoni real issiqlik o'tkazuvchanligi va aniq issiqlik ajralishlarini hisobga olgan holda harorat maydonlarining shakllanishi masalalarining yechimlari olingan. Lekin ular eksperimental jihatdan tasdiqlanmagan. Shuning uchun faol shamollatish tizimini ish rejimlarini maqbullashtirish va muhandislik hisoblash usullarini ishlab chiqish yangi mustaqil tadqiqotlar mavzusi hisoblanadi.

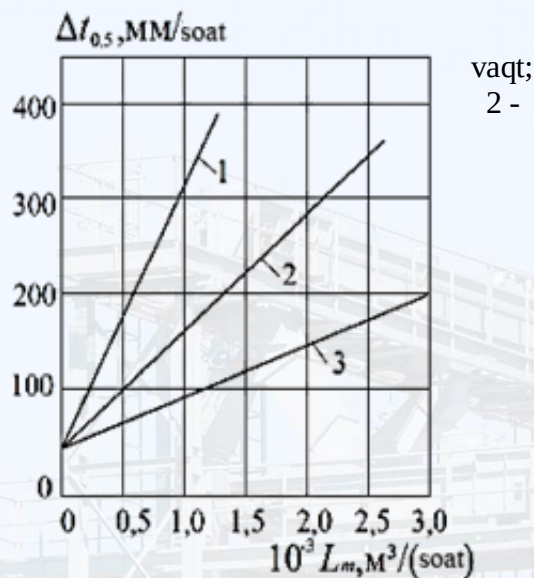
Biologik faol mahsulot qatlamida issiqlik va massa ko'chishi masalalarining umumiy analitik yechimlarini foydali tomonlari hisobga olinganda ham ular hali

amaliyot talablariga to'liq javob bermaydi. Natijada tajriba ma'lumotlarini umumlashtirish asosida mantiqiy yechimlarga erishish yo'llari qidirilmoqda.

Balandligi $h=4,8$ m bo'lgan aniq issiqlik ajralishlari ($q_t=\text{const}$) va qatlamdagi boshlang'ich harorat doimiy ($t_{k0}=\text{const}$) bo'lganda, uyumdagi havo tezligi turlicha bo'lgan sharoitlarda uyumni sovish vaqtini grafik bog'liqligi taklif qilindi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Uyumni umumiy sovish vaqtini ($t_{k0}=18,3$ °C): 1 – $t_{kk}=4,5$ °C gacha umumiy



$t_{kk}=5,5$ °C gacha ventilyatorning ish vaqti; 3 - $t_{kk}=7,2$ °C gacha bo'lgan umumiy vaqt.

2.9-rasm. Yarim sovish frontining tezligi: 1-ildizmevalar; 2-ertangi karam, ismaloq, salat yaproqlari; 3 – oqbosh karam.

Kartoshka va sabzavotlar uyumini harorati yarmigacha pasaytirilganda $\Delta t_{0,5}$, mm/soat, uyumlarni sovush frontini tarqalish tezligi eksperimental yo'l bilan aniqlandi (2.9-rasm).

$$u_{\Delta t_{0,5}} = 10^{-5} m L_m \rho_B + b, \quad (2.36)$$

bu yerda m va b – doimiy qiymatlar; sabzi va kartoshka uchun ular tegishli 251,7 va 49,9 ni, karam uchun esa 48,4 va 49,2 ni tashkil etadi.

Boshqa ma'lumotlarga ko'ra kartoshka uyumida sovutish frontining harakatlanish tezligi 40 mm/soat atrofida bo'ladi ($L=40$ m³ /(m²soat), $\Delta t=5,25$ °C da).

Natura tadqiqotlar tugunaklar qatlamini shamollatish davomiyligi va havoni solishtirma sarfi orasida teskari proporsionallik mavjudligini bildirmoqda.

Sabzi va lavlagi uyumlarini sovutishni hisoblashda ($\Delta t_{ko}=2...12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $u=0,022...0,161\text{ m/s}$) sovutish vaqtini aniqlash uchun quyidagi bog'liqlikdan foydalanish bo'yicha tajriba yo'li bilan olingan tavsiyalar mavjud:

$$\tau = A + B \left(\frac{t_{ko} - t_{bo}}{u} \right) h, \quad (2.37)$$

bu yerda koeffitsient $A=1,5$, koeffitsient $B=3,05 \cdot 10^{-2}$ – sabzi uchun; $A=1,0$, $B=5,45 \cdot 10^{-2}$ – lavlagi uchun.

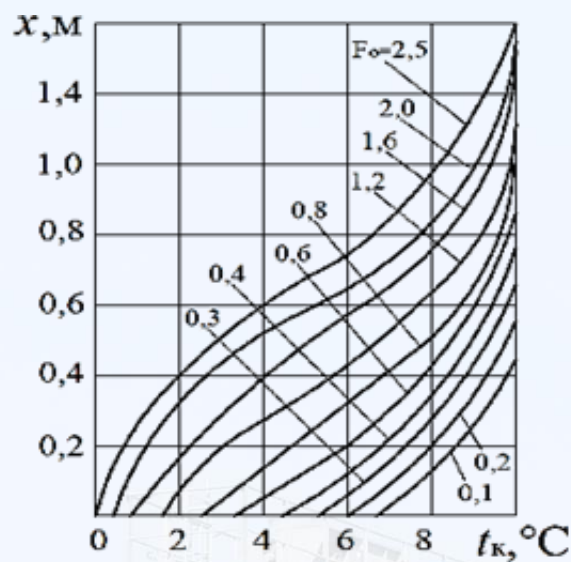
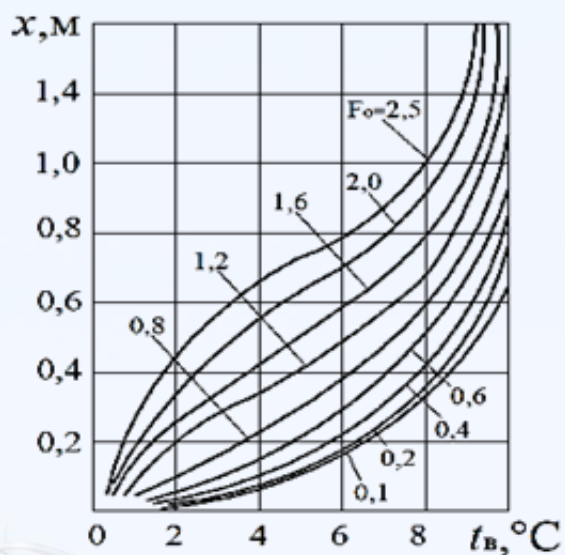
Barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida *namlik maydonlarini shakllantirish* bo'yicha bir qator mualliflar keltirgan analitik bog'liqlarda bevosita biologik faol mahsulot tomonidan havoni muvozanat nisbiy namligini o'zi boshqarish faktori hisobga olinmagan.

Oziq-ovqat mahsulotlari qatlami balandligi bo'ylab havoni nisbiy namligi va haroratni balans tenglamalar sistemasini yechimi orqali tarqalishi formulada berilgan.

$$\begin{aligned} \alpha_t (t_k - t_{bo}) l_o dx &= 0,278 \cdot 10^{-3} L_m \rho_B c_B dt_B; \\ \alpha_m [(\mu_{bo} - \mu_k) + \theta'_T (t_{bo} - t_k)] \varepsilon_H l_o dx &= 0,278 \cdot 10^{-6} L_m \rho_B c_m d\mu_B, \end{aligned} \quad (2.38)$$

bu yerda l_o – qatlamning keltirilgan balandligi, m/t; α_m – massa almashinish koeffitsienti, $\text{kg} \cdot \text{mol} / (\text{m}^2 \text{ Dj} \cdot \text{s})$; C_m – solishtirma izotermik massa sig'imi, kmol/Dj .

Kartoshka harorati t_k , havo harorati t_h , uyum balandligi bo'ylab tugunaklarning kimyoviy potensialini μ_k o'zgarishiga misollar 2.10 va 2.11-rasmlarda keltirilgan.

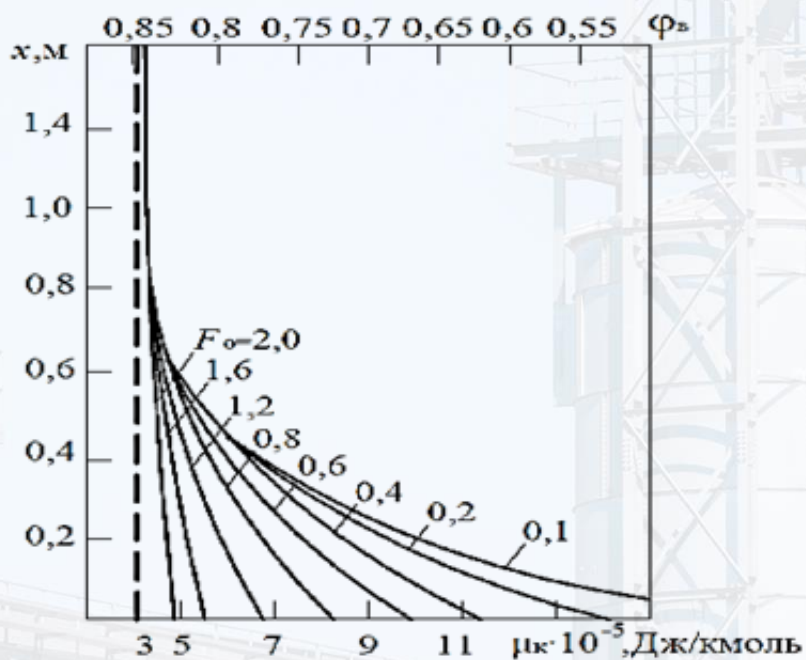


2.10-rasm.

a

b

Kartoshka uyumlaridagi harorat rejimi;
a- havo haroratining o'zgarishi
b- tugunaklar yuzasi haroratining o'zgarishi



2.11-rasm. Tugunaklar uyumining namlik rejimi.

Rasmlardagi grafik bog'lanishlarni hisoblash masalalarini shartlari: $h=5,0$ m, $t_{k0} = 10$ °C, $t_{v0} = 0$ °C, $\varphi_{v0} = 0,85$, $\mu_{v0} = -3,69 \cdot 10^5$ Dj/k.mol, $L_m = 70$ m³/ (m·soat), $E_u = 0,012$, $\alpha_1 = 11,2$ Vm/(m²°C), $\alpha_k = 1,37 \cdot 10^{-7}$ m²/s. Sonli yechimlarni tahlili uyumning

korreksiyalovchi (havo harakatining yo'nalishidagi birinchi qatlamda) qatlamida massa ko'chish intensivligini sifat jihatidan baholashga imkon beradi.

Adabiyotlarda kartoshka singari biologik faol mahsulot yuzasidan namlikni bug'lanish jarayonini intensivligini aniq eksperimental bog'liklarini uchratish mumkin:

$$\text{-saqlashni davolash davrida } W = 5,3 \cdot 10^{-4} \Delta p_B^{0,59} \tau^{-0,35}; \quad (2.39)$$

$$\text{- saqlashni asosiy davrida } W = 10^{-5} (1,2 + 0,6S) \Delta p_B, \quad (2.40)$$

bu yerda $\Delta p_v = \rho_{yuza} - \rho_{xavo}$ – havo purkashdan oldin parsial bosim tanqisligi, mm.simob ustuni; τ – vaqt, s; S-mahsulotdagi namlik miqdori, %

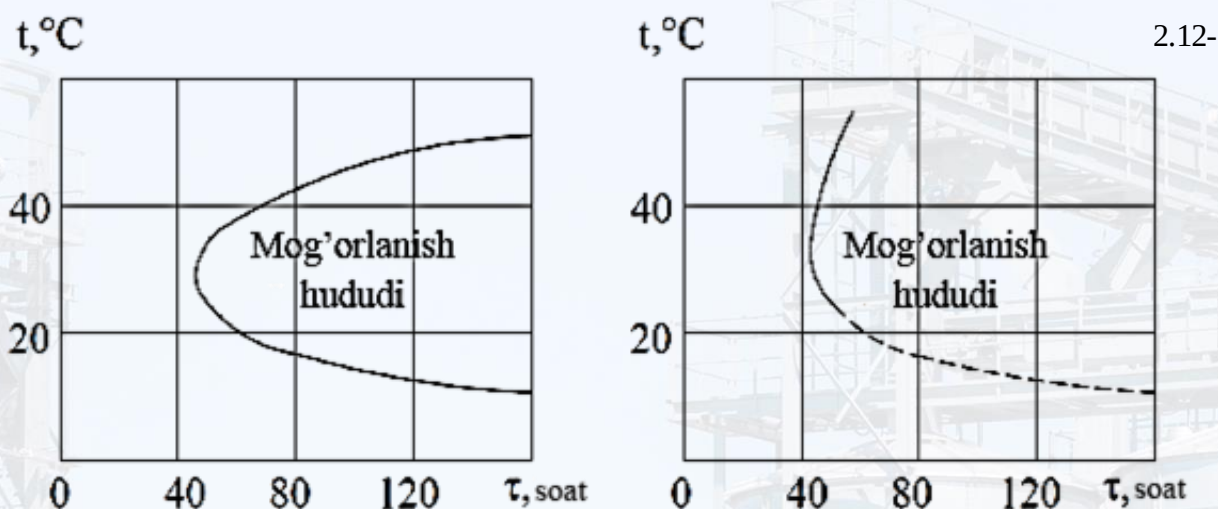
Bunday bog'liklarni saqlash shartlari o'ziga xosligi tufayli boshqa mikroiklimiy sharoitlarda qo'llab bo'lmaydi.

Barra o'simlik xom ashyosi uyumlarini saqlashdagi issiqlik-massa ko'chish jarayonlarini nazariy va eksperimental tadqiqotlarni rivojlanishining zamonaviy holatini qisqacha tahlili shuni ko'rsatyaptiki qatlamdagi harorat va namlik maydonlarini shakllanish masalalarini analitik 0 yoki sonli usullar bilan echishga imkon beruvchi issiqlik-fizikaviy nuqtai-nazardan asoslangan mahsulot yuzasidan havoga issiqlik va namlik ko'chishi modellari yo'qligini ko'rsatdi. Sabzavot-kartoshka saqlash omborlarida mikroiklim parametrlarini ta'minlovchi sistemalarni konstruktiv xossalariga, unumdorligiga va ish rejimiga sezilarli ta'sir qiluvchi uyumlarni sovutishni nostatsionar sharoitlarida issiqlik-massa ko'chishini umumlashtiruvchi potentsiali aniqlanmadi.

Quritilayotgan hashak qatlami. Dala sharoitida *tabiiy quritish jarayonida* ozuqali moddalarni yo'qotilishi kuzatilib, bu yo'qotilishlar 30...50 %, karotin uchun esa 80 % ni tashkil qiladi. Ayrim boshqoqli o'simliklar dukkakli o'simliklarga nisbatan 2...3 marta tez o'sganligi sababli, dukkaklilarni quritishda 1,5...2,0 marta tezlashuvga ularni yanchish orqali erishiladi. Hashak tayyorlashni maksimal muddatlari mog'or paydo bo'lishi bilan chegaralanadi. Hashakni saqlanuvchanlik muddatini haroratga bog'liqligi 2.12-rasmda keltirilgan. Hashaklarni quritish jarayonini 7...10 sutkada

yakunlash tavsiya etiladi. Somonni quritish davomiyligi hashakli aralashmalarda mog'or zamburug'lari paydo bo'lish vaqtidan oshmasligi kerak.

Shamollatilmaydigan hashak qatlamida o'z-o'zidan qizish jarayoni tezligi $1,0^{\circ}\text{C}/\text{soat}$ dan $2...3^{\circ}\text{C}/\text{soat}$ gacha bo'ladi. Shamollatish uchun mo'ljallangan havoni nisbiy namligini past qiymatlarida φ_v nafas olish jarayoni bug'lanish uchun zarur bo'lgan issiqlikni 25 % ni, $\varphi_v > 75$ % da esa 60 % dan oshig'ini ta'minlaydi. Lekin quritish jarayonini tezlashtiruvchi biologik issiqlik ajralishlarda mahsulotda quruq moddalar yo'qotilishi kuzatiladi.



rasm. Ho'l hashakni saqlanuvchanlik muddati:
a – Terry bo'yicha; b – Lehmann bo'yicha

Maysalarni quritish uchun *faol shamollatish sistemalarini* hashak tayyorlash texnologiyalarda qo'llanilishi quyidagi afzalliklarga ega: hashakni dalada bo'lishni umumiy vaqti 1...3 kungacha qisqaradi; hashak sifati 1,7...2,0 marta oshadi; hashak tayyorlash texnologiyasini maqbullashadi; mexanik yo'qotishlar 20...25 % ga qisqaradi. Maysalar dastlab dalada yayma hashak tayyorlashda $w_{hash} = 35...45$ % namlikgacha va presslangan hashak tayyorlashda $w_{hash} = 30...35$ % namlikgacha so'litiladi.

Boshlang'ich namligi 50...60 % gacha bo'lgan maysalarni hashak sifatini yuqori darajada saqlab qolgan holda isitilmagan atmosfera havosi bilan quritish bo'yicha ijobiy tajribalar mavjud. Havoni qizib ketishi quritish vaqtini qisqartiradi va har doim

ham 40...60 °C dan yuqori bo'lgan haroratda oqsillarni parchalanishi bilan bog'liq bo'lgan ozuqali moddalar yo'qotilish hodisasi kuzatilmaydi. Energetik sabablarga ko'ra havoni sun'iy ravishda qizdirish keng tarqalmagan va hattoki tobora qisqarib bormoqda. Hashaklarni quritishda havoni solishtirma sarfida sezilarli tebranishlar kuzatilib, bu holat quritish jarayonidagi texnologik va texnik-iqtisodiy holatlarni hisobga olinmaganligi bilan bog'liq.

Konditsion hashakni saqlashdagi ozuqali moddalarni yo'qotilishi saqlash omborlarida yiliga 1...3 % ni, uyumlarda saqlashda 15...30 % va undan ham yuqori ko'rsatkichni tashkil qilib, uyumlar o'lchami oshgan sari yo'qotishlar miqdori qisqarib boradi.

Kapilyar – g'ovak materiallardagi massa va issiqlik oqimlari uchun A.V.Likov tomonidan tenglamalar sistemasi keltirilgan:

$$\begin{aligned} c_p \rho_o (dt / d\tau) &= \lambda \nabla^2 t + \varepsilon r_o \rho_o (du / d\tau); \\ (du / d\tau) &= a_m (\nabla^2 u + \delta_\tau \nabla^2 t), \end{aligned} \quad (2.41)$$

bu yerda $a_m = D$ – namlik diffuziyasi koeffitsienti; r_o – bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi; $\delta_\tau = a_m^t / a_m$ termodiffuziyaning solishtirma koeffitsienti; a_m^t – termodiffuziya koeffitsienti.

Majburiy konveksiyada (2.41) sistema qatlam ichidagi maysa yuzasidagi nam havoning tashqi issiqlik-massa almashinishi bilan to'ldiriladi.

$$j = D \rho_o (\nabla u + \delta \nabla t)_{\text{ноб}} = \alpha_t (t - t_k) / r. \quad (2.42)$$

Quritish jarayonidagi (2.41) va (2.42) dagi muhit ko'chishi va holati koeffitsientlari faqatgina eksperimental yo'l bilan aniqlanadi. Haroratni kichik gradientlarida g'ovak izotrop muhitlardagi bunday tadqiqotlar faqatgina ayrim turdagi mahsulotlar uchun o'tkazilib, biologik faol muhitlarga tegishli bo'lmaydi. Shuning uchun maysalarni quritish jarayonidagi muhandislik hisoblari amaliyotida (2.41) va (2.42) – tenglamalar sistemasini qo'llashni imkoni yo'q.

Quritilayotgan hashak yuzasidan bug‘lanish zonalarining chuqurlashuvida issiqlik berish koeffitsienti α_1 va quritish tezligini kamayishi kuzatiladi. Quritish jarayonining doimiy tezligi davrida ($N=dw/d\tau=0$) maysaning butun yuzasi suvga to‘yingan bo‘ladi ($u_{yuza} > u_1$, $R_{nas} = R_{yuza} > P_v$) va materialga berilayotgan barcha issiqlik q_1 namlik bug‘lanishiga sarflanadi. Bu davr davomiyligi maysa yuzasi yoki uning bir qismida namlik miqdori gigroskopik qiymatdan kamayguncha davom etadi ($u_{yuza} < u_g$, $p_{nas} > p_{yuza} > p_v$), namlikni bug‘lanishiga issiqlikni bir qismi q_2 sarflanadi. Zarur issiqlikni miqdori quyidagi formuladan topiladi:

$$q_1 + q_2 = rG_c N(t) [1 + (w - w_p) / w_{tp}], \quad (2.43)$$

bu yerda $N(t)$ – quritish jarayonini eksperimental yo‘l bilan aniqlangan tezligi.

Bog‘langan suvni dispatsiya issiqligi suyuqlikni bug‘ga aylantirish uchun sarf bo‘lgan issiqlikni atigi 0,2-0,4 % ni tashkil qiladi. Namligi yuqori bo‘lgan hashaklarni quritishda inobatga olinmaydi.

Majburiy konveksiya sharoitida hashak qatlamini quritish jarayoni to‘g‘risida hozirgi vaqtda qabul qilingan sifatiy tushuncha quyidagicha (2.13-rasm). Maysa ho‘l termometr $t_{m.t}$ haroratigacha izoentalpa bo‘ylab sovutiladi. Quritish zonasi qatlam ichiga qarab siljiydi. Quruq hashak zonasida uning parametrlari t_{sk} va w_{sk} qatlamga ko‘tariluvchi havo t_{vo} va φ_{vo} bilan muvozanatda bo‘lib, bug‘lanish jarayoni kuzatilmaydi. Quritish zonasida harorat avval $t_{m.q}$ gacha kamayib, so‘ngra φ_v qiymati 100 % ga yaqin bo‘lganda nam maysaning haroratigacha t_m ko‘tarilishi mumkin. Quritish zonasi qatlam chegarasidan chiqa boshlagach, havoning nisbiy namligi φ hashak massasidan chiqishda kamayadi, harorati esa oshadi. Quritish zonasi qatlamda qancha ko‘p vaqt bo‘lsa ($h=h_3/h$ qancha ko‘p bo‘lsa), jarayon shuncha iqtisodiy jihatdan tejamkor bo‘ladi. Zona o‘lchami va uning harakatlanish tezligi havo sarfiga L proporsional. Maysaning namligi $W_{may} < W_r$ bo‘lganda, quritish zonasi ko‘rilayotgan qatlamni butun qalinligini $\varphi_v < 100$ % egallaydi. Havoni nam yutish xossasini maysani nafas olish hisobiga oshirish bo‘yicha bir qator amaliy tavsiyalar mavjud. Masalan quyidagi balans tenglamada keltirilgan:

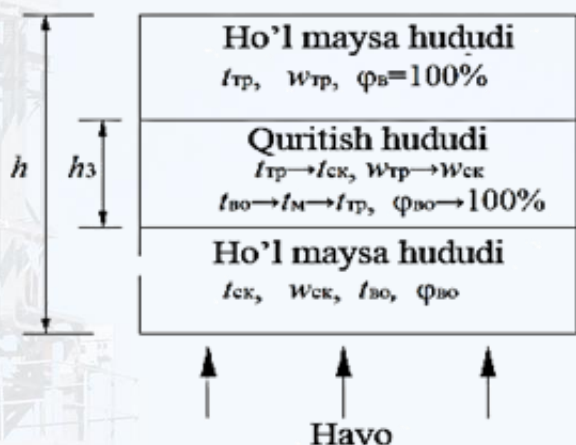
$$\Delta d_c = d_k - d_o = 10^3 q_v G_c / L_o r \rho_B. \quad (2.44)$$

Berilgan analitik bog‘liqlik adabiyotlarda keltirilgan quritish vaqtini aniqlash bo‘yicha bog‘liqlikga o‘xshash bo‘ladi

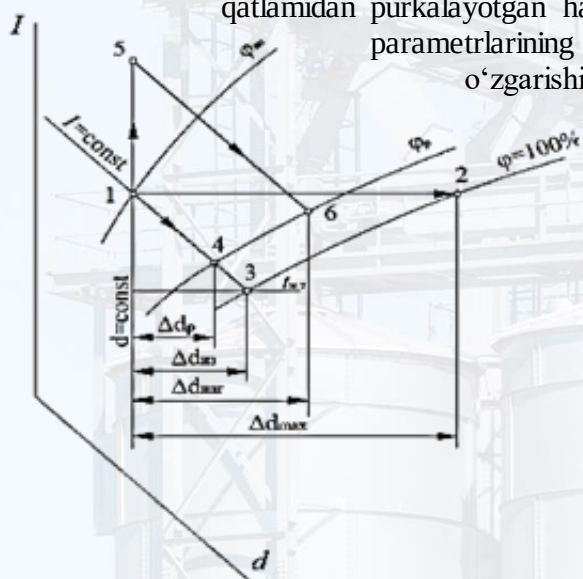
$$\tau = \frac{w_{tp} - w_p}{N} - \frac{1}{\chi_c N} [1 + 2,3 \lg \chi_c (w - w_p)] \quad (2.45)$$

va amaliyot talablarini qondirmaydi, chunki quritishni doimiy va kamayib boruvchi tezliklari davrida va X_s – koeffitsientiga nisbatan maysani quritish tezligini ko‘p faktorli qiymatlari $N = dw/d\tau$ yo‘q. Biologik issiqlik ajralishlar mavjudligi faol shamollatish tizimini ish vaqtini aniqlashda yanada murakkablashtiradi.

2.13-rasm. Uyumdagi havo, quritilayotgan maysa va hashak parametrlari



2.14-rasm. Quritilayotgan hashak qatlamidan purkalayotgan havo parametrlarining o‘zgarishi.



Bir qator mahalliy va chet el mualliflari tomonidan hashakni quritish intensivligini hisoblashni umumlashtirilgan usullarini olish uchun nam havo diagrammasini I-d qo‘llash tavsiya qilingan. Ular tomonidan taklif qilinayotgan hashak qatlamidagi havo parametrlarining o‘zgarishi 2.14-rasmda ko‘rsatilgan.

Agarda quritish jarayonida bug‘lanish hodisasi umuman kuzatilmaganda ($t_{vo} = t_1 = \text{const}$), havoning maksimal nam yutishi $\Delta d_{\max} = d_2 - d_1$ ni tashkil etardi (jarayon 1-2). Haqiqiy jarayon ($I = \text{const}$) izoentalpasi bo‘yicha boradi. Maysadagi namlik miqdori gigroskopik darajadan yuqori bo‘lsa, havo namlik bilan $\varphi \approx 100\%$ gacha to‘yinadi (jarayon 1-3). Gigroskopik hududda havo hashak bilan termodinamik muvozanat

holatiga to'g'ri keluvchi φ_ρ gacha namlanadi. Havoning nam yutish hossasini keyingi oshishiga haroratni oshirish orqali erishiladi (1-5-jarayon), $\Delta d_{\text{nat}} = d_6 - d_5$ (5-6-jarayon).

Quritilayotgan hashakdan ajratilayotgan namlik massasi G_n quyidagiga teng:

$$G_{\text{nam}} = G_{\text{hash}} (w_{\text{hash}} - w_k) / (100 - w_k) \quad (2.46)$$

yoki

$$G_{\text{nam}} = G_c (w_{\text{hash}} - w_k) / (100 - w_{\text{hash}}). \quad (2.47)$$

Havoning nam yutish hossasi Δd_{cp} I-d-diagrammada ko'rsatilgan. Hashak qatlami orasidan purkalayotgan havo miqdori:

$$L_o = 10^3 G_{\text{nam}} / \Delta d_{\text{cp}} \rho. \quad (2.48)$$

Ventilyator unumdorligi L_v , m^3/soat bo'lganda, faol shamollatish tizimini uzluksiz ish vaqti $\tau_v = L_o / L_v$ ni tashkil etadi. Agar shamollatish vaqti avvaldan berilgan bo'lsa, sistemani unumdorligi $L_v = L_o / \tau_v$ dan kam bo'lmasligi kerak.

Ko'rib chiqilgan holatlar xashaklarni quritish bo'yicha konstruktiv va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni loyihalash va hisoblash bo'yicha I-d- diagrammaning to'liq imkoniyatlarini ko'rsatib bera olmagan. Bularga quritilayotgan hashakning asosiy va korreksiyalanayotgan qatlamlariga kelayotgan havoga termodinamik ishlov berishni asoslash; faol shamollatish tizimini surunkali yomg'irlar davrida ishlashi; maysalarni nafas olish issiqligidan quritish jarayonlarini jadallashtirishda foydalanish va boshqalar.

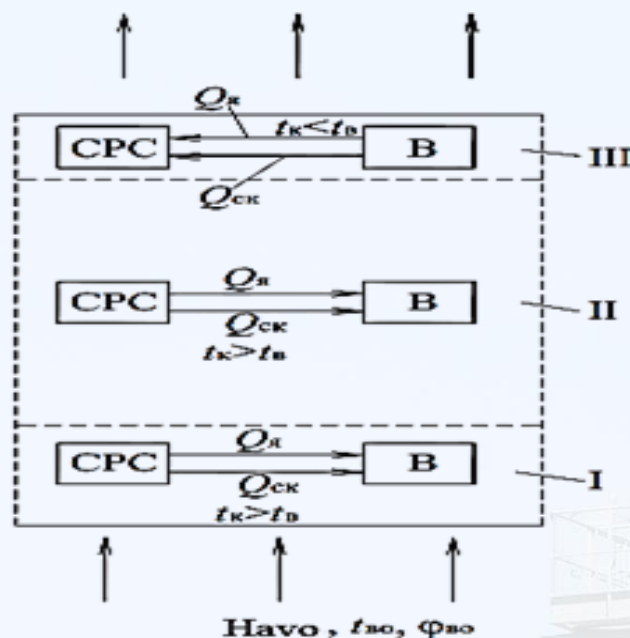
SHunday qilib, quritilayotgan hashak qatlamida issiqlik-massa almashinish jarayonlarini issiqlik – fizik modelini ishlab chiqish va asoslash bo'yicha qo'shimcha nazariy va eksperimental tadqiqotlar olib borish zarur bo'lib, bu tadqiqotlar jarayonning energetik mohiyatini ochishga, namlik ko'chishini umumlashtiruvchi potensialini aniqlashga, faol shamollatish tizimini hisoblash usulini aniqlashtirishga va asoslashga, havoni sun'iy isitish jarayonidan foydalanishni texnik-iqtisodiy chegaralarini belgilashga va quritish jarayonini jadallashtirishni boshqa usullarini belgilashga imkon beradi.

Biologik faol sistemalarda havo holatini belgilovchi jarayonlarni grafik ifodasi

Farg'ona politexnika instituti va "Real-logistik" MCHJda olib borilgan saqlanayotgan barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida va dag'al em-xashak tayyorlashda quritilayotgan hashak qatlamlarida kechadigan issiqlik-massa almashinish jarayonlarini o'rganish bo'yicha olib borilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar mahsulot hajmlarida issiqlik va namlik ko'chishi jarayonini dinamikasini issiqlik-fizik modelini ishlab chiqishga imkon berdi.

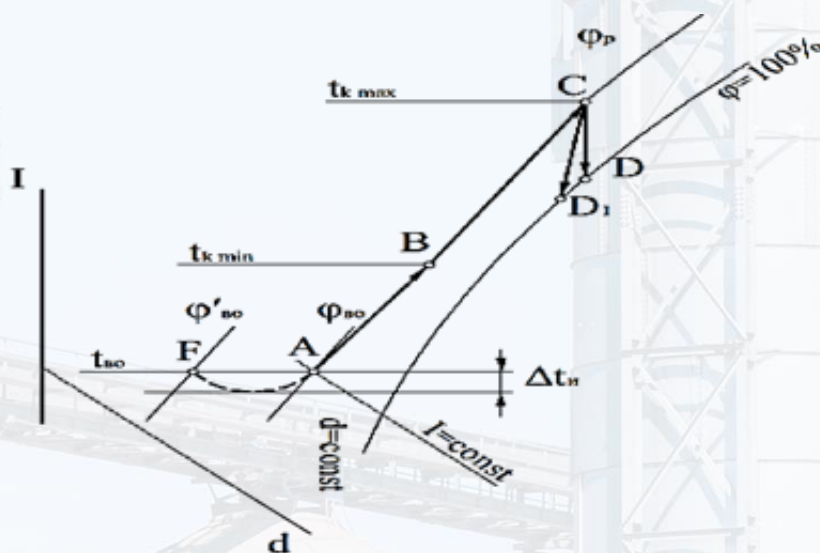
Barra o'simlik xom ashyosi uyumi. Xom ashyoning yuzasi va sovutuvchi havo orasidagi issiqlik va massa ko'chish jarayonlarini uyumning korreksiyalovchi (I), asosiy (II) va yuqorigi (III) qatlamlardagi yo'nalishi 2.15-rasmda ko'rsatilgan. Ochiq va yashirin issiqlik ko'chish jarayonlarining yo'nalishining bir xilligi – biologik faol mahsulot uyumlarida kechadigan jarayonlarning o'ziga xos xususiyatidir.

Sovutuvchi havo parametrlarini *I-d*-diagrammada o'zgarishi 2.16-rasmda berilgan. Korreksiyalovchi qatlamda havo φ_{vo} dan $\varphi \approx \varphi_r$ gacha namlanadi va bir vaqtning o'zida t_{vo} haroratdan asosiy qatlamning quyi qismining haroratigacha $t_{k\ min}$ (AV - jarayoni) isiydi. Kelayotgan havoning nisbiy namligining quyi qiymatlarida φ_{vo} bug'lanish hodisasi Δt_b (FA-jarayoni) kuzatilishi mumkin. Asosiy qatlamda havoga issiqlik namlik ishlovi berish jarayoni $\varphi_r = \text{const}$ (BC-jarayoni) bo'yicha kechib, bu chegaraviy egri chiziqning $\varphi = 100\ %$ ekvidistant bo'lishiga to'g'ri keladi. Havoni qurituvchi hossasini uyumdagi harakati yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishli o'zgarishlar bo'lmasligini isbotlar ekanmiz (BC-jarayoni $\varphi_r = \text{const}$ dan chetlanishini professor V.Z.Jadan ta'riflar ekan, quyidagilarni qayd qildi "... havo tarkibidagi namlik miqdori va uni qurituvchi xossasi orasida fizikaviy jihatdan izohlanadigan qarama-qarshilik paydo bo'ladi) va bu holatni havo tarkibida namlik miqdorining tanqisligi keltirib chiqaradi: havodagi namlikni yuqori miqdoriga namlik miqdorining oz darajadagi to'g'ri keladi va aksincha bo'lishi mumkin emas".



2.15-rasm. Barra o'simlik xom ashyosi uyumlarida issiqlik va namlik ko'chishi jarayonlarining yo'nalishi: I-korreksiyalanuvchi qatlam; II-asosiy qatlam; III-yuqorigi qatlam.

Havo uyumdan S – nuqta (t_{kmax}, φ_p) parametrlari bilan ajralib chiqadi. Yuqorigi, nisbatan sovuq qatlamdan III (2.15-rasm) o'tar ekan, nam havo to'yinish holatigacha (CD-jarayoni) yoki kondensat ajralguncha (CD₁-jarayoni) sovushi mumkin.



2.16-rasm. Uyumdagi sovutuvchi havo holatining o'zgarishi: AV(GAV) – korreksiyalanuvchi qatlamda; VS-asosiy qatlamda; CD(CD₁) – yuqorigi qatlamda.

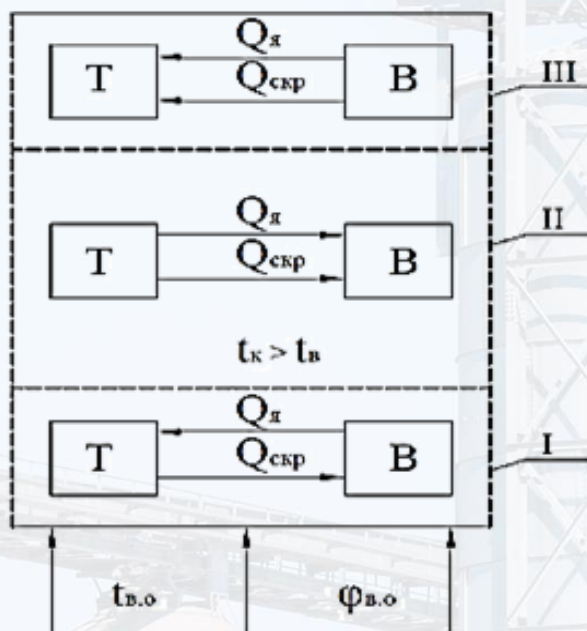
Quritilayotgan hashak qatlami. Maysalarni nafas olishi va mikroorganizmlarning hayot faoliyati massani o'z-o'zidan qizishini keltirib chiqarishi

mumkin. Isitilmagan atmosfera havosi bilan quritish jarayonini harorat rejimi $t_k > t_{vo}$ bilan xarakterlanadi.

Havo oqimi yoʻnalishidagi hashakning birinchi qatlami saqlanayotgan mahsulot uyumiga oʻxshash holda korreksiyalovchi qatlam (I, 2.17-rasm) deyiladi. Maysaning boshlangʻich harorati gigroskopik namlik koʻrsatkichidan yuqori ($w_m > w_r$) boʻlib, bugʻlanish jarayoni xuddi suvni ochiq yuzasidan bugʻlangani kabi sodir boʻladi. Havo AG izoentalpiya boʻylab muvozanat nisbiy namlikgacha φ_r namlanadi (2.18-rasm). Biologik issiqlik ajralishlar jarayonning adiabatikligini buzib, havoni toʻyinish nurini $I=\text{const}$ chizigʻidan suradi (AB-jarayoni). Havoni assimiliyalovchi xossasini Δd ortishi havoni Δt_{vo} dagi isishiga ekvivalent boʻlib (AA₁B jarayoni), quyidagi muvozanat tenglamasi orqali ifodalanadi:

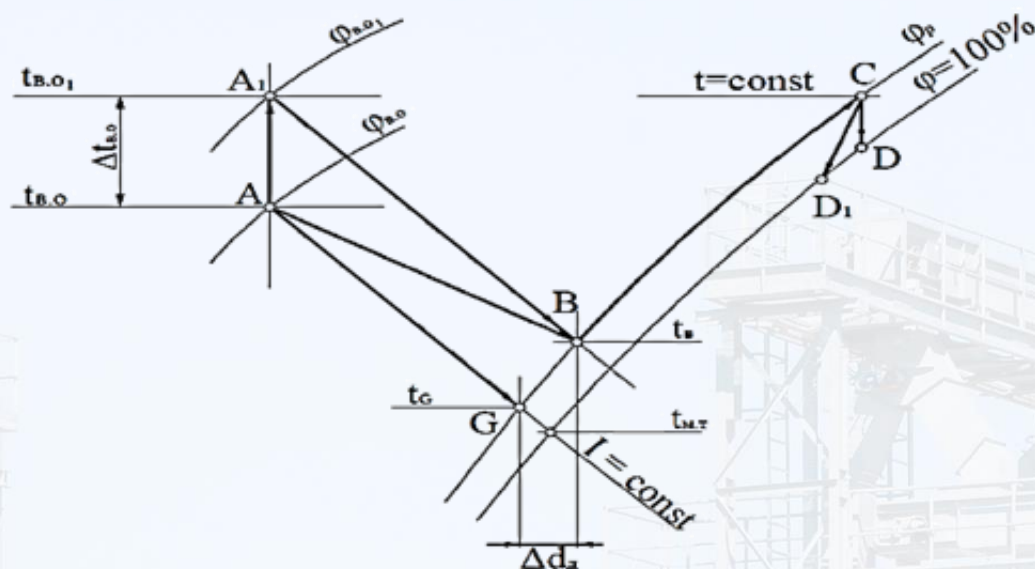
$$G_k (c_{tp} \Delta t_{vo} + q_v) = \Delta d_d L_B \rho_B r, \quad (2.49)$$

bu yerda G_k – oʻsimlik xom ashyosining korreksiyalovchi qatlami qalinligi.



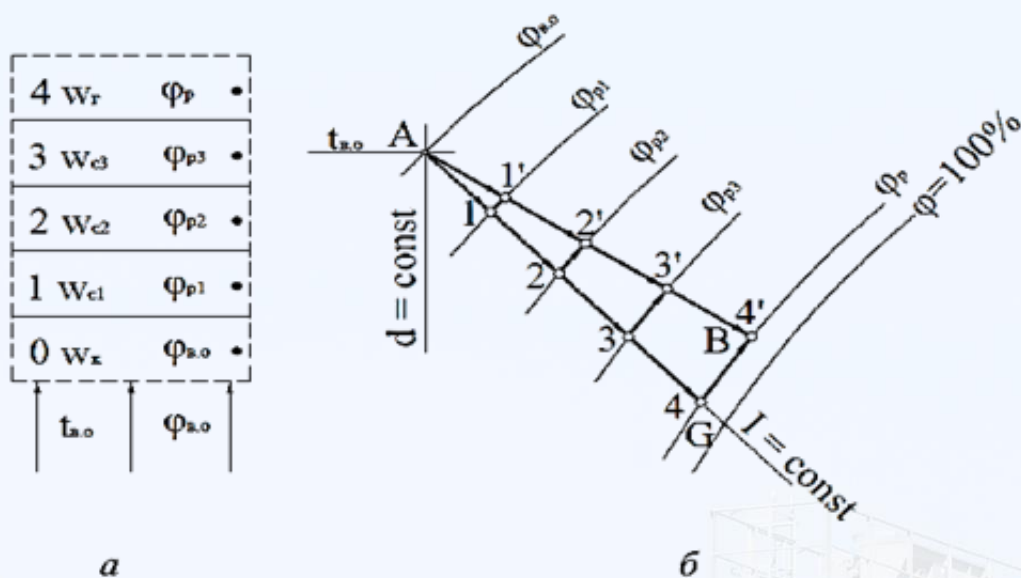
2.17-rasm. $t_k > t_{vo}$ da quritilayotgan hashak qatlamidagi issiqlik va massa koʻchishi yoʻnalishlari: I-faol qurilotgan hashak qatlami (korreksiyalovchi qatlam); II-asosiy qatlam; III-yuza qatlam.

Quritish jarayonida faol quriyotgan hashak qatlami (korreksiyalovchi qatlam) havo harakati yo‘nalishi bo‘ylab siljiydi. Quritilayotgan massani issiqlik uzatish intensivligi bug‘lanish zonasini chuqurlashuvi sababli pasayadi. Gigroskopik muvozanatga erishish lahzasi sorbsiya-desorbsiya izotermasidan aniqlanadi (1.1, 1.2, 1.3, 1.4-rasm).



2.18-rasm. Quritilayotgan hashak qatlamida $t_k > t_{vo}$ da havo holatini o‘zgarishini I-d-diagrammasidagi ko‘rinishi.

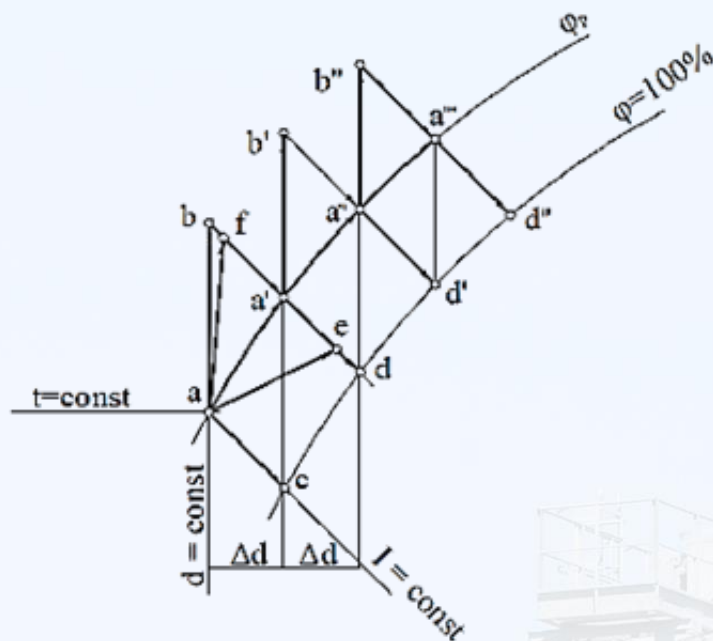
Faol quriyotgan hashak qatlamidagi ($w_m > w_r$) havo haolatini tahlil qilish uchun (II, 2.17-rasm) havo oqimi yo‘nalishi bo‘ylab uni bir necha hududga bo‘lamiz (2.19 a-rasm). Xashakning issiqlik-fizik xossalarini o‘zgarishini har bir hudud markazida to‘lqinsimon tarzda oshishini tahlil qilsak, fizik issiqlikni echilishi bir tekisda sodir bo‘ladi. Nol hududdan havo doimiy parametrlar bilan o‘tadi (2.19 b-rasm), birinchi hududda φ_{p1} gacha sovutiladi va namlanadi (A11 - jarayoni), ikkinchi hududda- φ_{p2} gacha (A 22 jarayoni), uchinchi hududda - φ_{p3} gacha (A 33 jarayoni) va to‘rtinchi hududda - φ_p gacha soviydi va namlanadi (AGB - jarayoni). Haqiqiy natijali jarayon butun qatlam bo‘ylab quritilayotgan hashakni issiqlik – fizik xossalarini o‘zgarishi bir tekisda amalga oshgani uchun w_k gacha AV – o‘qi bo‘ylab sodir bo‘ladi.



2.19-rasm. Quritilayotgan hashak qatlamida $W_{\varphi\rho} \leq W_1$ da havo holatini o'zgarishi: a – qatlamni hududlarga bo'linishi; b – jarayonlarni I-d-diagrammada ifodalanishi.

$W_{\varphi\rho} \leq W_1$ ga ega quritilayotgan hashakni asosiy qatlamidagi namlik almashinishiga oid ishlar psixrometrik nazariyaga asoslangan: jarayonlarning izotermikligi; filtrlanayotgan havo tomonidan $\varphi_p = 100\%$ qiymatga erishish imkonini mavjudligi, bunda havo va hashak orasida namlik almashinishi kuzatilmaydi. Lekin bunday yondashuv hashakning biologik xususiyatlarini hisobga olmaydi. Psixrotermik nazariyani amaldagi jarayonlarga sifatiy jihatdan mos kelmasligini ko'rib chiqamiz.

Havo a – nuqta parametrlariga ega bo'lib, (2.20-rasm) namlikni assimilyasiyalaydi va o'zining qurituvchi xossasini nolgacha kamaytiradi (as – gipotetik jarayon). Biologik issiqlik ajralishlar bir vaqtini o'zida havoni isitib (ab – gipotetik jarayon), uning $\Delta d = dc - da$ dagi quritish xossasini oshiradi. Natijalovchi jarayon aa havoni nisbiy namligi bo'yicha I-d-diagrammaning ko'rib chiqilgan bo'limida ma'lumot beradi. Keyingi o'xshash siljishlar nisbiy namlikni $\varphi_p = \text{const}$ egri chizig'ini $\varphi = 100\%$ ekvidistal bo'lgandagi butun chizig'ini aa' aa''...aⁿ topishga imkon beradi.

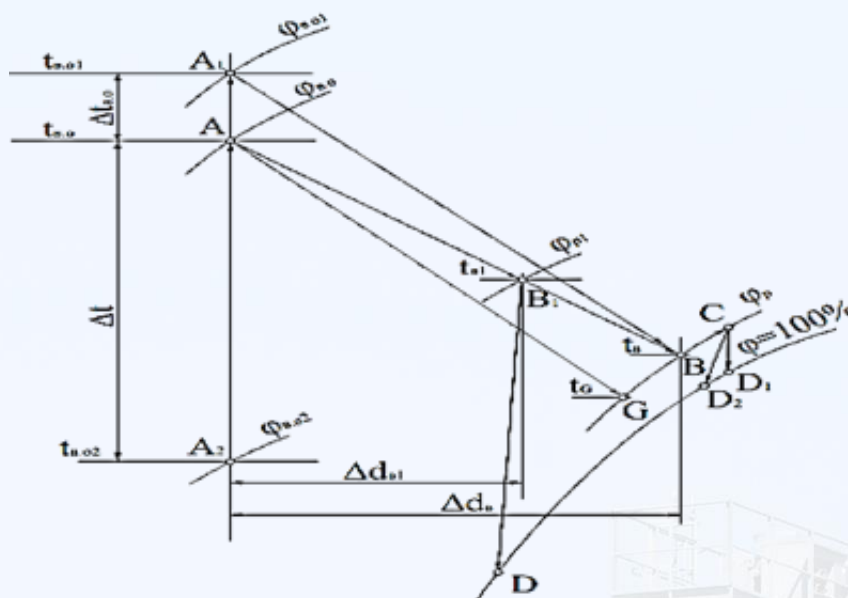


2.20-rasm. Quritilayotgan hashakning asosiy qatlamida havo holatining o'zgarishi.

Namlikni assimilyasiyasida havoni muvozanat nisbiy namligi $\varphi = 100\%$ chizig'iga yaqinlashsa ham eta ham olmaydi. Biologik issiqlik ajralishlar doimiy ravishda nisbiy ko'rsatkichni kamaytiradi. Boshqa tomondan olganda, agar biron-bir sababga ko'ra havo namligini dastlabki tanqisligi (Δd) ortsa, φ_p – qiymati chapga og'adi, bu esa bug'lanish intensivligini oshirib, bu tufayli gigroskopik muvozanat tiklanadi, jarayon $\varphi_p = \text{const}$ chizig'iga qaytadi. Quritilayotgan hashakning asosiy qatlamidagi issiqlik-massa almashinishi dinamikasining fizikaviy mohiyatiga af va ae gipotetik jarayonlari qarshilik qiladi.

Yuqorida aytilganlar 2.18-rasmda BC-jarayoni ko'rinishida ifoda etilgan va bu holat quritilayotgan biologik materialning asosiy qatlamida namlikni havo tomonidan assimilyasiyasi hattoki $\varphi_p \rightarrow 100\%$ da ham sodir bo'lishini isbotlaydi. Quritilayotgan hashakning asosiy qatlamidagi namlikni bug'lanishini intensivligi (2.18-rasm) ($d_c - d_v$) qiymatini belgilaydi.

Shamollatish uchun mo'ljallangan havoni Δt da dastlabki sun'iy qizdirilishi (2.21-rasm) qatlamdagi ($t > t_k$) issiqlik-massa almashinish jarayonlarini yo'nalishini o'zgartirmaydi.



2.21-rasm. Quritilayotgan hashak qatlamida isitilgan havo parametrlarining o'zgarishi.

Biologik issiqlik ajralishlar jarayonni izoentalpadan Δt_{B0} –qiymatga chetlatadi. Qizdirilgan havo bilan quritish jarayonini o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, Δt ning yuqori qiymatlarida korreksiyalanuvchi qatlam hashak qatlamining butun balandligi bo'yicha bo'lishi mumkin. Bu hodisa shamollatuvchi havo hashak haroratigacha sovushga ($t > t_k$; $\varphi_{p1} < \varphi_p >$ ulgurmaganda va o'zining nam yutishi xossasini ($\Delta d_{B1} < \Delta d_a$) to'liq namoyon qilmaganda kuzatiladi. Yuza qatlamda V_1D – o'qining yo'nalishi bo'ylab kondensat hosil bo'lishi mumkin. Agar asosiy qatlam shakllanayotgan bo'lsa, jarayon ABC yo'nalishi va keyinchalik yuza qatlamda CD_1 yoki CD_2 bo'yicha boradi. Hashak uyumidan havo haydashda ayrim o'simliklarni qatlamlarda (korreksiyalovchi va asosiy) qurishining o'ziga xos farqlari quyidagilar: birinchi holatda issiqlik va namlik oqimlari qarama-qarshi tomonlarga yo'naltirilgan bo'ladi, ikkinchi holatda esa bu oqimlar yo'nalishning bir xilliligi kuzatiladi.

Ochiq havoda ayrim zarrachalarni suvsizlanishi energiya va namlikni issiqlik o'tkazuvchanlik va diffuziya jarayonlari orqali ko'chishi bilan izohlanadi; korreksiyalovchi qatlam bug'lanish effektini hal qiluvchi rolida konvektiv issiqlik – massa ko'chish bilan xarakterlanadi; asosiy qatlamda havo bir vaqtning o'zida ham isiydi ham namlanadi, jarayon biologik faol mahsulot qatlamida mikroiklim

shakllanish parametrlariga, ya'ni havoni nisbiy namligini o'z-o'zini boshqarish qonuniyatiga bo'ysunadi.

Biologik faol sistemalarda namlik almashinish intensivligini hisoblashda namlik potensialini termodinamik asoslash

Namlik potensialini tushunchasidan foydalanishga umumiy yondashuv

Yuqorida qayd etilganidek, barra o'simlik xom ashyosini saqlash va hashakni quritishdan turlicha pirovard maqsadlar ko'zda tutiladi: birinchi holatda xom ashyodagi namlikni imkon qadar maksimal darajada saqlab qolish zarur bo'lsa, ikkinchi holatda namlik ajralishi jarayonlarini jadallashtirish uchun sharoit yaratish kerak bo'ladi.

Shuningdek namlik almashinishni psixrometrik nazariyasini qo'llash nomaqbulligi ko'rsatilib, bu nazariyaga ko'ra mahsulotga keltirilayotgan aniq issiqlikning hammasi namlikni bug'lanishi uchun sarflanadi.

(2.50)

bu yerda $r = 2500 - W = Q/r, 2,29 t$.

Barra o'simlik xom ashyosining izotermik bo'lmagan sharoitlarda yo'qotilgan namligini asoslash umumlashtirilgan bog'liqlikga (2.18) bo'ysunadi. Lekin bu bog'liqlik ham, uning quyidagi ko'rinishdagi

$$W = Q/\varepsilon_t = B(1 - \varphi_p) = \text{const} \quad (2.51)$$

ifodasi ham izotermik bo'lmagan ko'chishini harakterlantiruvchi kuchini (potensiallar farqi) aniqlashga imkon bermaydi. Bu sharoitlarda havoning nisbiy namliklari orasidagi farq namlik ko'chishidagi harakatlantiruvchi kuch hisoblanmaydi va mahsulotdagi namlik yo'qotilishlariga mustaqil tarzda ta'sir etmaydi.

Namlikni ko'chish potensialini aniqlash masalalariga oid zamonaviy ishlanmalar shu narsani ko'rsatyaptiki, nostansionar sharoitlarda o'zaro bog'langan termo-massa almashinish jarayonlarining umumlashtiruvchi harakatlantiruvchi kuchi bo'lib fazalarning to'liq termodinamik potensialining farqi $\Delta\theta$ xizmat qiladi. O'simlik xom

ashyosini saqlash va sovutish haroratlarini chegarasida havo namligi potentsiali qiymatini aniqlash quyidagi qiymat bilan approksimiritsiyalanadi.

$$\theta = a + bt + c\varphi + du + eq_{as}, \quad (2.52)$$

Bu yerda a, b, c, d, e – koeffitsientlar.

Nurlanish issiqlik almashinuvi ($q_u = 0$) va havo namligini namlik almashinish jarayoniga (u) ta'sirini inobatga olmasak, nam havo va mahsulot yuzasi namligi potentsiallari farqi quyidagiga teng:

$$\Delta\theta_k = b(t_{yuza} - t_B) + c(\varphi_{yuza} - \varphi_B). \quad (2.53)$$

Uyumning korreksiyalanuvchi qatlamiga (2.53)-bog'liqligi xos bo'lib, bunda sovutuvchi havo bir vaqtda namlanib (uyumning asosiy qismidagi boshlang'ich nisbiy namlikdan φ_{vo} dan $\varphi_v = \varphi_\rho$ gacha isitiladi (sovutiladi), demak tegishli t_{vo} dan $t_v \approx t_{pov}$ gacha bo'ladi. Korreksiyalovchi qatlamda namlik potentsiallarining farqini qiymatining, ya'ni ikkita qiymatning: Δt va $\Delta\varphi$ larning funksiyasi hisoblanadi.

Barra o'simlik xom ashyosini saqlashda uning yuzasida bug'lanish zonalarining chuqurlashuvi kuzatilmaydi, yuzadagi havoning nisbiy namligi $\varphi_{yuza} \approx 100\%$ ni (suv bug'ining tarangligi mahsulotning boshlang'ich haroratiga to'g'ri keladi) tashkil etadi. Uyumning asosiy qatlami balandligi bo'yicha $\varphi_v = \varphi_\rho$ qiymatlarining barqarorligi va o'z-o'zini boshqarishi ko'plab tadqiqotlarda eksperimental yo'l bilan tasdiqlangan. Uyumning asosiy qatlamining butun balandligi bo'yicha sovutuvchi havo harakati yo'nalishi bo'ylab ($\varphi_{yuza} = \varphi_\rho$) lokal qiymatlarini farqlarini tengligi va doimiyligi namlik potentsiallarining farqini $\Delta\theta_k$ qiymatini aniqlashda dominant faktor hisoblanadi.

Asosiy qatlamdagi havo va xom ashyo yuzasidagi haroratlarning farqi ($t_{yuza} - t_v$) eksperimental jihatdan miqdori qayd etilmaydi, chunki qiymati $0,05...0,10^\circ\text{C}$ dan yuqori bo'lmaydi. O'simlik xom ashyosining asosiy qatlamida ($t_{yuza} - t_v$) qiymatlarini eksperimental yo'l bilan qayd qilishni ishonchli usuli yo'qligi sababli haroratlarning bu farqiga tajribalarda olingan namlik potentsiallari farqini qiymatlarini kiritib bo'lmaydi va ularni o'zgarish dinamikasini tahlil qilib bo'lmaydi. SHu bilan bir

vaqtda biologik faol mahsulot yuzasi va qatlam balandligi bo'ylab havo harorati orasidagi lokal farqlarni mavjudligi inobatga olinib, bular xom ashyo tomonidan aniq issiqlik ajralishlar tufayli kelib chiqib, uyumdagi havoni to'liq to'yinishiga imkon bermaydi, namlik almashinish jarayoni hattoki $\varphi_v = 100\%$ da ham davom etadi.

Muhit komponentlari ($t_{yuza} \approx t_v$) haroratlarining lokal qiymatlarini amaldagi tengligi va mahsulot yuzasi va yuzasidan tashqarida ($\Delta\varphi_{yuza} = \varphi_{yuza} - \varphi_v$ (φ_p) = const) barra o'simlik xom ashyosining asosiy qatlamidagi havoning nisbiy namliklari orasida doimiy farqlarning mavjudligi saqlanayotgan xom ashyo yuzasi va nam havo orasidagi namlik ko'chish jarayonlarini hisoblash va tahlil qilishda ularning intensivligini faqatgina bitta qiymat bilan xarakterlashga imkon beradi.

$$\Delta\theta_k = c(\varphi_{yuza} - \varphi_b). \quad (2.54)$$

Shunday qilib barra o'simlik xom ashyosining asosiy qatlamida namlik almashinish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi mahsulot yuzasidagi havo va uyum havosini nisbiy namliklari orasidagi farq orqali ifodalanadi. Mahsulot uyumining asosiy qatlamlaridagi tabiiy yo'qotilish bo'yicha olib borilgan eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatyaptiki havo harakati yo'nalishi bo'ylab lokal qurish darajasi amalda doimiy bo'lib qoladi $W=J\theta$. Yuqorida keltirilgan eksperimental faktlar va (2.54) ning qo'shma tahlili har bir turdagi saqlanayotgan mahsulot uyumlarini asosiy qatlamlarining butun balandligi bo'ylab namlik ko'chishining farqlaridagi doimiylik haqida ya'ni namlik potentsiallarining farqi doimiyligi ($\Delta\theta_k = const$) haqida xulosa chiqarishga imkon beradi.

Havo namligining potentsiali (tashqi θ_n va ichki θ_v) turli haroratlarda quyidagi bog'liqlardan aniqlanadi.

$$\theta = -3,81 + 0,195t + 0,164\varphi - 0,0027q_p - 0,035v \quad t \leq -20 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.55)$$

$$\theta = 6,027 + 0,227t + 0,046\varphi - 0,00143q_p - 0,0483v \quad -20 \leq t \leq -10 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.56)$$

$$\theta = 2,86 + 0,219t + 0,0965\varphi - 0,00349q_p - 0,0081v \quad -10 \leq t \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.57)$$

$$\theta = -4,01 + 0,448t + 0,169\varphi - 0,00468q_p - 0,0165v \quad 0 \leq t \leq 10 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.58)$$

$$\theta = -13,6 + 1,22t + 0,204\varphi - 0,0026q_p + 0,022v \quad 10 \leq t \leq 20 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.59)$$

bu yerda q_p - quyosh radiatsiyasining farqi; (2.55...2.59) da o'lchov birligi q_p kkal/(m²soat); V-havo harakatchanligi, m/s.

Mahsulot va havo orasidagi namlik oqimining intensivligi sistema elementlarining namlik potentsiallari orasidagi farq bilan aniqlanadi:

$$j_\theta = \alpha_\theta (\theta_{yuza} - \theta_B) = \alpha_\theta \Delta\theta_K. \quad (2.60)$$

Biologik faol mahsulot uyumining asosiy qatlamida issiqlik-massa almashinish jarayonlarini kechishi uchun (2.60)-ni o'zgartiramiz ($\varphi_{yuza} - \varphi_v(\varphi_p) = \Delta\varphi_{yuza} - v = const$, issiqlik va namlik oqimlarining yo'nalishini mahsulotdan havo tomon bir xilligi). Namlik almashinish koeffitsientini $\alpha_0 = b\alpha_{tv}$ ($b_1 = const$ – proporsionallik koeffitsienti; α_{tv} - issiqlik almashinish koeffitsienti, o'z ichiga ham aniq, ham yashirin issiqlikni ko'chishini oladi) shaklida ifoda qilamiz. Harorat o'zgarishini $t_n = -1 \dots 5$ °C diapazonida va $\varphi_v \geq 90 \%$ da (xatoligi 3 % gacha) havoni nisbiy namligini o'zgarishini to'g'ri chiziqli shaklida qabul qilib, $\Delta\varphi_{yuza} - b$ ifodani (2.54-formuladagi) $\Delta t_{yuza} - b$ ifodasiga almashtiramiz. Saqlanayotgan mahsulotning asosiy qatlamida va havoda orasida kelib chiqqan haroratlarning yakuniy farqi $\Delta t_{yuza-b} = t_k(x, \infty) - t_b(x, \infty)$ doimiy bo'ladi:

$$\Delta t_{yuza} = q_v / \alpha_{tv} \approx 0,05 \text{ } ^\circ\text{C} = const. \quad (2.61)$$

Ifodalar almashtirilgach, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\Delta\theta_K = c(\varphi_{yuza} - \varphi_B) \approx b_2(t_{yuza} - t_B) = b_2 q_v / \alpha_{tv}, \quad (2.62)$$

bu yerda $b_2 = const$ – proporsionallik koeffitsienti.

(2.60)-dagi α_0 va $\Delta\theta_K$ qiymatlarini almashtirib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$j_{\theta} = \alpha_{\theta} \Delta \theta_k = b_1 \alpha_{tv} b_2 q_v / \alpha_{tv} = b_3 q_v, \quad (2.63)$$

bu yerda $b_3 = b_1 b_2$ – proporsionallik koeffitsienti.

(2.63) – bog‘liqlikdan ko‘rinib turibdiki, uyumning asosiy qatlamidagi namlik yo‘qotilishlari solishtirma biologik issiqlik ajralishlar intensivligiga proporsional bo‘ladi. Bu issiqlik va massa ko‘chishi potentsiallarini topishga umumiy yondoshgan holda hosil bo‘lgan (2.18) – bog‘liqlikni fizikaviy ishonchliligini tasdiqlaydi.

Namlik oqimlarini (2.60) va (2.18) bo‘yicha tenglashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\alpha_{\theta} \Delta \theta_k = q_v / \varepsilon_t. \quad (2.64)$$

Yuqorida ko‘rsatilgan uyumning asosiy qatlamining butun balandligi bo‘ylab q_v / ε_t va $\Delta \theta_k$ – qiymatlarining doimiyligi mahsulotni sovutishni statsionar rejimida namlik almashinish koeffitsientini doimiyligini keltirib chiqaradi.

Namlik potentsiali asosida barra o‘simlik xom ashyosining namlik yo‘qotilishlarini hisoblash metodikasi

Barra o‘simlik xom ashyosining yuzasi θ_{yuza} va uyum hajmidagi θ_v havoning namlik potentsiallari $t=0...10$ °C haroratlar diapazonida (2.58) bo‘yicha aniqlanadi. Issiqlik-fizik modelni hisobga olgan holda $\Delta \theta_k = \theta_{yuza} - \theta_v$ qiymati quyidagiga teng.

$$\Delta \theta_k = 0,048(t_{yuza} - t_b) + 0,169(\varphi_{yuza} - \varphi_b). \quad (2.65)$$

Uyumning asosiy qatlami. Barra o‘simlik xom ashyosi uyumining asosiy qatlamida $\Delta \theta_k$ qiymatlarini hisoblashda qatlam hajmidagi va yuzasidagi havo haroratlarining farqi hisobga amalga oshuvchi namlik ko‘chishi hisobga olinmaydi.

Kartoshka hosilini saqlashning eng maqbul rejimi $t_b = 2...4$ °C, $\varphi = 90...95$ % hisoblanadi. Saqlashni bu rejimini ta’minlash uchun (2.65) ga ko‘ra havoning nisbiy

namligi va haroratining turli variatsiyalarida namlik potentsiali farqini qiymatlari teng bo'ladi:

$$\begin{aligned}\Delta\theta_k &= \theta_{yuza}(4\text{ }^{\circ}\text{C}, 100\text{ } \%) - \theta_b(4\text{ }^{\circ}\text{C}, 95\text{ } \%) = 0,845\text{ }^{\circ}\text{B}; \\ \Delta\theta_k &= \theta_{yuza}(2\text{ }^{\circ}\text{C}, 100\text{ } \%) - \theta_b(2\text{ }^{\circ}\text{C}, 95\text{ } \%) = 0,845\text{ }^{\circ}\text{B}; \\ \Delta\theta_k &= \theta_{yuza}(4\text{ }^{\circ}\text{C}, 100\text{ } \%) - \theta_b(4\text{ }^{\circ}\text{C}, 90\text{ } \%) = 1,69\text{ }^{\circ}\text{B}.\end{aligned}\quad (2.66)$$

Sabzi va lavlagi ildizmevalari uchun saqlashning optimal sharoitlari $t_b=0\ldots 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_v=90\ldots 95\text{ } \%$ ni tashkil etadi. Bunda $(\varphi_{yuza} - \varphi_n)=10\text{ } \%$ da $\Delta\theta_k = 1,69\text{ }^{\circ}\text{B}$ ni, $\Delta\varphi = 5\text{ } \%$ da $\Delta\theta_k = 0,845\text{ }^{\circ}\text{B}$ ni tashkil etadi. Karam boshlari uyumida φ_v ning $97\text{ } \%$ gacha oshishi $\Delta\theta_R$ qiymatini $0,169(100-97) = 0,507\text{ }^{\circ}\text{B}$ gacha kamaytiradi.

Boshqa tavsiya qilinayotgan yoki amalda qo'llanilayotgan barra o'simlik xom ashyosini saqlash rejimlarida namlik potentsiallari farqining qiymati $\Delta\theta_k$ (2.65) – bo'yicha aniqlanadi.

Issiqlik va massa ko'chishining statsionar rejimi namlik almashinish koefitsientining α_θ doimiyliги bilan xarakterlanadi. Quyidagi jadvalda (2.2) α_θ ning (2.64) – bo'yicha aniqlangan aniq qiymatlari keltirilgan.

2.2-jadval

α_θ koefitsientining hisoblangan qiymatlari

Mahsulot	$t_{sr},$ $^{\circ}\text{C}$	$\varphi_r,$ $\%$	$\varepsilon \cdot 103,$ kJ/g	$q_v,$ $\text{kJ}/(\text{m}^3\text{s})$	$W,$ $\text{g}/(\text{m}^3\text{s})$	$\Delta\theta_k,$ $^{\circ}\text{B}$	$\alpha_\theta,$ $\text{g}/(\text{m}^3\text{s}^{\circ}\text{V})$	$\alpha_\theta m,$ $\text{g}/(\text{t ch}^{\circ}\text{B})$
Kartoshka	3	95	5944	43,5	7,32	0,845	8,66	12,37
Karam	0	97	6385	15,4	2,41	0,507	4,75	11,60
Lavlagi	0,5	95	6312	22,2	3,19	0,845	3,78	6,10
Sabzi	0,5	95	6312	30,6	3,73	0,845	4,41	7,10

2.2-jadvalda keltirilgan massa ko'chish koeffitsientlarining α_0 va $\alpha_{\theta m}$ hisoblangan qiymatlarini o'simlik kelib chiqishiga ega barra xom ashyoni har bir turi uchun o'rtachasi qabul qilinadi. α_0 – koeffitsienti namlik potentsiallarining farqi 1^0V bo'lganda bir soat davomida uyumning 1 m^3 yuzasidan bug'lanayotgan namlik miqdorini qiymatini, $\alpha_{\theta m}$ – koeffitsienti esa xuddi shu sharoitlarda 1 t mahsulot yuzasidan bug'langan namlik miqdorini bildiradi.

Mahsulot uyumining korreksiyalovchi qatlami. Uyumning korreksiyalovchi qatlamining balandligi bo'ylab mahsulot va havo haroratlari tenglashuvi amalga oshadi, havoning nisbiy namligi uyumga kirishdagi φ_{vo} - qiymatdan muvozanat φ_p qiymatgacha ko'tariladi. Korreksiyalovchi qatlamda havoning nisbiy namlik ko'rsatkichi doimiy bo'lmasligi tufayli issiqlik-namlik munosabatlarini lokal qiymati ε_t ham doimiy bo'lmaydi va O/ε_η bog'liqligi namlik yo'qotishlarini hisoblashda e'tiborga olinmaydi. Namlik yo'qotishlarni hisoblash asosiga namlik potentsiallarining farqi $\Delta\theta_k$ mazkur kamchilikni bartaraf etib, korreksiyalovchi qatlamda mahsulot uyumi balandligini belgilovchi barcha asosiy faktorlarni hisobga olishga imkon beradi. $\Delta\theta_k$ qiymati (2.65) – bo'yicha aniqlanadi.

Tabiiy konveksiya siklida (TK) havo harakatchanligining amalda to'liq bo'lmasligi ($u \ll 0,01 \text{ m/s}$) mahsulot uyumining butun balandligi $t_{yuza} \approx b$; $\varphi_{yuza} \approx \varphi_1$ bo'ylab va korreksiyalovchi qatlamdagi namlikni qo'shimcha yo'qotishlarini hisobga olmaslikga imkon beradi. Shuning uchun TK – siklida namlik potentsiallarining farqi $\Delta\theta_k$ butun uyum uchun (2.66) – bo'yicha aniqlanadi. Muhitning boshqa aniq parametrlarining mavjudligida ($t_{yuza} \neq t_b$) (2.65) turidagi bog'liqliklardan foydalanilib, har bir holat uchun $\theta_{yuza} = f(t_{yuza}, \varphi_{yuza})$ va $\theta_v = f(t_v, \varphi_v)$ alohida topiladi.

T.K. siklida (2.65) quyidagi ko'rinishga ega.

$$\Delta\theta_k^{TK} = 0,169(100 - \varphi_p). \quad (2.67)$$

Bir sutkada davomida TK sikli ulushi quyidagicha

$$K_B^{TK} = (1 - K_B) = (24 - \tau) / 24, \quad (2.68)$$

bu yerda τ – faol shamollatish tizimining ish vaqti, soat/sutka.

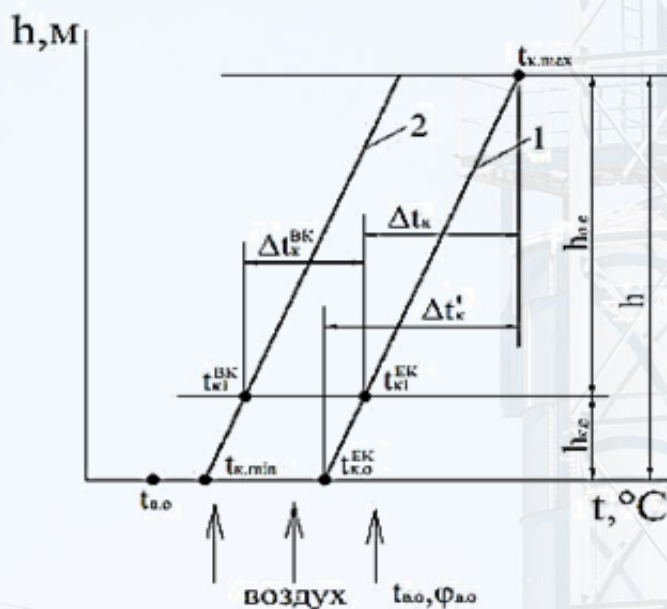
Majburiy konveksiya (MK) sikli davomiyligi $K_B = \tau/24$ bo‘lib, buning davomida barra o‘simlik xom ashyo yuzasida harorat t_{yuza} korreksiyalovchi qatlam balandligi bo‘ylab o‘zgaruvchan bo‘ladi va umumiy holatda qatlamni yuqori qismidan quyi qismi tomon t dan $t_{k.min}$ gacha o‘zgaradi (2.22-rasm). TK – sikli so‘ngida t_{kl} maksimal qiymatga ega bo‘ladi: $t_{kl} = t - \Delta t_k$. Uyumning asosiy qatlami balandligi h bo‘ylab harorat gradientasining qiymatini kartoshka va lavlagi uchun quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta t_k \cong 0,65 \sqrt{q_v h};$$

- kartoshka va lavlagi uyumlari uchun (2.69)

$$\Delta t_k \cong 0,55 \sqrt{q_v h}.$$

- oq bosh karam uyumi uchun
(2.70)



2.22-rasm. Uyumning korreksiyalovchi qatlamidagi $\Delta \theta_k$ – aniqlash uchun: 1 va 2 – haroratlarning boshlang‘ich va yakuniy taqsimlanishi.

Korreksiyalovchi qatlamning yuqori qismidagi minimal harorat MK sikli yakunida kuzatiladi: $t_{K1}^{MK} = t_{K1}^{EK} - \Delta t_{kl}^{MK}$. Tugunaklar uyumi uchun Δt_{kl}^{MK} – qiymati quyidagi nisbatdan aniqlanadi [18]:

$$\Delta t_k / \Delta \tau = -0,49 \cdot 10^{-3} bL, \quad (2.71)$$

bu yerda b – uyum balandligi bo‘ylab harorat gradientasi, s/m

MK – siklida korreksiyalovchi qatlamning quyi qismlarining harorati $t_{TO}^{TK} = (t_{k.max} - \Delta t_k^1)$ dan biron bir turdagi xom ashyoni saqlash davri uchun minimal bo'lgan $t_{k.min}$ gacha pasayadi. Δt_k qiymati uyumning butun h balandligi uchun aniqlanadi.

MK – sikli davomida korreksiyalovchi qatlamning yuqori va quyi qismlaridagi o'rtacha harorat: $\Delta t_{kl}^{o'rt} = t_{k.max} - \Delta t_k - 0,5\Delta t_k^{MK}$, $t_{ko}^{o'rt} = 0,5 (t_{k.max} + t_{k.min} - \Delta t_k)$.

MK sikli uchun korreksiyalovchi qatlamdagi mahsulotning o'rtacha harorati $t_{kl}^{o'rt}$ va $t_{ko}^{o'rt}$ orasidagi o'rtacha arifmetik qiymat holida aniqlanadi:

$$t_{KC}^{o'rt} = 0,75t_{Kmax} + 0,25(t_{Kmin}^{MK} - \Delta t_K - \Delta t_K') - 0,5\Delta t_K. \quad (2.72)$$

MK – sikli davomida korreksiyalovchi qatlamdagi havo harorati harakatlanish yo'nalishi bo'ylab kirishdagi haroratdan t_{vo} dan $t_{kl}^{o'rt}$ gacha o'zgaradi. U holda butun qatlam bo'ylab o'rtacha harorat quyidagini tashkil etadi:

$$t_{BKC}^{o'rt} = (t_{BO} + t_{Kmax} - \Delta t_K^{MK} - 0,5\Delta t_K) / 2. \quad (2.73)$$

Mahsulot yuzasi va korreksiyalovchi qatlamdagi havo haroratlarining MS – sikli davomida o'rtacha farqi (2.72) dan (2.73) – qiymatini ayrish orqali aniqlanadi.

$$\Delta t_{KC}^{MK} = 0,25(t_{Kmax} + t_{Kmin} - \Delta t_K') - 0,5\Delta t_{BO}. \quad (2.74)$$

Korreksiyalovchi qatlamdagi havoning nisbiy namligi to'g'ri chiziq bo'ylab o'zgarishini birinchi yaqinlashuvini qabul qilganimizda, uning qatlamdagi o'rtacha tanqisligi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta \varphi_{BKC} = 100 - (\varphi_{BO} + \varphi_p) / 2. \quad (2.75)$$

Barra o'simlik xom ashyosi uyumining butun hajmi V_{um} asosiy V_{as} va korreksiyalovchi V_{kc} qatlamlar hajmlarini o'z ichiga oladi.

$V_{um} = V_{ac} + V_{kc}$ (2.63), (2.67) va (2.68) larning hamkor yechimi TK-sikli davrida mahsulot tomonidan yo'qotilayotgan namlik qiymatini ifodalaydi:

$$j_{\theta}^{TK} = 0,169\alpha_{\theta}V_{um}(100 - \varphi_p)(1 - K_B)24. \quad (2.76)$$

$$j_{\theta_{oc}}^{MK} = 0,169 \alpha_{\theta} V_{oc} (100 - \varphi_p) K_B 24; \quad (2.77)$$

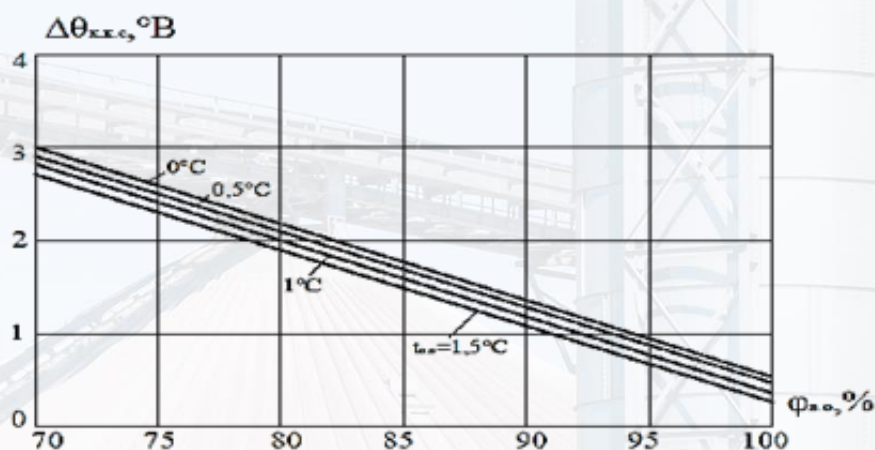
$$j_{\theta_{kc}}^{MK} = \alpha_{\theta} V_{kc} (0,448 \Delta t_{kc}^{MK} + 0,169 \Delta \varphi_{Bkc}) K_B 24. \quad (2.78)$$

Sutka davomida barra o‘simlik xom ashyosining umumiy qurishi (2.7.6)... (2.78) dagi yo‘qotishlarni qo‘yish orqali aniqlanadi.

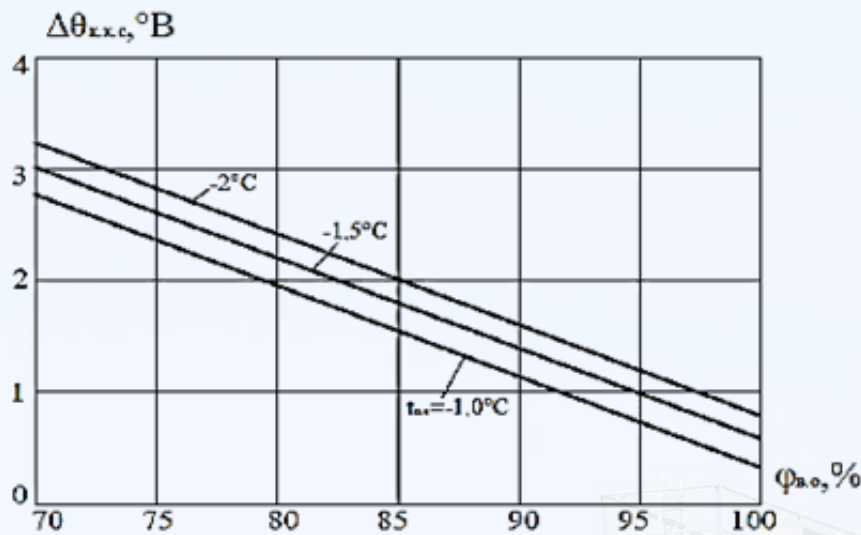
$$j_{\theta_{umum.}} = j_{\theta}^{TK} + j_{\theta_{oc}}^{MK} + j_{\theta_{kc}}^{MK}. \quad (2.79)$$

Mahsulot yuzasi harorati, korreksiyalovchi qatlam balandligi bo‘ylab harorat va nisbiy namlikni to‘g‘ri chiziq bo‘ylab o‘zgarishlarini qabul qilsak, korreksiyalovchi qatlam balandligining doimiyligi ($h_{kc} = const$) (2.78) – bo‘yicha $J_{\theta_{ks}}^{mk}$ aniqlashda 20 % gacha noaniqliklarga olib keladi. Lekin korreksiyalovchi qatlam uyumning 15 % gacha bo‘lgan hajmini egallaydi. SHuning uchun (2.79) bo‘yicha umumiy yo‘qotishlarni $J_{\theta_{um}}$ aniqlashdagi noaniqliklar yuqoridagilarni hisobga olgan holda 5...8 % dan oshmaydi.

2.23-rasmda kartoshkaning korreksiyalovchi qatlamida namlik potensiallarini balandligi $h=3,0$ m va $q_v=12$ Bm/m³=17 Bm/m.da $t_{(k,max)}=5$ °C $t_{(k,min)}=5$ °C $t_{(k,min)}=2$ °C $t_{vo}=0,0; 0,5; 1,0$ va $1,5$ °Cda kelayotgan havoning nisbiy namligiga nisbatan hisoblangan qiymatlari (2.78-dagi qiymatlar qavs ichida) keltirilgan. $t_{vo}=-2,0-1,5$ va $1,0$ °C da; $h=2,0$ m, $q_v=4,2$ Bm/m³≈11 Vt/t, $t_{(k,max)}=1,0$ °C, $t_{kmin}=1,0$ °C da shu kabi o‘xshash ma’lumotlar karam uyumlarini korreksiyalovchi qatlamlari uchun ham olingan.



2.23-rasm. Tugunaklarni korreksiyalovchi qatlamida $\Delta\theta_{k kc}$ – qiymatlarini havoning boshlang‘ich parametrlariga bog‘liqligi.



2.24-rasm. Oq bosh karam uyumlarining korreksiyaovchi qatlamida $\Delta\theta_{k.kc}$ – qiymatlarining havoning boshlang‘ich parametrlariga bog‘liqligi.

Namlik potentsiali asosida barra o‘simlik xom ashyosi tomonidan namlik yo‘qotishlarini hisoblashni umumlashtirilgan metodikasi saqlash jarayonining har qanday harorat – namlik sharoitlarida va kelayotgan havo haroratining har qanday nisbatlarida qo‘llanilishi mumkin.

Namlik potentsiali nazariyasi asosida kartoshka tugunaklari tomonidan namlik yo‘qotishlarini hisoblashga doir misol:

Boshlang‘ich ma’lumotlar. Kartoshka saqlash uchun mo‘ljallangan ombor sig‘imi $G_p = 1000m$, uyum balandligi $h = 3,0 m$, havoning solishtirma hajmi $L_p = 60m^3/(m^3.soat)$, havoning muvozanat nisbiy namligi $\varphi_p = 97,5 \%$, kelayotgan havo harorati $t_{vo} = 1,0 \text{ } ^\circ C$. Saqlashning asosiy davrida ventilyatsiya tizimidan foydalanish koeffitsienti $K_v = 0,16 (\Delta\tau_v \approx 3,5 \dots 4,0 soat/sut)$.

Tabiiy konveksiya siklining davomiyligi (2.68) $K_v^{TK} = 1 - K_v = \frac{24 - \Delta\tau_v}{24} = 0,84, \Delta\tau_v^{tk} \approx 20 soat$.

Tugunaklar uyumi tomonidan TK-sharoitida namlik yo‘qotilishlari hisobi (2.76) bo‘yicha:

$$f_{\theta}^{TK} = 0,169 \cdot a_{\theta} \cdot V_{um} (100 - \varphi_p) - (1 - K_v) \cdot 24$$

$\alpha_{\theta} = 8,66 g/(m^3 soat \cdot V)$ koeffitsienti 2.2-jadvalga ko‘ra qabul qilinadi. Uyumning umumiy hajmi $V_{um} = G_p / P_H = 1000 / 0,68 = 1470 m^3$.

$$J_{\theta}^{TK} = 0,169 \cdot 8,66 \cdot 10^{-3} \cdot 1470 \cdot (100 - 97,5) \cdot (1 - 0,16) \cdot 24 = 107,6 kg/sut$$

Majburiy konveksiya siklida ajralayotgan namlik miqdori uyumning asosiy va korreksiyaovchi qatlamlari uchun alohida hisoblanadi. Korreksiyaovchi qatlam balandligi uyumning umumiy

balandligini 10 % ni tashkil qilganida uning hajmi $V_{kc} = 0,1 \cdot 1470 = 147 m^3$ ni tashkil etadi. Bu holda asosiy qatlam hajmi $V_{ac} = 1470 - 147 = 1323 m^3$

Asosiy qatlam uchun (2.77) – bo'yicha $J_{\theta as}^{mk} = 0,169 \cdot \alpha_{\theta} \cdot (100 - \varphi_{\rho}) \cdot K_v \cdot 24 = 0,169 \cdot 8,66 \cdot 10^{-3} \cdot 1323 \cdot (100 - 97,5) \cdot 0,16 \cdot 24 = 18,5 kg/sut$

(2.78) va 2.23-rasm bo'yicha korreksiyalovchi qatlam uchun

$$J_{\theta ks}^{MK} = a_o \cdot 10^{-3} V_{kc} \cdot \Delta \theta_{k \cdot kq} V_B \cdot 24 = 8,66 \cdot 10^{-3} \cdot 147 \cdot 0,5 \cdot 0,16 \cdot 24 = 2,4 kg/sut$$

Bir sutka davomida namlikning umumiy yo'qotilishlari $(0,1285/1000) \cdot 100 \% = 0,01285 \%$ oy davomida esa $0,01285 \cdot 30 = 0,386 \%$. Taqqoslash uchun, sun'iy sovutish tizimiga ega bo'lmagan statsionar saqlash omborlarida saqlashni asosiy davrida kartoshka tugunaklarining tabiiy yo'qotishlarining ruxsat etilgan me'yorlari quyidagicha : dekabr oyi uchun -0,5 %; yanvar oyi uchun - 0,3 %; fevral oyi uchun - 0,3...0,5 %; mart oyi uchun - 0,5 %; aprel oyi uchun - 0,9...1,0 %.

Quritilayotgan hashak qatlami uyumida namlik potentsiali asosida namlik almashinish intensivligini hisoblash metodikasi

Umumiy holatda quritilayotgan hashak uyumidagi namlik yo'qotilishining intensivligi (2.60) – bo'yicha aniqlanadi. Havo namligining potentsiali uning harorati va nisbiy namligidan kelib chiqib (2.58) yoki (2.59) nisbatlari bo'yicha topiladi. Faol quritilayotgan hashak qatlamidan ajralayotgan havo namligining potentsiali (1,2.17-rasm) uning V – nuqtadagi harorati (2.18-rasm) bo'yicha, (2.49) – bo'yicha aniqlanadigan biologik issiqlik ajralishlar hisobiga qizishni va desorbsiya egri chiziqlarida maysa namligiga to'g'ri keluvchi φ_p hisobga olingan holda aniqlanadi. Quritilayotgan hashak yuzasidagi havo namligining potentsiali θ_{yuza} massa namligiga bog'liq:

$W_{xash} > W_r$ da $\varphi_{yuza} \approx 100 \%$; $W_{hash} < W_r$ da $\varphi_{yuza} = \varphi_{\rho}$ bo'ladi. Hashakning korreksiyalovchi qatlami yuzasining joriy harorati quyidagi nisbat bo'yicha aniqlanadi (rasm 2.18):

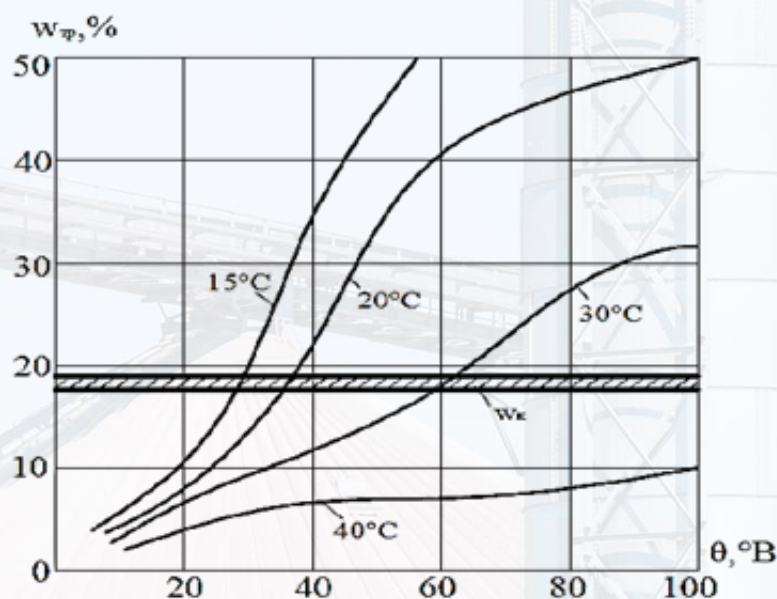
$$t_k = t_G + (t_A - t_G + \Delta t_{bo}) x / x_k. \quad (2.80)$$

Asosiy qatlamda (II, 2.17-rasm) quritilayotgan hashak yuzasi namligi va nam havo potentsiallarining farqi $\Delta \theta_k$ qatlamdagi havoning nisbiy namligi ($\varphi_{\rho} = \varphi_v =$

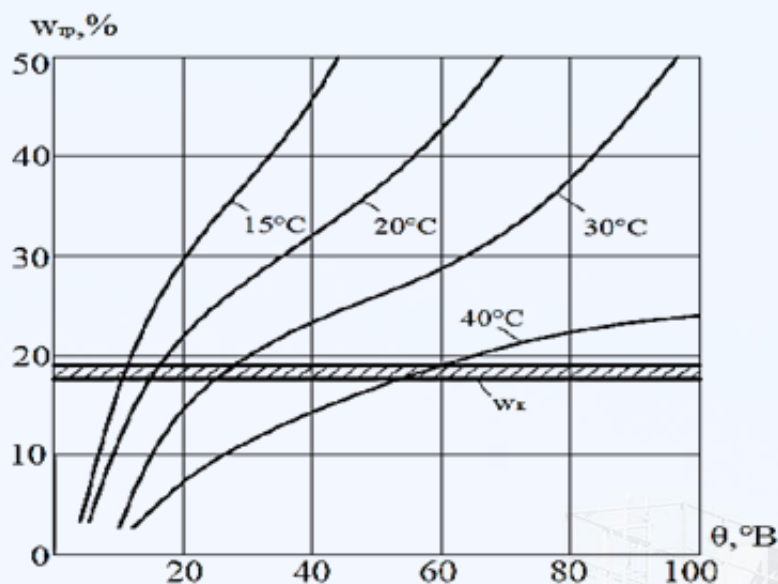
const) va havo va mahsulot yuzasi haroratlarining farqi ($\frac{q_v}{d_{tv}} = const, 2.61 - formula$) doimiy bo'lganligi uchun ham doimiy va o'zgarmas bo'ladi. Yuqorida keltirilgan quritilayotgan hashak va barra o'simlik xom ashyosi uyumlarining asosiy qatlamlarida kechadigan issiqlik-massa almashinishining issiqlik-fizik jarayonlari ham yuqoridagilarni tasdiqlaydi.

Farg'ona politexnika instituti va "Real-Logistik" MCHJda barra o'simlik xom ashyosi va hashakni quritish bo'yicha o'tkazilgan eksperimental, laboratoriya va natura tadqiqotlari asosida qatlamdagi havo namligi potentsiallarining qiymatlari olingan. θ -qiymatlarini aniqlash metodikasi manbalarda keltirilgan. Boshqoli va dukkakli maysalarni desorbsiya egri chiziqlari va namlik potentsialini havoning nisbiy namligiga bog'liqligini hisobga olgan holda 15, 20, 30 va 40 °C haroratlar uchun $W_{hash} - \theta$ koordinatalari uchun desorbsiya egri chiziqlari qurildi (2.25, 2.26-rasmlar). Ular hashak qatlamini quritish intensivligini hisoblashda boshlang'ich xarakteristika hisoblanadi.

Quritilayotgan hashak tomonidan konditsion namlikga erishish somon uchun $W_k = 17 \dots 19 \%$ qatlamdan chiqayotgan havo namligi potentsiali θ qiymati bilan fiksatsiyalanadi (2.25, 2.26-rasmlar). Quritish jarayonini yakunlanishini xarakterlovchi havo namligi potentsiallarining qiymatlari 2.3-jadvalda keltirilgan.



2.25-rasm. $W_{hash} - \theta$ koordinatalarida boshqolilarning desorbsiyasi egri chiziqlari.



2.26-rasm. $W_{hash} - \theta$ koordinatalarida dukkaklilarning desorbsiya egri chiziqlari.

2.3-jadval

Hashak qatlamidan ko'tarilayotgan havo namligi potentsiallarining minimal qiymatlari

Havo harorati, °C	Namlik potentsiali, 0°V	
	Boshoqli (o'tloq) mayasa	Dukkakli mayasa (yo'ng'ichqa)
15	27...28	9...9,5
20	36...37	16...17
30	60	31...32
40	-	62...64

Asosiy qatlam. Asosiy qatlamda hashak quritishni issiqlik-fizik modeliga ko'ra $\varphi_p = const$, $w_{hash} > w_r$ namlik almashinish bug'lanish hududini chuqurlashtirmay $\varphi_{yuza} \approx 100\%$ sodir bo'ladi. Havo bilan namlik almashinishda ishtirok etuvchi xashak yuzasining ulushi barra o'simlik xom ashyosidan ko'p bo'lib, misol uchun dag'al choy barglari uchun $E_u = 0,42 ni$, mayin choy barglari esa uchun esa $E_u =$

0,58 ni tashkil etadi. SHuning uchun $(t_{yuza} - t_x)$ haroratlar farqi kartoshka va sabzavotlar uyumlariga nisbatan hashak uyumida bug‘lanuvchi sovutish samaradorligi yuqoriligi tufayli kichik bo‘ladi. Qatlam balandligi bo‘ylab t_{yuza} va t_v larning proporsional oshishi $\Delta\theta_T$ – qiymatini o‘zgartirmaydi. Havo va maysa yuzasi orasidagi namlik potentsiallarining farqi (2.53) va (2.59) ga asosan quyidagiga teng:

$$\Delta\theta = 0,204(100 - \varphi_p). \quad (2.81)$$

Namligi gigroskopik namlikdan yuqori bo‘lgan xashakdan ajralayotgan issiqliklarni aniqlash uchun amalda zarur bo‘lgan qiymatlar doirasida $w_{hash} = 30 \dots 40\%$; $\frac{\Delta t}{\Delta \tau} \approx 0,8$ $\Delta t / \Delta \tau$ ning eksperimental qiymatlarini o‘rtachagacha me‘yorlashtiramiz (1.5-rasm). Bunday namlikga ega maysaning barg va novdalarning solishtirma issiqlik sig‘imi $C_{hash} = 1,26 \text{ kDj}/(\text{kg}^\circ\text{C})$ ga teng (1.8-rasm). Maysadan ajralayotgan solishtirma aniq issiqlik $q_{pr} = 10^3 C_{hash} \Delta \tau = 10^3 \cdot 1,26 \cdot 0,8 = 1000 \text{ kDj}/(\text{T. soat}) = 278 \text{ Bm/soatni}$ tashkil qiladi).

Nam havoning termodinamik xossalari keltirilgan jadvallar va ularga matematik ishlov berish asosida $t = 15 \dots 35^\circ\text{C}$ haroratlar diapazonida issiqlik-namlik nisbatining bog‘liqligi olingan.

$$\varepsilon_t = 6385 - 88t. \quad (2.82)$$

Xashakdan bug‘lanayotgan namlikning umumiy miqdori:

$$W = q_{hash} G_{hash} / (6385 - 88t). \quad (2.83)$$

Quritilayotgan hashakning asosiy qatlamidagi namlik berish koeffitsientining qiymati $\alpha_\theta, \text{kg}/(\text{soat} \cdot \tau V)$, (2.81) va (2.83)larni hisobga olgan holda quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

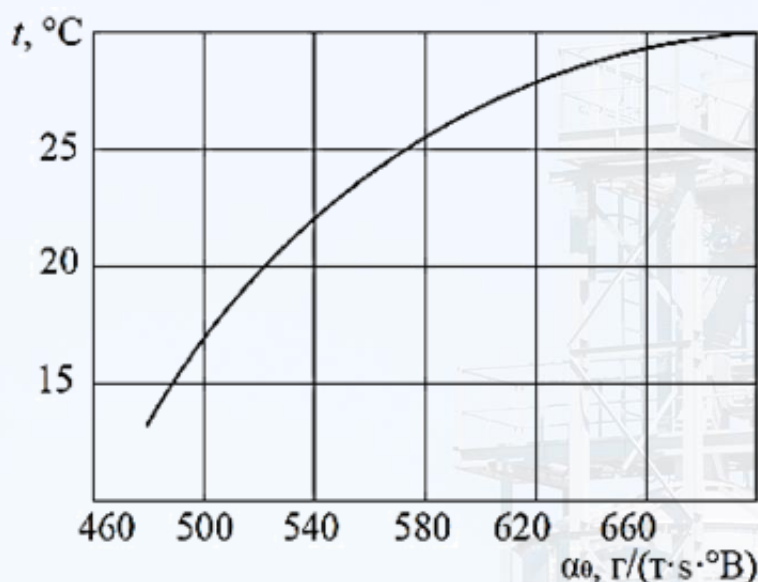
$$\alpha_\theta = W / \Delta\theta_T = q_{hash} G_{hash} / 0,204(100 - \varphi_p)(6385 - 88t). \quad (2.84)$$

$\varphi_p = 98\%$ da (2.84) – bo‘yicha hisoblar natijasi 2.4-jadvalda jamlangan.

Hashak qatlamining massaviy zichligi $\rho_n = 110 \text{ kg}/\text{m}^3$ da koeffitsient $\alpha_\theta = 0,11\alpha_\theta$ bo‘ladi. $\alpha_\theta = f(t)$ ning grafik bog‘liqligi 2.27-rasmda keltirilgan. α_θ -qiymatlari quritish davri va maysalarning botanik navlari bo‘yicha maqbullashtirilgan.

α_θ va a'_θ koefitsientlarining qiymatlari

Koeffitsientlar	t = 15 °C	t = 20 °C	t = 25 °C	t = 30 °C
ϵt , kDj/kg,	5065	4625	4185	3481
kg/(t· s °V),	0,484	0,530	0,580	0,704
kg/(m ³ · s °V)	0,0532	0,0583	0,0640	0,0774

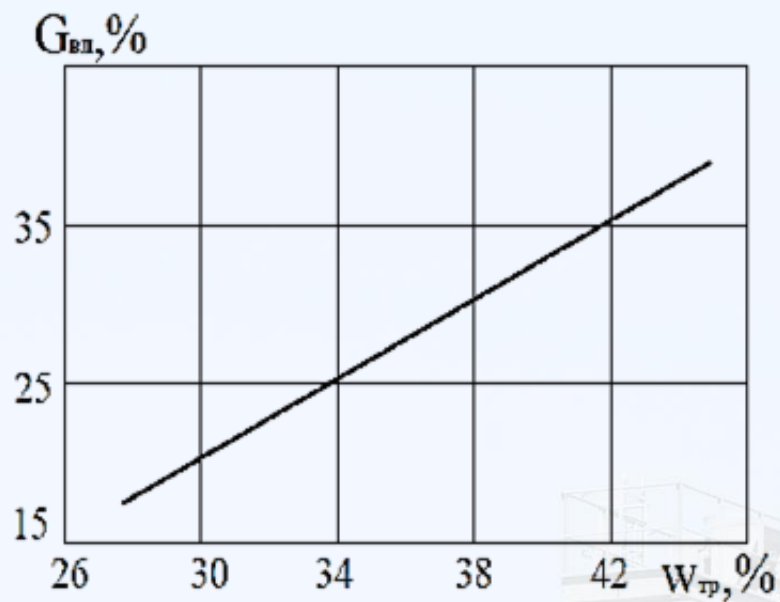
2.27-rasm. Quritilayotgan hashakning asosiy qatlamidagi α_θ - koefitsientlarining qiymati

Faol quritilayotgan hashak qatlami (korreksiyalovchi qatlam). Bu qatlamda (2.59) ga asosan:

$$\Delta\theta_T = 1,22(t_{yuza} - t_B) + 0,204(\varphi_{yuza} - \varphi_P). \quad (2.85)$$

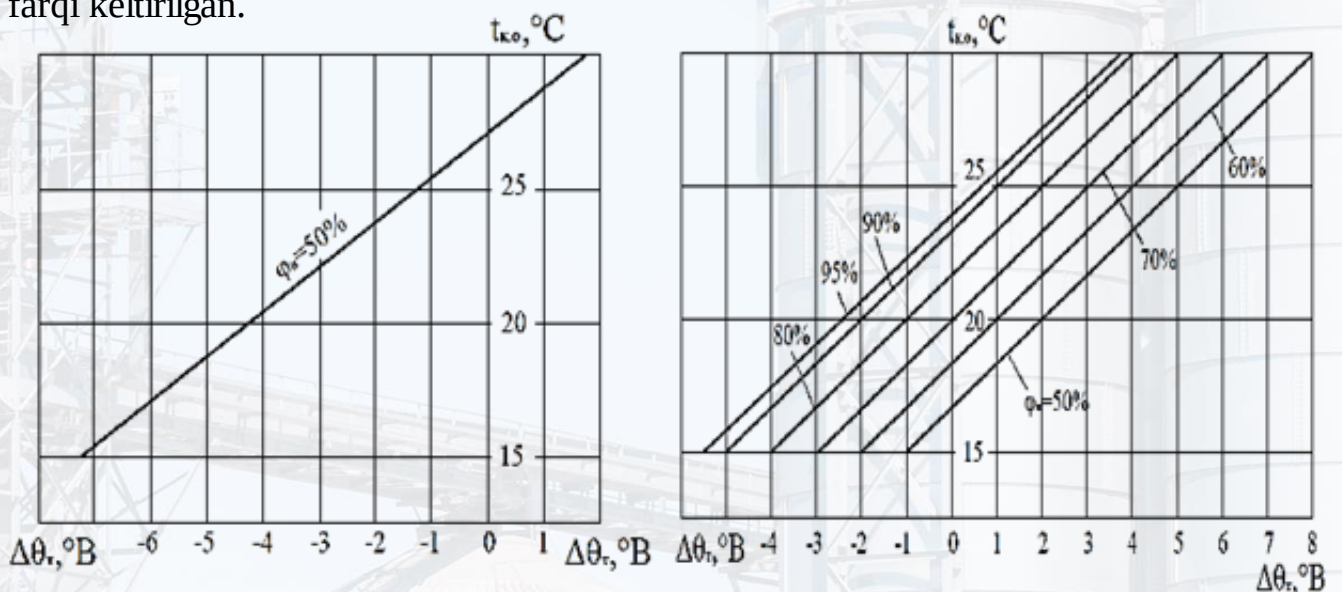
O‘rilgan maysaning biologik issiqligi hisobiga bug‘lanayotgan namlikning eksperimental bog‘liqligidan (2.28-rasm) ko‘rinib turibdiki, maysaning boshlang‘ich namligi $25 < w_{hash} < 45\%$ ($w_{hash}^{ort} = 35\%$) bo‘lganda suvning yaqin 25 % nafas olish issiqligi hisobiga ajralib, buni amaliy hisoblarda e‘tiborga olish kerak.

Korreksiyalovchi va asosiy qatlamlarda quritilayotgan hashak va purkalayotgan havo namlik potentsiallarining farqi $\Delta\theta$ qiymatlarini hisoblash uslubiyoti tegishli manbalarda keltirilgan. Amaliy muhandislik hisoblari uchun $\Delta\theta_T = f(t_{vo}, t_{ko}, \varphi_4)$ qo‘llaniladi.

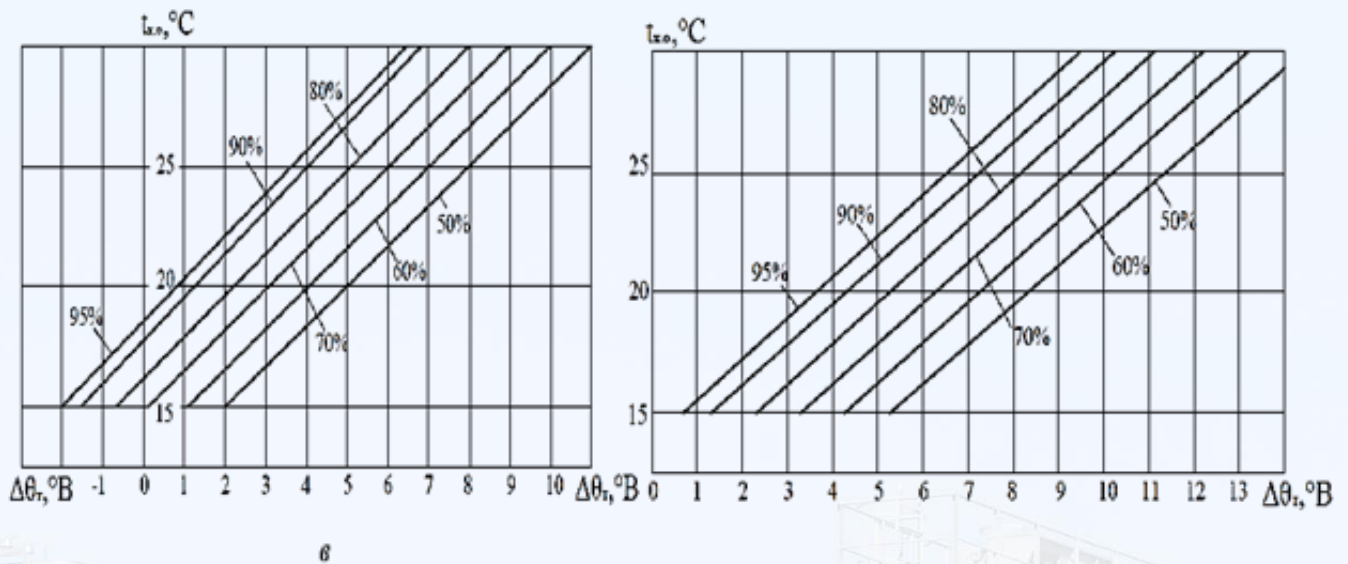


2.28-rasm. Aniq issiqlik ajralishlar q_{hash} hisobiga bug‘lanayotgan namlik miqdorining mayssa namlikligiga w_{hash} bog‘liqligi.

2.29-rasmda mayssa harorati $t_k=15...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ va tashqi havo parametrlarining $t_n=15...30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_n = 50 - 95\%$ diapazonida quritishning o‘ta gigroskopik hududidagi ($w_{hash} > w_r$) havo va hashak yuzasi namligi potentsiallarining $\Delta\theta$ (2.85) – hisoblangan farqi keltirilgan.



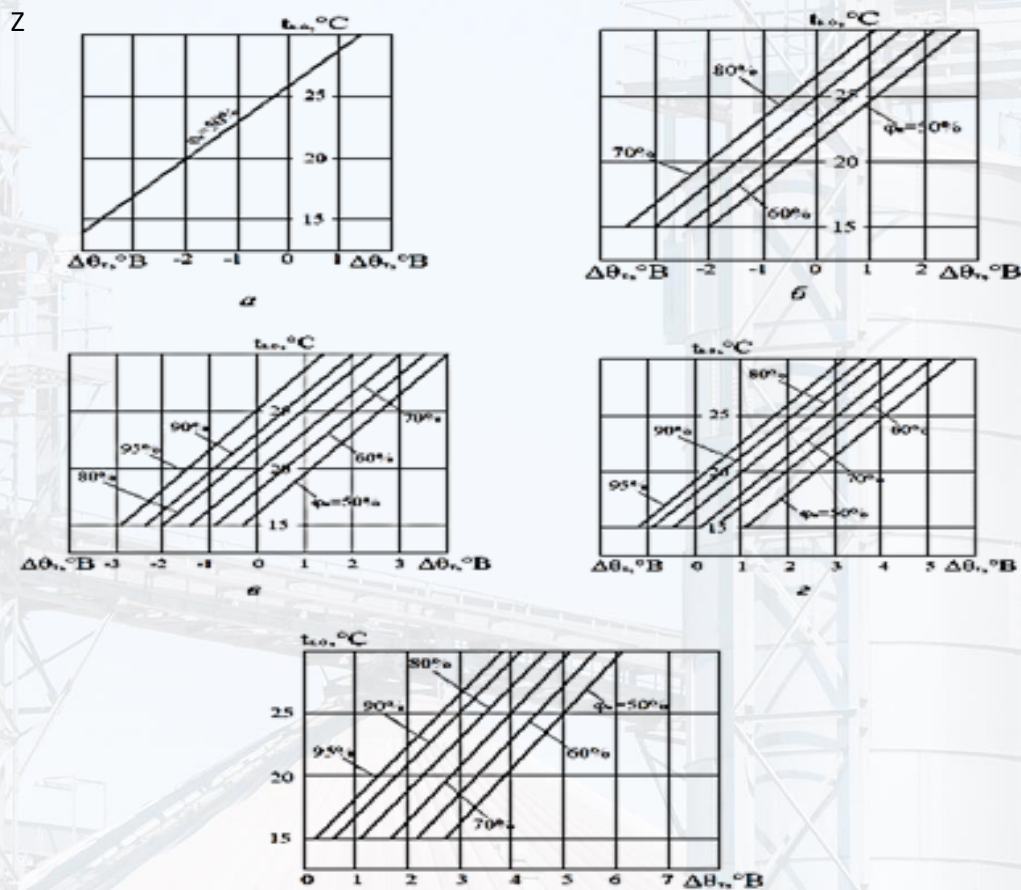
2.29-rasm. $w_{hash} > w_r$ da (yuqori gigroskopik hudud) namlik potentsiallari farqlarining bog‘liqligi $\Delta\theta_{\tau} = f(t_n, t_{ko}, \varphi_n)$: $a - t_n = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ da $b - t_n = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ da



2.29-rasm. (davomi) $w_{hash} > w_r$ da (yuqori gigroskopik hudud) namlik potentsiallari farqining bog'liqligi $\Delta\theta_\tau = f(t_n, t_{ko}, \varphi_n)$: $a - t_n = 20^\circ\text{C}$ da; $g - t_n = 15^\circ\text{C}$ da

Quritishning gigroskopik hududi ($w_{hash} < w_r$) uchun o'xshash ma'lumotlar

2.30-rasmida keltirilgan



2.30-rasm. $w_{hash} < w_r$ da namlik potentsiallari farqining bog'liqligi $\Delta\theta_\tau = f(t_n; t_{ko}; \varphi_n)$ [18]: $a - t_n = 35^\circ\text{C}$ da $b - t_n = 30^\circ\text{C}$ da; $v - t_n = 25^\circ\text{C}$ da; $g - t_n = 20^\circ\text{C}$ da $d - t_n = 35^\circ\text{C}$ da

2.29 va 2.30-rasmlardagi grafik bog‘liqliklarning tahlili bir qator amaliy xulosalar va tavsiyalar olishga imkon berdi.

1. Hashak qatlamiga berilayotgan havoning nisbiy namligi $\varphi_n = const$ da haroratining ko‘tarilishi, hashak haroratining kamayishiga ($t_k \rightarrow t_{m.t}$) olib keluvchi qatlamga doimiy ravishda havo purkash kabi faktorlarning barchasi quritish jarayonining samaradorligini kamaytiradi.

2. Hashak quritish jarayonini davomiyligini maqbullashtirish va jarayonning texnik-iqtisodiy parametrlariga faol shamollatish tizimini siklik ish rejimini tadbiq qilish orqali erishilib, bunda hashakni o‘z-o‘zidan qizish va keyingi quritish bilan birgalikda kechadigan sovutish rejimlari navbatma-navbat qo‘llaniladi.

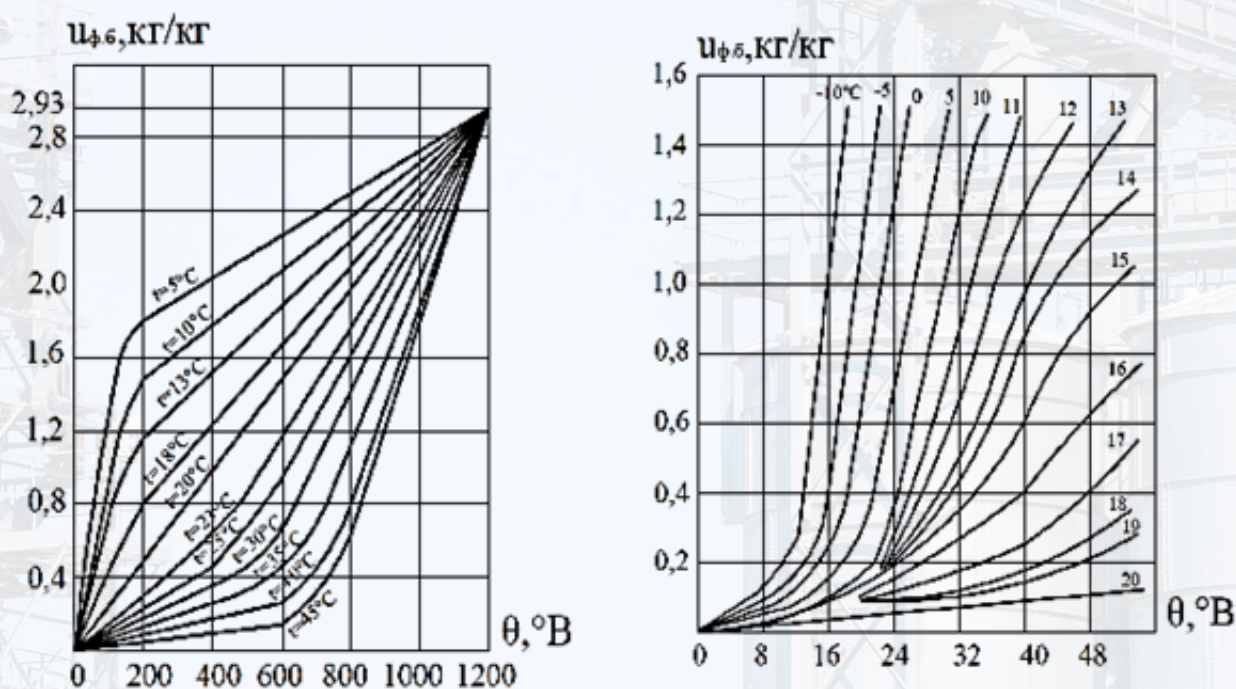
3. 2.29 va 2.30-rasmlarda $\Delta\theta_r = 0$ ordinatasidan chapda joylashgan hududlarni xarakterlovchi hashak va tashqi havoning parametrlarida faol shamollatish tizimini ish rejimlariga yo‘l qo‘ymaslik kerak. Aks holda mahsulot qatlamiga purkalayotgan havo uning namlanishini keltirib chiqaradi.

Hashakli quritish jarayonining nazorati. Quritish jarayonini nazorat qilish uchun turli botanik navlarga mansub maysalarni desorbsiya izotermalarini qo‘llash qatlamdagi harorat t_v va havoning nisbiy namligi φ_v kabi ikkita mustaqil parametrlarni bir vaqtda qayd qilishni taqozo etadi. t_v – qiymatlarini aniqlash hech qanday texnik qiyinchilik tug‘dirmaydi. SHu bilan bir vaqtda hashak qatlamida φ_v qiymatini an’anaviy usullarda, ho‘l va quruq termometrlar haroratlari bo‘yicha aniqlash amalda deyarli imkonsiz, chunki havo purkalayotgan hashak qatlamida $t_v \rightarrow t_{x.t}$ va $\varphi_v \rightarrow 100\%$ bo‘ladi.

Farg‘ona politehnika instituti olimlari tomonidan tabiiy sharoitlarda quritilayotgan hashak qatlamidagi namlikni yagona termodinamik ko‘rsatkich – namlik potentsiali θ bo‘yicha aniqlash usuli taklif qilingan va amalda sinalgan. Namlik potentsiali θ mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan termo-namlik $\mu\mu$ yordamida aniqlanib, uning konstruksiyasi adabiyotlarda keltirilgan. Quritilayotgan hashakning joriy namligi 2.25 va 2.26-rasmlarda ko‘rsatilgan hashak desorbsiyasining egri chiziqlari bo‘ylab, $w_{hash} - \theta$ koordinatalari bo‘yicha aniqlanadi.

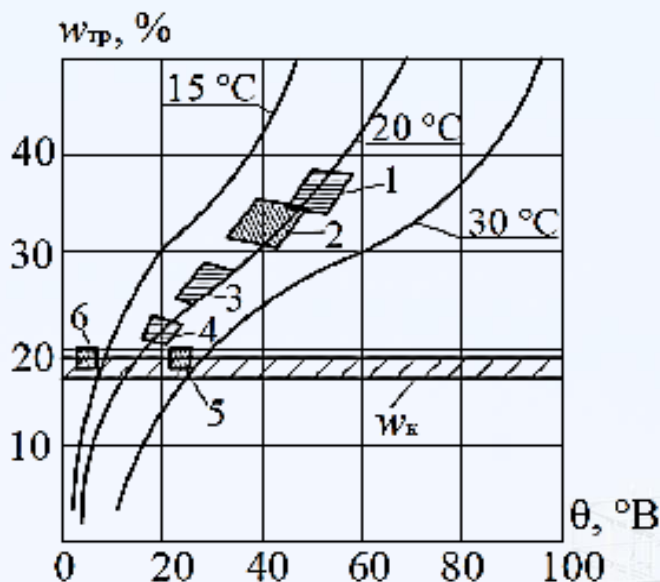
Maysa namligini aniqlash ketma-ketligi. Termo-namlik μ up muftalariga filr-qog'oz namunalari joylanib, ularning massasi absolyut quruq holda m_c quritish shkafida ishlov berilgandan so'ng aniqlanadi. Termo-namlik μ upi hashak qatlamiga 1,5-soatga joylanadi, so'ngra termoparalar yordamida t_v – harorat fiksatsiyalanib, beshta muftaning har biridagi filr-qog'ozning massasini Δm ortishi elektron tarozuda aniqlangan.

Filtr-qog'ozning ma'lum bo'lgan namligi u , kg/kg va uning harorati namlik potentsiallari θ qiymatlarini (2.31-rasm) va ular asosida 2.25 va 2.26-rasmlarda keltirilgan grafiklar bo'yicha maysaning boshlang'ich namligini w_{hash} turli kesimlarda aniqlash imkonini berdi.



2.31-rasm. Namlik potentsiali shkalasi: a-turli haroratlarda; b-0...50°B diapazonida salbiy haroratlarda hududini ham hisobga olgan holda.

Quritish va saqlash jarayonlari davomida yo'ng'ichqa namligini aniqlash bo'yicha nazorat o'lchov natijalari 2.32-rasmda keltirilgan.



2.32-rasm. Yo'ng'ichqa uyumida havo namligi potensiallarining eksperimental qiymatlari hududi (2019 y.): 1-06.07; 2-07.07; 3-09.07; 4-12.07; 5-17.07; 6-20.11 ($t_b = -3^{\circ}\text{C}$ da

Maysani quritish jarayonini nazorat qilish kriteriysi sifatida namlik potensialini qo'llanilishi massa va harorat singari ikkita oson o'lchanadigan fizik qiymatlarning fiksatsiyalanish imkoni mavjudligi tufayli maysa namligini w_{hash} aniqlash jarayonini soddalashtirib, o'lchovlar aniqligini oshiradi.

Tashqi to'siqlar orqali namlik ko'chishini intensivligini hisoblashni o'ziga xos xususiyatlari

To'siqlarning namlik rejimi. Tashqi to'siqlarning ekspluatatsion namlik holati yil davomida namlik miqdorini o'zining doimiy o'rtacha qiymati atrofida davriy ravishda o'lchashni o'z ichiga oladi. Fuqarolik va sanoat binolarida bu ko'rsatkichlarni aprel-may oylarida biroz ortishi va kuz oylarida biroz pasayishi kuzatiladi, qishki vaqtda esa namlik qiymatlari o'rtacha yillik ko'rsatkichlarga yaqin turadi. Kartoshka va sabzavotlarni saqlash uchun mo'ljallangan omborlarning er ustki devorlarining mavsumiy ekspluatatsiyalash sharoitlari tufayli qurishi yozgi vaqtda, namlanib qolishi esa qishki vaqtda kuzatiladi. Yer osti devorlarining namligi amalda ekspluatatsiya sharoitlariga deyarli bog'liq bo'lmaydi. Saqlash omborlarining binolari (piyoz saqlash omborlaridan tashqari) nam binolar hisoblanib, qurilishning barcha hududlari uchun materiallarning issiqlik-fizik xarakteristikasini B* guruh bo'yicha tanlash kerak.

To'siq materiallarining namlik rejimini namlik potentsiallari yordamida to'liq ta'riflash mumkin. Amaliy hisoblar uchun statsionar namlik uzatilishini ko'rib chiqish etarli hisoblanadi.

Tashqi θ_t va ichki θ_u havoning namlik potentsiallari (2.55...2.59) bog'liqliklar bo'yicha aniqlanadi.

Ko'p qatlamli to'siqdagi materialning har qanday qatlamining ekspluatatsion namlik holati quyidagi formuladan topiladi.

$$\theta_{\text{сн}} = \theta_{\text{в}} - \bar{R}_{\text{в-сн}} (\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{н}}), \quad (2.86)$$

bu yerda $\bar{R}_{\text{в-сн}}$ – namlik uzatilishiga qarshi solishtirma qarshilik.

Tashqi to'siqlar orqali namlik ko'chishining intensivligi:

$$j_{\theta} = \chi(\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{н}}). \quad (2.87)$$

Xom g'isht va penobeton uchun namlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining X eksperimental qiymatlari manbalarda keltirilgan.

(2.55...2.59) bog'liqliklarning tahlili shuni ko'rsatayotiki, yilning sovuq davrida saqlash omborlarida ichki havoning namlik potentsiali θ_u tashqi havoning namlik potentsialidan θ_t yuqori ($t_u > t_{\tau}, \varphi_u \geq \varphi_t$) bo'ladi. SHuning uchun er ostki to'siqlari namligi gigroskopik namlikdan yuqori bo'lgan ($\theta_{gr} > \theta_u$) grunt bilan ta'sirlashuvi tufayli konstruksiyalarning namlanishini oldini olishga qaratilgan chora-tadbirlar faqatgina saqlash omborlarining tashqi devorlari tomonida amalga oshiriladi.

Tashqi to'siqlar orqali o'tadigan namlik oqimini sun'iy nazorat qilish konstruksiyalarning ekspluatatsion xarakteristikalarini oshirishni asosiy shartlaridan biri hisoblanadi. Yakuniy natija bo'yicha esa bu issiqlik uzatilishiga boshqariladigan qarshilik ko'rsatuvchi to'siqlar yaratishning samarali usuli hisoblanadi.

Konstruksiyalar orqali namlik oqimini boshqarish elektroosmotik effekt orqali amalga oshirilishi mumkin. Texnik adabiyotlarda namlik migratsiyasini mazkur usulda boshqarishga doir ko'rsatmalar uchraydi. Lekin mazkur usul hozirgi vaqtga qadar to'siq konstruksiyalarining muhandislik hisoblarida nazariy jihatdan etarli darajada asoslanmaganligi uchun keng qo'llanilmaydi.

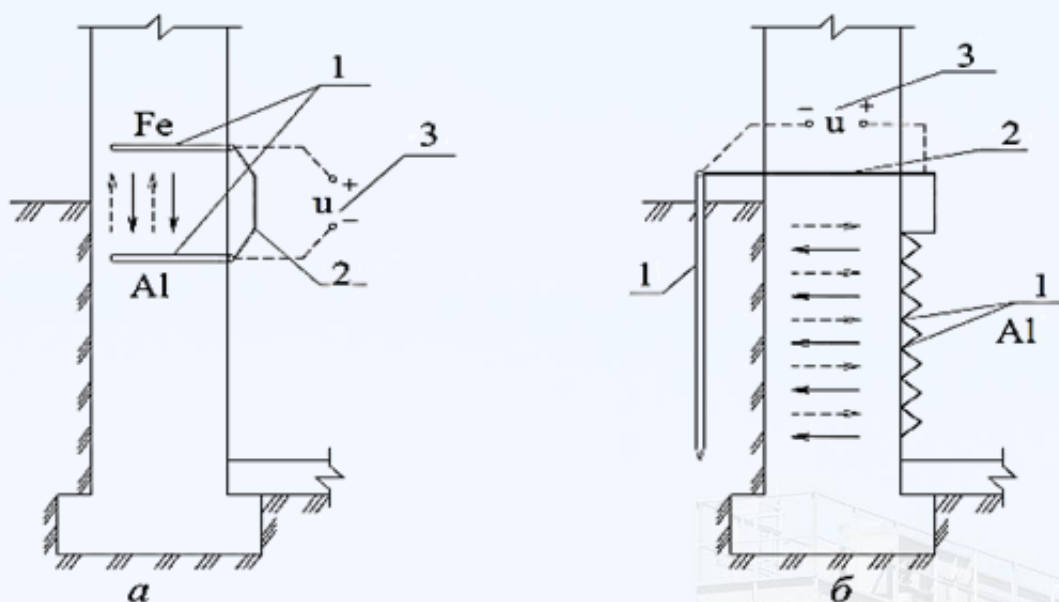
Elektroosmos effekti o'zining termodinamik mohiyatiga ko'ra intensivlik xarakteristikasidan iborat bo'lib, bu ko'rsatkich modda ko'chishining chegarasi va yo'nalishini belgilaydi va qo'shimcha ravishda "nam havo-to'siq" sistemasida namlik ko'chish gradientasiga ta'sir ko'rsatadi.

Faol va passiv qo'zg'alishga ega elektroosmos turlari farqlanadi. Passiv elektroosmos hisobiga namlikning ko'chishi turli xil metallardan tayyorlangan ikkita o'zaro bog'langan elektrodni devorda o'rnatilishida kuzatiladi. Namlik migratsiyasining intensivligi metallarning elektrokimyoviy kuchlanish qatoridagi o'rnidan kelib chiqadigan potensialga proporsional bo'ladi. Namlikning kapillyar yoki osmotik harakatining intensivligi yoki uning harakat yo'nalishining qarama-qarshi yo'nalishiga o'zgarishi doimiy tok manbasi hisobiga samarali va faolroq boshqariladi (faol qo'zg'alish). Faol va passiv qo'zg'alishda devorlarning yer ustki qismini ularning yer ostki qismlaridan namlikni migratsiyasi hisobiga namlanishini oldini olishga qaratilgan elektrodning o'rnatilishini prinsipial sxemasi 2.33a-rasmda ko'rsatilgan. Yer ichiga botgan devorlarni quritish sxemasi 2.33b-rasmda ko'rsatilgan. Punktir chiziqlar bilan namlikni osmotik va kapillyar kuchlar hisobiga, to'g'ri chiziq bilan esa elektroosmos hisobiga namlik migratsiyasi ko'rsatilgan.

To'siqdagi namlik potenciallarining farqi elektroosmos samarasi $\pm\Delta\theta_{eo}$ qiymatidan kelib chiqib ortib yoki kamayib boradi. (+) plus yoki (-) minus belgisi migratsiyalanayotgan namlik harakatining yo'nalishiga nisbatan elektrodning elektrokimyoviy faolligiga asosan yoki suyuqlikning harakatini yo'nalishini belgilovchi elektrodning qutbliligidan kelib chiqib belgilanadi.

Namlikning umumiy oqimi quyidagicha:

$$\Delta\theta_{\text{yo}} = K_{\text{yo}} U, \quad (2.88)$$



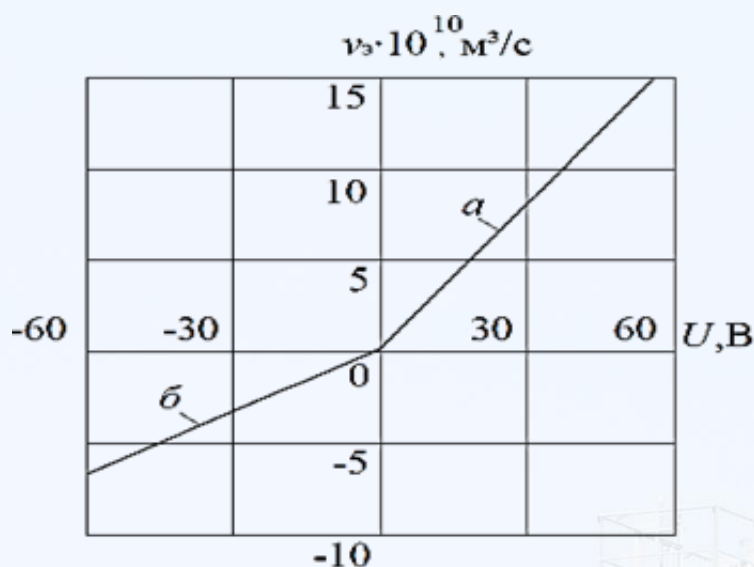
2.33-rasm. Devorlarda namlikni harakatlanishini oldini oluvchi elektrodning o'rnatilishi: a – yer ustki; b – yer ostki; 1 – elektrodlar; 2 – passiv elektroosmosda qisqa tutashuv uchun izolyasiyalangan o'tkazgichlar; 3 – faol qo'zg'alishda doimiy tok manbalari.

Asosiy masala materiallarning fizik-mexanik xossalari, elektrodga berilayotgan kuchlanish va ularning qutbliligiga bog'liq bo'lgan qurilish konstruksiyalarida namlik oqimi zichligini o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash va olingan natijalarni namlik potentsiali shkalasida quyidagicha namoyon etishdan iborat:

$$j = \chi(\theta_B - \theta_H \pm \Delta\theta_{30}). \quad (2.89)$$

bu yerda K_{eo} – proporsionallik koeffitsienti, U – elektrodga nisbatan qo'llanilayotgan kuchlanish yoki elektrodning elektrokimyoviy jihatdan faol bo'lgan metallar orasida kelib chiqadigan kuchlanishi.

Namlikning elektroosmotik oqimining intensivligi olib borilgan laboratoriya tadqiqotlari davomida aniqlandi. 2.34-rasmda U , V – elektrodlariga nisbatan qo'llanilayotgan kuchlanishdan kelib chiqadigan xom g'isht namunasidan o'tuvchi elektroosmosning hajmiy tezligini $V_e = V/\tau$, m^3/s grafik natijalari ko'rsatilgan. Qalinligi $b=0,13m$ V_{eg} , $m^3/(m^2/soat)$ xom g'ishtning maydon birligidan o'tuvchi suyuqlikning solishtirma hajmini eksperimental ma'lumotlar $V_e, m^3/soat$ bo'yicha qayta hisoblash $V_{eg} = 5 \cdot 10^{-7} V_e$ nisbati bo'yicha amalga oshiriladi.



2.34-rasm. Xom g'isht namunasida sodir bo'layotgan elektroosmosning hajmiy tezligi.

Keyingi tadqiqotlar davomida elektroliz samarasining ta'siri aniqlanishi kerak va bu, bizning fikrimizcha, barcha o'tkazilgan tajribalarimizda $V_e = f(U)$ grafikning nol nuqtasidagi o'zgarishlarni keltirib chiqaradi.

Suyuq namlikning kapillyar so'rilishi intensivligining xom g'isht namunasida massa ko'chish jarayoniga ta'siri shuni ko'rsataydiki, elektroosmos samarasi qiymatiga bu hodisa sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Sutka davomida kapillyar so'rilishning o'rtacha tezligi xom g'isht uchun $I_{kv} = 4,3 \cdot 10^{-3} sm/min = 0,72 \cdot 10^{-3} mm/s$ ni tashkil etadi. Qalinligi $\delta = 13$ mm bo'lgan xom g'isht namunasidan suyuq namlik kapillyar so'rilish hisobiga $\tau_{kv} = \delta / u_{kv} = 13 / 0,72 \cdot 10^{-3} = 1,82 \cdot 10^4 S$ bo'ladi, ya'ni 5 soatga yaqin bo'ladi.

Real sharoitlarda elektroliz samarasi hodisasi to'siqlardan namlikni filtrlanishini oldini olishda yoki ularni quritishda namlik ko'chishi intensivligiga ta'sir qilmaydi (yuzalarda ajaralayotgan gazlar havoga tarqaydi). Shuning uchun eksperimental ma'lumotlar tahlilini elektroliz hodisasini hisobga olmasdan amalga oshiramiz.

Namlikning elektroosmotik oqimi quyidagiga teng:

$$j_s = \chi_s U / \delta. \quad (2.90)$$

Namlik o'tkazuvchanlikning elektroosmotik koeffitsienti 2.35-rasmdagi b-to'g'ri chizig'iga asosan quyidagi qiymatga ega:

$$\chi_s U / \delta = \mu \Delta e / \delta. \quad (2.91)$$

Qo'llanilayotgan kuchlanish U , V va qurilish konstruksiyalarining ikkala tomonidagi haqiqiy parsial bosimlar orasidagi farq $\Delta e = e_a - e_b, Pa$ ko'chish potentsiali sababli kelib chiqadigan oqimlarni tenglashtirib, aniqlaymiz:

$$(2.92) \quad \chi_s U / \delta = \mu \Delta e / \delta.$$

bu yerdan:

$$\Delta e = \chi_s U / \mu; \quad U = \mu \Delta e / \chi_s, \quad (2.93)$$

Oddiy xom g'ishtdan ($\rho = 1700 \text{ kg/m}^3$) ko'tarilgan devor $\mu = 0,12 \text{ mg/(m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa)}$ ga teng. (2.91) bo'yicha μ va χ –qiymatlarini taqqoslab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\chi_s = 2,53 \cdot 10^3 \mu. \quad (2.94)$$

(2.93) ga $e_a = \varphi_a \rho_{na}$, $e_b = \varphi_b \rho_{nb}$ va χ_e – qiymatlarini (2.94) bo'yicha qo'yib, U – kuchlanishni topamiz.

$$U = 0,369 \cdot 10^{-3} (\varphi_a p_{na} - \varphi_b p_{nb}), \quad (2.95)$$

bu yerda p_n – bug'-havo aralashmasining haroratida to'yingan bug'ning parsial bosimi, Pa.

$$t = 35 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 35 \dots 60 \%, \quad \varphi = 26,7 + \theta/3,0; \quad (2.97)$$

$$t = 30 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 50 \dots 75 \%, \quad \varphi = 25,0 + \theta/2,4; \quad (2.98)$$

$$t = 25 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 65 \dots 90 \%, \quad \varphi = \theta/2,63; \quad (2.99)$$

$$\varphi = 0 \dots 65 \%, \quad \varphi = (\theta - 5)/0,662; \quad (2.100)$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 80 \dots 100 \%, \quad \varphi = 13,3 + \theta/3,0; \quad (2.101)$$

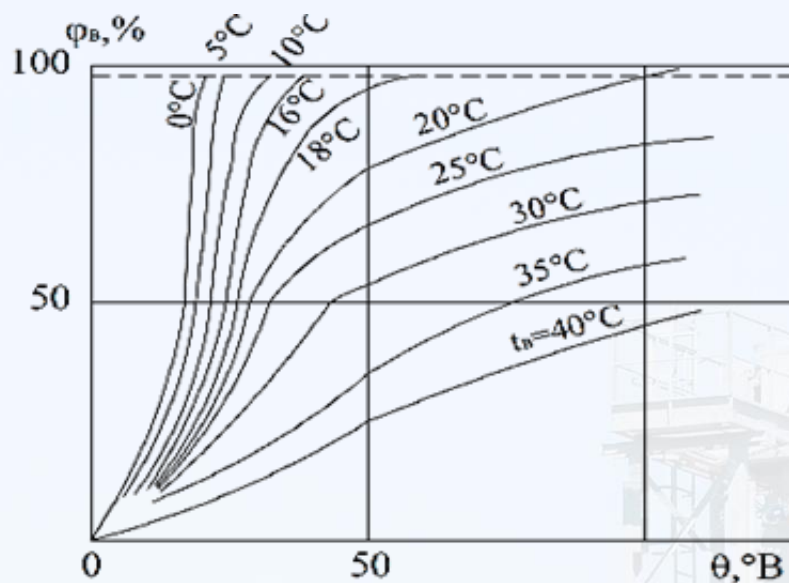
$$\varphi = 0 \dots 80 \%, \quad \varphi = (\theta - 5)/0,43; \quad (2.102)$$

$$t = 18 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 0 \dots 85 \%, \quad \varphi = (\theta - 10)/0,25; \quad (2.103)$$

$$\varphi = 85 \dots 95 \%, \quad \varphi = (\theta - 10)/0,1; \quad (2.104)$$

$$t = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi = 0 \dots 95 \%, \quad \varphi = (\theta - 10)/0,05. \quad (2.105)$$

Havoning nisbiy namligi va namlik potentsiallarining analitik bog‘liqligi 2.35-rasmda ko‘rsatilgan turli haroratlarda bu qiymatlarni grafik bog‘liqligini approksimatsiyalash orqali aniqlaymiz:



2.35-rasm. Havoning nisbiy namligini namlik potentsialigiga bog‘liqligi.

(2.96...2.105) dagi ϕ larini (2.95) ga olib o‘tish orqali xom g‘ishtdan tayyorlangan konstruksiyalarning yuzasidagi iqlimiy shartlarga to‘g‘ri keluvchi $\mathcal{U}$ -kuchlanishni yoki namlik potentsiallari farqini ($\theta_a - \theta_b$) aniqlaymiz, bunda namlik ko‘chishining intensivligi $\mathcal{U}$ -kuchlanishda hisoblangan qiymatga teng bo‘lib, (+) yoki (-) belgilari $\mathcal{U}$ -qiymatini (2.90) - olib o‘tishda albatta hisobga olinadi.

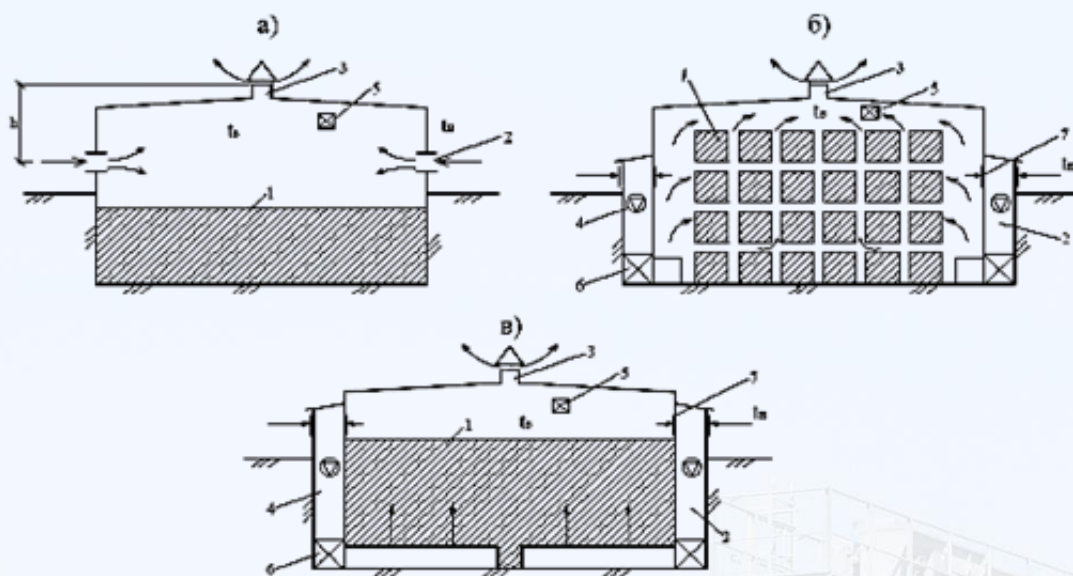
3-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARDA ISSIQLIK-MASSA ALMASHINISH BO'YICHA OLIB BORILGAN NAZARIY- EKSPERIMENTAL TADQIQOTLARNING AMALIY NATIJALARI

Sabzavot va kartoshka saqlash omborlarida mikroiklimni ta'minlash sistemalarining ish rejimi va unumdorligini hisoblashni issiqlik-fizik asoslari

Barra o'simlik xom ashyosini saqlash usullari. Sabzavot va kartoshka saqlash omborlarining mo'ljallanishi mahsulotni yilning kuzgi, qishki va bahorgi davrlarida texnik, urug'lik, furaj va oziq-ovqat maqsadlarida saqlanuvchanligini ta'minlashdir. Sabzavot va kartoshkalarni ommaviy saqlash uchun vaqtinchalik va doimiy omborlar qo'llaniladi. Vaqtinchalik qurilmalardan (burtlar) odatda dala sharoitida foydalaniladi. Doimiy omborlar mikroiklimni texnologik parametrlarini ta'minlashni muhandislik sistemalari bilan ta'minlangan.

Tabiiy shamollatish tizimiga ega binolarda havo almashinish gravitatsion kuchlar hisobiga (3.1a-rasm) amalga oshiriladi. Tabiiy shamollatish tizimi oq bosh karamni balandligi 0,8 m gacha, ildizmeva va tugunaklarni balandligi 1,0 m gacha bo'lgan uyumlarini saqlashdagi texnologik parametrlarini ta'minlay oladi.

Umumalmashinuv mexanik shamollatish tizimi (3.1b-rasm) mahsulotni konteynerlarga qadoqlab saqlanganda qo'llaniladi. Bunday shamollatish tizimining asosiy kamchiligi havo muhitining me'yorlashtirilgan parametrlarini har bir konteynerdagi mahsulot massasida emas, balkim saqlash omborining havo hajmida hosil bo'lishidir. Konteynerlardagi tugunaklararo bo'shliqda havoning tezligi konteynerlar orasidagi havoning o'rtacha tezligini 8,5 % ni tashkil qilishi analitik jihatdan ko'rsatib berilgan. Bu qiymat konteynerlarda zarur bo'lgan muhitni harorat namlik parametrlarini ta'minlash uchun zarur bo'lgan tezlikdan kamdir, bu esa mahsulotni konteynerlarga qadoqlab saqlash usulida saqlash omborlarining binolarida havo almashinish sonini o'zgartirish orqali mahsulot massasida mikroiklim parametrlarini boshqarish samarasiz ekanligidan dalolat beradi.



3.1-rasm. Tabiiy (a), umumiy (b) va faol shamollatish tizimlariga ega statsionar saqlash omborlari: 1-mahsulot; 2, 3, 7-tegishli havo keltiruvchi havo chiqaruvchi va retsikulyasion havo kanallari; 4-ventilyator; 5-isitish agregatlari; 6-kelayotgan havoga ishlov berish uchun mo'ljallangan qurilmalar.

Faol shamollatish tizimining prinsipial farqi har bir saqlash ob'ekti atrofida bevosita uyumga havo berish orqali saqlash texnologiyasida belgilangan mikroiklim parametrlarini ta'minlash va boshqarish imkoni mavjudligidadir (3.1b-rasm).

Hozirgi vaqtda vaqtinchalik saqlash omborlarida kartoshka va sabzavotlarni saqlashda faol shamollatish tizimi va doimiy to'siqlarga ega modifikatsion burtlardan tobora keng foydalanish kuzatilmoqda.

Faol shamollatish tizimi rejimlarini hisobi. Kartoshka saqlash omborlarining ventilyatsiya tizimi. Hisoblash usullarini ishlab chiqish asosiga tugunaklar uyumida harorat va namlik maydonlarini shakllanish jarayonlarini issiqlik-fizik modeli va saqlash omborlari hajmi bo'ylab energetik o'zgarishlar kompleksi kabilar kiradi. Faol shamollatish tizimlarini ish rejimlarini hisoblash usullari saqlash davrlari bo'ylab differensiyalangan va balandligi $h=6,0$ m.gacha bo'lgan uyumlar uchun yaroqli hisoblanadi. Hisoblash ketma-ketligi va qo'llanilish sohasi manbalarda batafsil ko'rib chiqilgan va asoslangan.

Sovutish davri. Bu davrda uyumning va sovutuvchi havo haroratlarining boshlang'ich farqi $\Delta T_o = t_{ko} - t_{BO} = 10...20$ °C tugunaklarning sovutishni optimal

tezligi $\Delta z = 0,02 \dots 0,04$ $^{\circ}\text{C}/\text{soat}$, mahsulotdan chiqayotgan aniq issiqlik ajralishlar (mahsulotni zararlanish darajasidan kelib chiqib) $q_v = 80 \dots 100 \text{ kDj}/(\text{m}^3 \cdot \text{soat}) = 32 \dots 36 \text{ Bm}/\text{m}$ (amaliyotda saqlanayotgan o'rtacha tugunaklar uchun) bo'ladi.

Havoning solishtirma sarfining saqlash jarayonini turli davrlari uchun optimal diapazonlari $L_{v, \text{opt}}$, $\text{m}^3/(\text{m}^3 \text{ soat})$ quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$(3,8 q_v + 1,1 \cdot 10^4 \Delta z_{\text{ont}}) / \Delta T_o \leq L_{v \text{ ont}} \leq 717 / h. \quad (3.1.)$$

Bir sutkada faol shamollatish tizimining ish vaqtini $\Delta \tau_v \text{ soat}$ ko'rsatuvchi shamollatish tizimidan foydalanish koeffitsienti $K_{\Delta} = \Delta \tau_v / 24$ (3.2) – formula yoki grafikdan (3.2-rasm, chap ordinata) aniqlanadi:

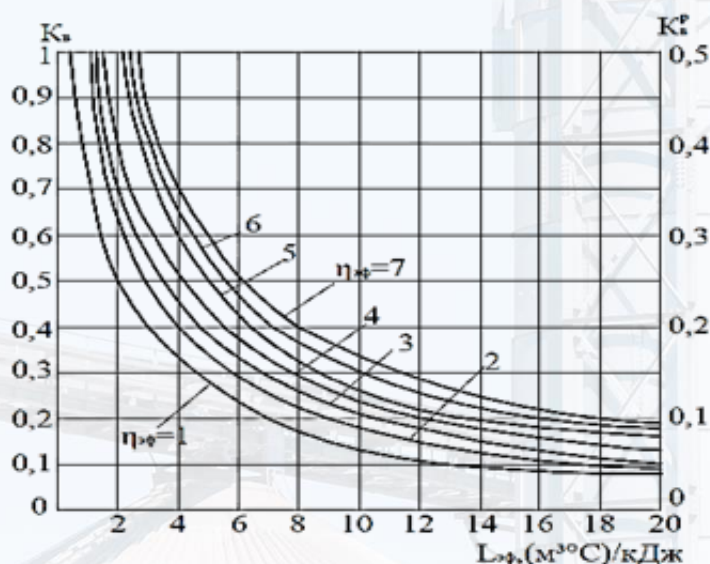
$$K_B = 2 (1 + 0,25 \eta_{\text{to}\phi}) / (1 + 1,5 L_{\text{to}\phi}). \quad (3.2)$$

Sovutish parametri η_{ef} , $\text{m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{kDj}$ 1...7-sonli qiymatlar oralig'ida quyidagiga teng.

$$\eta_{\text{to}\phi} = 10^4 \Delta z / q_v. \quad (3.3)$$

Havoning keltirilgan solishtirma sarfi L_{ef} , $\text{m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{kDj}$ quyidagi nisbatdan aniqlanadi.

$$L_{\text{to}\phi} = L_v \Delta T_o / q_v. \quad (3.4)$$



3.2-rasm. Tugunaklar uyumini sovutish davrida ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsienti
Sovutish davrida faol shamollatish sistemasidan tunda, sovuq vaqtda foydalaniladi, bu esa $K_B \leq 0,3$ rejimlarini faqatgina tabiiy sovuq qo'llaniladigan ratsional rejim deb qabul qilishga imkon beradi.

Saqlashning asosiy davri. Boshlang'ich asoslar: $\Delta T_o = 10...20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $q_v = 43,5 \text{ kDj}/(\text{m}^3\text{s}) = 17,0 \text{ BT}/\text{T}$; saqlash omborining quyi qismidagi harorat $t_{xp} = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Xavoning optimal sarflarining diapazoni quyidagiga teng:

$$0,4 q_v \leq L_{v \text{ oHT}} \leq 717 / h. \quad (3.5)$$

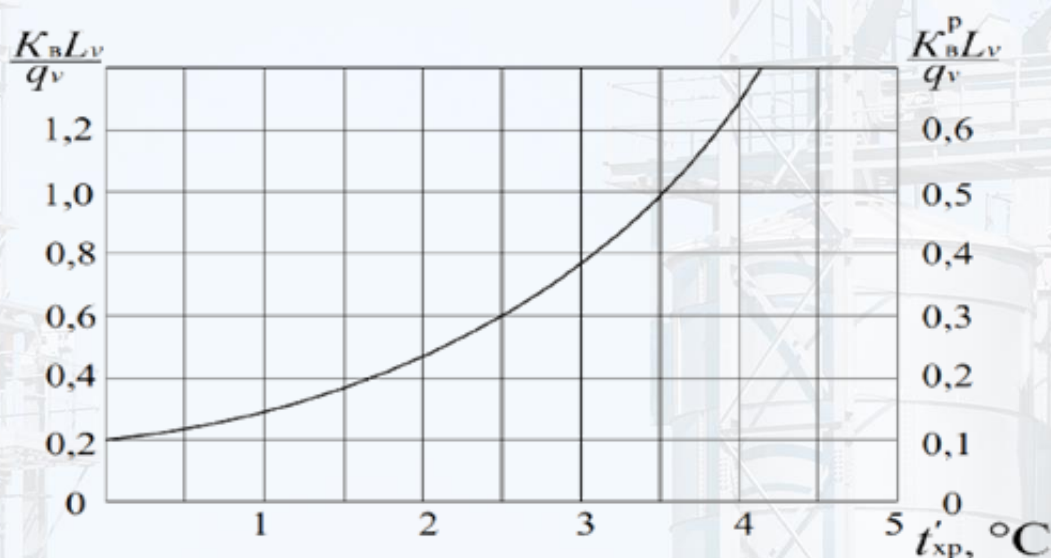
$L_{v \text{ oHT}} \leq 0,4 q_v$ shartida shamollatish uzluksiz ravishda olib boriladi.

Saqlash omborining quyi qismidagi xarorat $t_{om}=1,5...2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bo'lganda, tugunaklar uyumini $t_{kk}=4-2=2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sovutish diapozonida faol shamollatish tizimini ish faoliyati quyidagilarni tashkil qiladi:

$$\text{при } t'_{xp} \leq 3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad K'_B = 0,4 q_v / L_v - 3,4 / L_v h; \quad (3.6)$$

$$\text{при } t'_{xp} > 3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad K''_B = 0,65 q_v / L_v. \quad (3.7)$$

K_B , L_v , q_v va t_{xp} larning grafik ifodasi 3.3-rasmda keltirilgan:



3.3-rasm. Kartoshka saqlash omborida saqlashni asosiy davrida faol shamollatish tizimini ish rejimlarini hisoblash uchun K_B bog'liqligi

(3.6) va (3.7) formulalarda $q_v - \text{kDj}/(\text{m}^3\text{s})$; $L_v - \text{m}^3/(\text{m}^3\text{s})$ da ifodalanadi.

Ishlab chiqilgan hisoblash metodikasi saqlash omborlari loyihalarini rekonstruksiyalashda va yangi namunaviy loyihalar ishlab chiqarishda, shuningdek faoliyat yuritayotgan inshootlarni ekspluatatsiyalashni aniq rejimlarini ishlab chiqishda qo'llaniladi. Ikkinchi holatda (faoliyat olib borayotgan kartoshka saqlash omborlari sharoitida) dastlab uyumga berilayotgan havoning solishtirma sarfi L_v aniqlanadi.

Bunga asosan K_V qiymati va (3.2) yoki 3.2-rasm bo'yicha sovutish davri va (3.6) yoki (3.7) yoki 3.3-rasm bo'yicha asosiy davr uchun ventilyatsiya sistemalarini bir sutkalik ish vaqti aniqlanadi. Aniqlangan $\Delta\tau_V$ – qiymati optimal ko'rsatkichdan farq qilishi mumkin, lekin saqlashni ikkala davrida ham kartoshka uyumlaridagi saqlashni texnologik parametrlarini ta'minlab beradi.

Lavlagi ildizmevalarining biologik va issiqlik – fizik xossalari tugunaklar xarakteristikasiga yaqin bo'ladi. SHuning uchun ishlab chiqilgan hisoblash metodikasidan lavlagi ildizmevalarini saqlashda ham foydalanish mumkin. Sabzi ildizmevalari uchun ham issiqlik ajralish jarayonlari va faol shamollatish tizimi ish rejimining sifatli tavsifi tugunaklar uyumiga o'xshash bo'ladi.

Masala 3.1. Sig'imi 1000 t. bo'lgan loyihalanyotgan kartoshka saqlash omborida faol shamollatish tizimini ish davomiyligini aniqlang, uyum balandligi $h=3,0$ m, havo sarfi L_V opt – $60\text{m}^3/(\text{m}^3\text{soat})$.

Sovutish davrida uyum va sovutuvchi havo haroratlari orasidagi boshlang'ich farq $\Delta T_0=14^\circ\text{C}$, tugunaklarni sovush tezligi $\Delta z_{\text{opt}} = 0,04^\circ\text{C}/\text{soat}$, issiqlik ajralish intensivligi $q_v=100\text{ kDj}/(\text{m}^3\text{soat})$ ni tashkil qiladi. Sovutish parametrlari $\eta_{\text{ef}} = 10^4 \cdot 0,04/100 = 4 (\text{m}^3 \cdot \text{C})/\text{kDj}$.ni, keltirilgan havo sarfi $L_{\text{ef}} = 60 \cdot 14/100 = 8,4 (\text{m}^3 \cdot \text{C})/\text{kDj}$.ni tashkil qiladi.

Havo sarfi diapazoni (3.1) – shart bilan belgilanadi.

$L_{V\text{opt}} > (3,8 \cdot 100 + 1,1 \cdot 10^4 \cdot 0,04)/14 = 58\text{ m}^3 (\text{m}^3 \text{soat})$. Sovutish davrida ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsienti $K_V = 2 (1+0,25 \cdot 4)/(1+1,50 \cdot 8,4)=0,3$ ga teng. Sutka davomida faol ventilyatsiya tizimini ish davomiyligi $\Delta t_B=24 \cdot 0,3 \approx 8,0$ soatni tashkil qiladi.

Saqlashni asosiy davrida $\Delta T_0=2,0...2,5^\circ\text{C}$; $t_{\text{saq}}^0=1,0^\circ\text{C}$, $q_v=43,5\text{ kDj}/(\text{m}^2\text{soat})$. Ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsienti (3.6) bo'yicha $K_V^0=0,16$ ga teng. Faol ventilyatsiya tizimining ish vaqti $\Delta\tau_V=24 \cdot 0,16=3,5...4,0$ soat/sutkani tashkil etadi.

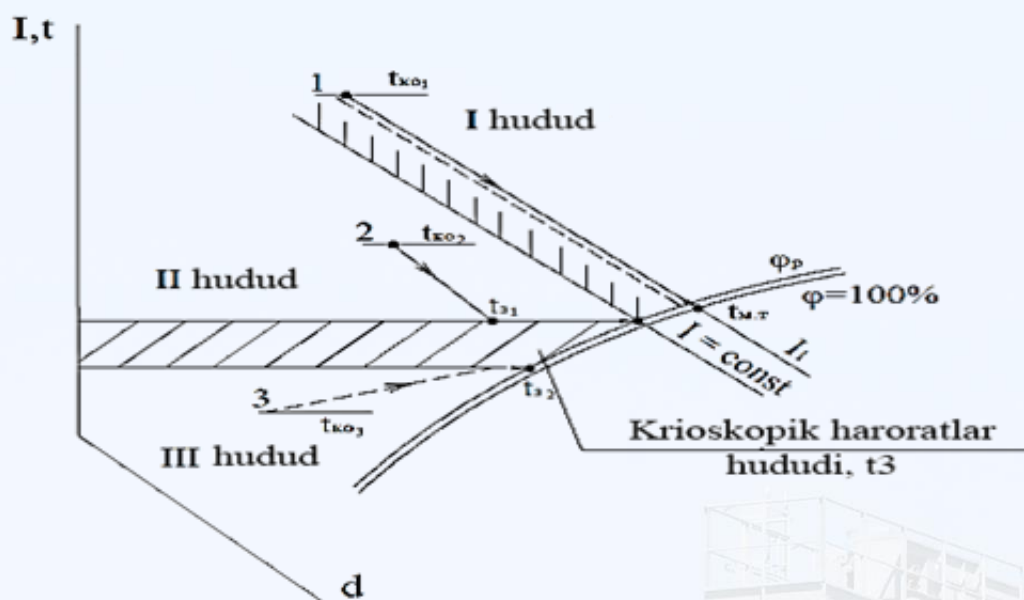
Masala 3.2. Foydalanilayotgan kartoshka saqlash omborida uyumga berilayotgan havoning o'lchangan miqdori $L_V=40\text{m}^3/(\text{m}^3\text{soat})$ ni tashkil etadi.

Sovutish davrida $\Delta T_0=10^\circ\text{C}$; $\Delta z_{\text{opt}}=0,04^\circ\text{C}/\text{soat}$, aniq issiqlik ajralishlar $q_v=100\text{ kDj}/(\text{m}^3 \cdot \text{soat})$; $\eta_{\text{por}}=10^4 \cdot 0,04/100=4\text{ m}^3/^\circ\text{C}/\text{kDj}$; $K_V=2(1+0,25 \cdot 4)/(1+1,5 \cdot 4,0)=0,57$; $\Delta\tau_a=24 \cdot 0,57=13,5...14$ soat/sutka. SHunday qilib, sovutish davrida tugunaklar uyumida sutka davomida tashqi (yoki sun'iy sovutiladigan) havoning $t_v \leq 1,0...1,5^\circ\text{C}$ ko'rsatkichida 13,5...14 soatdan kam bo'lmagan harorat parametrlarini ta'minlash imkoni mavjud.

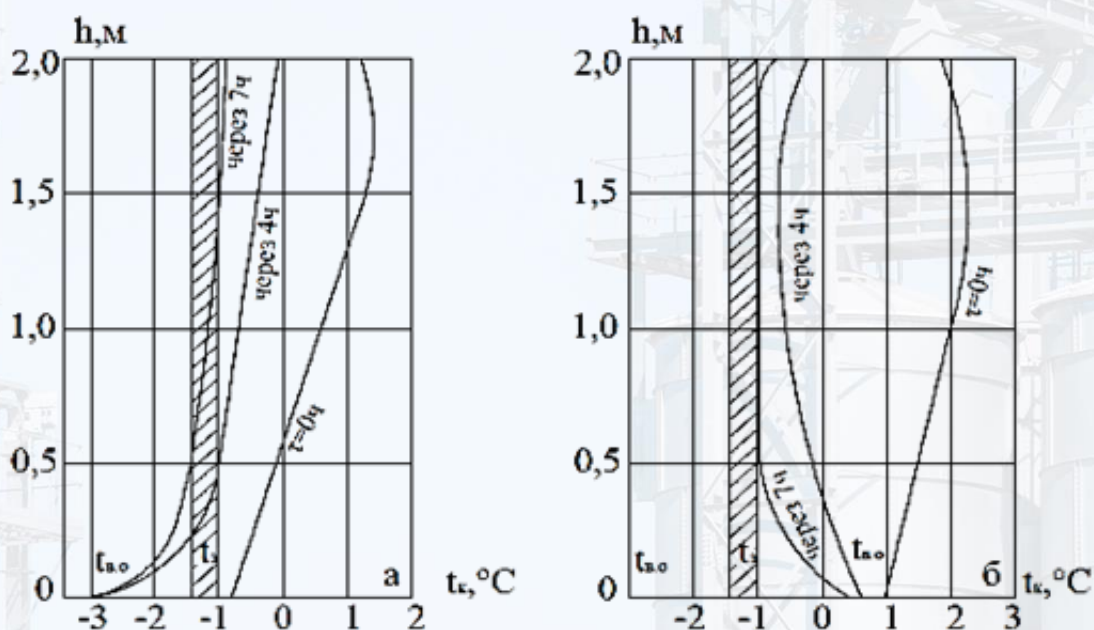
Sabzavotlar va kartoshka tugunaklari saqlanayotgan burtlarda faol ventilyatsiya tizimi ish rejimlari ham ushbu metodika bo'yicha aniqlanadi. Burt hajmi bo'ylab havo tarqalishi notekis bo'lganligi uchun mahsulotni shamollatishni umumiy vaqtini Δt 30...40 % ga oshirish zarur.

Karam saqlash omborlarining ventilyatsiya tizimi. Karam boshlari uchun tashqi va ichki qatlamlarining termik qarshiligi o'zaro bir-biriga mos bo'ladi. Tashqi issiqlik almashinish bilan bir vaqtda, uyum qoplamasi elementlari orasidagi issiqlik almashinish hodisasini ham e'tiborga olish kerak, chunki bu holat karam boshlari uyumini sovutish dinamikasi sifatiga boshqa turdagi barra o'simlik xom ashyosiga ko'ra katta ta'sir ko'rsatadi.

Karam boshlari uyumlarini sovutishni o'ziga xos xususiyati shundaki, namlik bug'lanishining intensivligi (xuddi shu diametrdagi sharlarni namlanish intensivligidan 37-45 % ni tashkil etadi) yuqori bo'ladi. Bug'lanuvchi sovuqlik karam boshlari yuzasi haroratini deyarli ho'l termometr haroratigacha $t_{M.T}$ ($t_{k01} \rightarrow t_{m.t}$ jarayoni, $\phi_r \approx \phi = 100\%$) pasaytiradi, bunda karam boshlarining boshlang'ich harorati t_{k01} I – hududda ($I_1 > I$) yotadi (3.4-rasm). II-hududda joylashgan karam boshlarining yuzasi harorati t_{k02} – da sovutish jarayoni haroratni izoentalpa bo'ylab krioskopik nuqtagacha t_3 ($t_{k02} \rightarrow t_3$) pasayishi bilan xarakterlanadi. Sovutish jarayoni korreksiyalovchi qatlamda yakunlanadi, uyum balandligi bo'ylab purkalayotgan havoning harorati t_3 dan yuqori bo'lganda ham, past bo'lganda ham yuzaning doimiy haroratiga $t_k \approx t_3$ erishiladi (III-hudud), bu esa 3.5-rasmda keltirilgan karam uyumlarini sovutish dinamikasining eksperimental yo'l bilan olingan qiymatlarini tasdiqlaydi.



3.4-rasm. Korreksiyalovchi qatlamda karam boshlari yuzasining harorati



3.5-rasm. Karam boshlari uyumini sovutish dinamikasi: havoning solishtirma sarfi $L=180 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ soat})$, havoning nisbiy namligi $\varphi_{v0} = 80...85 \%$; a – havoning boshlang'ich harorati $t_{v0} = -3 \text{ } ^\circ\text{C} < t_3$; b – havo harorati $t_{v0} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} > t_3$.

Yuqorida keltirilgan o'ziga xos xususiyatlarni hisobga olgan holda karam boshi yuzasi harorati t_k va karam boshi markazidagi haroratni t_k aniqlash bo'yicha qo'yilgan masala quyidagi formulirovkaga ega. Radiusi R bo'lgan sharni a_k , s_k va r_k ning berilgan qiymatlarida doimiy harorat t_{v0} o'rnatiladi, shar hajmi bo'ylab issiqlik manbalari q_v bir tekisda tarqalgan bo'ladi.

Sharining boshlang'ich harorati t_{k0} ga teng. Shar markazidagi haroratning t_k ma'lum vaqt oralig'ida τ_k ni aniqlash zarur.

Karam boshlarini gomogen issiqlik fizik xossalarga ega element deb qabul qilib, unga nisbatan super holatlar prinsipini qo'llaymiz va masala yechimini ikkita masala yig'indisini qo'shish orqali topamiz, bunda boshlang'ich argumentlar $F_0 = \alpha_k \tau_k / (0,5 d_{cp}^2)$; $\eta = r/R$; bitta holatda biologik issiqlik ajralishlar q_v hisobga olinmaydi, lekin

boshlang'ich va chegaraviy shartlar (t_1) berilgan bo'ladi, ikkinchi holatda – issiqlik ajralish manbalari mavjud, lekin boshlang'ich va chegaraviy shartlar (t_q) bo'lmaydi:

$$t_{kR=0} = t_1 + t_q. \quad (3.8)$$

Birinchi holatda masala yechimi 3.6-rasm bo'yicha quyidagi formulaga asosan Θ_t – parametrining qiymatlarini aniqlashdan iborat:

$$t_1 = t_{BO} + \Theta_t (t_{k0} - t_{BO}). \quad (3.9)$$

Haroratni t_q aniqlash uchun issiqlik ajralishlar masalalar yechimini va I va III turdagi chegaraviy shartlarda vaqt bo'yicha o'zgaruvchanlarga ega masalalar yechimini orasidagi bog'liqlikdan foydalanamiz.

$$t_q = t_{ad} - t_t, \quad (3.10)$$

bu yerda t_{ad} – vaqt lahzasidagi τ_k jismdagi adiabatik harorat (yuza bo'ylab issiqlik almashinish umuman yo'qligida):

$$t_{ad} = \frac{1}{c_k \rho_k} \int_0^{\tau_k} q_v d\tau = \frac{q_v}{c_k \rho_k} \tau_k \quad (3.11)$$

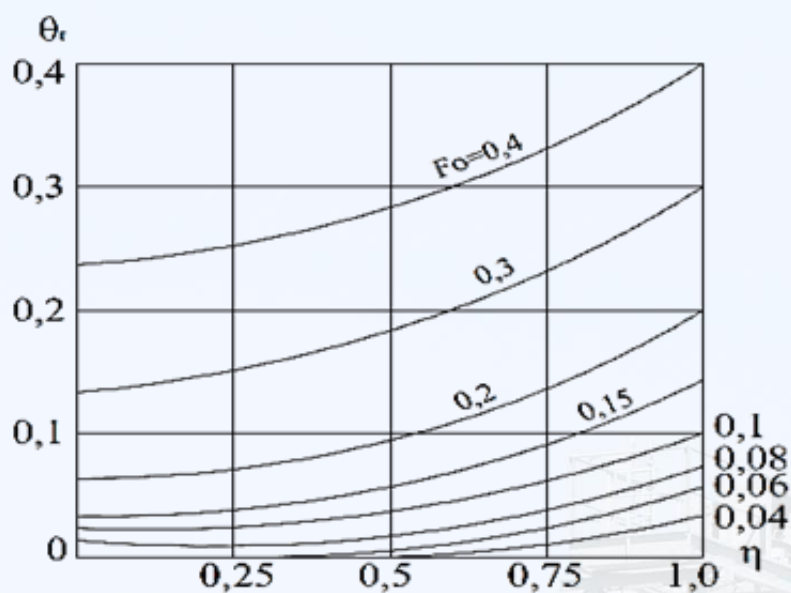
t – qiymati jismni issiqlik ajratmagan holatdagi haroratini q_v namoyon qiladi, bunda yuza harorati (3.11) ga o'xshash qonuniyat asosida o'zgaradi va quyidagi bog'liqlikga ega.

$$t_t = t_{BO} + \Theta_t b (0,5 d_{cp})^2 / a_k \quad (3.12)$$

boshlang'ich va chegaraviy shartlarda:

$$t_{k\tau=0} = t_{k0}; \quad t_{r=R} = t_{k0} + b\tau; \quad \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{\tau=0} = 0.$$

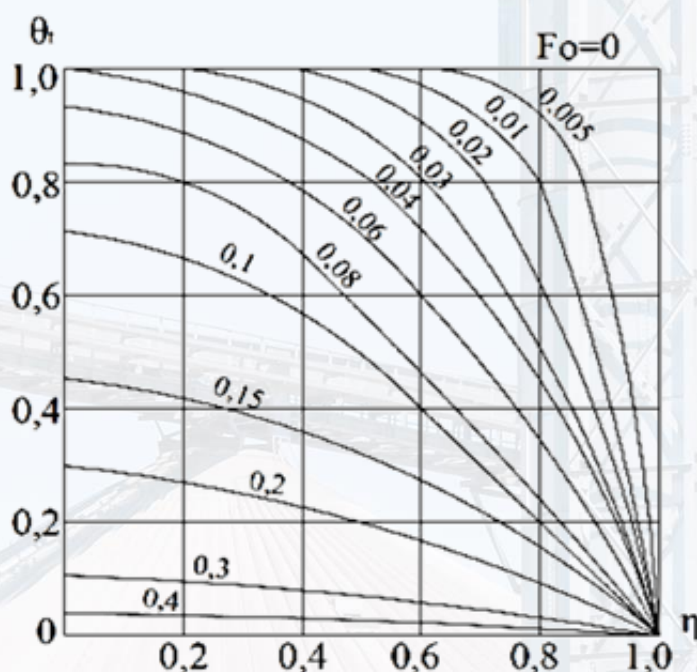
Harorat parametri Θ_t jadval bo'yicha aniqlanadi (3.7-rasm).



3.7-rasm. (3.12) – formuladagi havoning parametrlari Θ_t

Karam boshlari uyumi tomonidan $t_{m,l}$ yoki t_3 haroratlarga erishish vaqti kelayotgan havoni $\varphi_{v0} > 75\%$ dagi nisbiy namlik qiymati, havo sarfining $L = 75 \dots 300 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{soat}$) diapazonlarida uyumdagi haroratni boshlang'ich profilini hisobga olmagan holda 15% xatolikgacha quyidagi bog'liqlikdan aniqlash mumkin.

$$\tau_H = 1,6 \cdot 10^3 x / L. \quad (3.13)$$



3.6-rasm. (3.9) – formuladagi havoning parametrlari Θ_t

Karam boshlari tomonidan havoning kirish kesimidan x – masofada joylashgan $t_{m,t}$ yoki t_3 – haroratlar tomon vaqtinchalik siljishga erishishi (3.13) – bo'yicha aniqlanadi. Uyum balandligi h bo'ylab τ_n , soat, qiymatlari 3.1-jadvalda berilgan.

3.1-jadval

Karam boshlari yuzasini $t_{m,l}$ yoki t_3 haroratlarga erishish vaqti, soatda

$L, m^3/(m^2s) / h,$ m	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
100	16,0	24,0	32,0	40,0	48,0	56,0	64,0
150	10,6	16,0	21,3	26,7	32,0	37,3	42,7
200	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0
250	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6

Saqlash omborlarini h va t -ning berilgan qiymatlarida faol shamollatish tizimlarini yangidan loyihalashda yoki rekonstruksiyalashda havoning solishtirma sarfi:

$$L = 1,6 \cdot 10^3 h / \tau_n. \quad (3.14)$$

Ichki masalani yechimi I-turdagi chegaraviy shartlarda bir bosh karamning sovush vaqtini aniqlashdan iborat. Bu masalaning yechimi 3.3-misolda keltirilgan.

Misol 3.3 Radiusi $R=d \text{ o'rt}/2=0,1 \text{ m}$ bo'lgan karam boshining markazidagi harorat (3.8) – bo'yicha aniqlanadi. Boshlang'ich ma'lumotlar $\Theta_k = 5 \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{soat}$; $S_k R_k = 4,7 \cdot 700=3290 \text{ kDj}/(\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$; $t_{kg} = R=-1 \text{ } ^\circ\text{C}=\text{const}$; karam boshining boshlang'ich harorati t_{ko} : - 0,5 $^\circ\text{C}$; 0,0 $^\circ\text{C}$; 1,0 $^\circ\text{C}$; 2,0 $^\circ\text{C}$; 3,0 $^\circ\text{C}$; 5,0 $^\circ\text{C}$; 10,0 $^\circ\text{C}$; sovutishni hisoblangan vaqti $\tau_{vn} = 1,0 \text{ soat}$; 2,0 soat; 3,0 soat; 4,0 soat; 4,0 soat; 6,0 soat; 8,0 soat; Fure soni $F_0 = a_k \tau_{ichki} / (0,5 \text{ s}/\text{o'rt}^2)$.

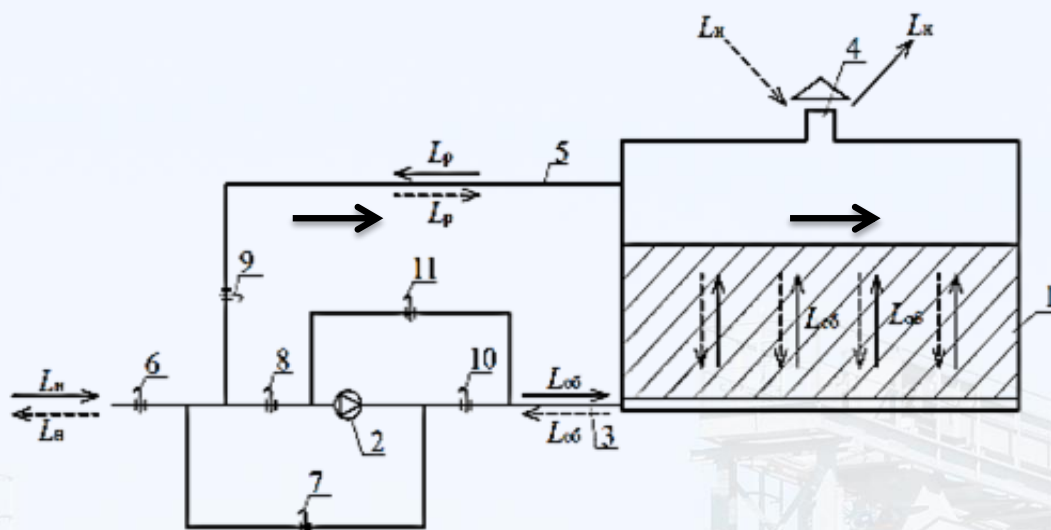
Hisob natijalarini 3.2-jadvalga jamlaymiz (suratda t_1 – qiymatlari maxrajda – t_q qiymatlari).

Karam boshining yuzasida va markazida haroratlar $t_{k\ R=0}$ dinamikasi

τ_{vn}, S	Fo	θ_{tl}/θ_q	$t_{ko}, ^\circ C$						
			-0,5	0,0	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0
1	0,005	$\frac{0,97}{0,005}$	$\frac{-0,52}{0,005}$	$\frac{-0,03}{0,005}$	$\frac{0,94}{0,005}$	$\frac{1,91}{0,005}$	$\frac{2,88}{0,005}$	$\frac{4,82}{0,005}$	$\frac{9,67}{0,005}$
2	0,10	$\frac{0,71}{0,018}$	$\frac{-0,65}{0,018}$	$\frac{-0,29}{0,011}$	$\frac{0,42}{0,011}$	$\frac{1,13}{0,011}$	$\frac{1,84}{0,011}$	$\frac{3,26}{0,011}$	$\frac{6,81}{0,011}$
3	0,15	$\frac{0,44}{0,028}$	$\frac{-0,78}{0,016}$	$\frac{-0,56}{0,016}$	$\frac{-0,12}{0,016}$	$\frac{0,32}{0,016}$	$\frac{0,76}{0,016}$	$\frac{1,64}{0,016}$	$\frac{3,84}{0,016}$
4	0,20	$\frac{0,275}{0,006}$	$\frac{-0,86}{0,024}$	$\frac{-0,72}{0,024}$	$\frac{-0,45}{0,024}$	$\frac{-0,16}{0,024}$	$\frac{-0,12}{0,024}$	$\frac{0,68}{0,024}$	$\frac{2,08}{0,024}$
6	0,30	$\frac{0,11}{0,13}$	$\frac{-0,95}{0,04}$	$\frac{-0,89}{0,04}$	$\frac{-0,78}{0,04}$	$\frac{-0,67}{0,04}$	$\frac{-0,56}{0,04}$	$\frac{-0,34}{0,04}$	$\frac{0,21}{0,04}$
8	0,40	$\frac{0,04}{0,23}$	$\frac{-0,98}{0,058}$	$\frac{-0,96}{0,058}$	$\frac{-0,92}{0,058}$	$\frac{-0,88}{0,058}$	$\frac{-0,84}{0,058}$	$\frac{-0,76}{0,058}$	$\frac{-0,56}{0,058}$
τ_{vn}, S 8	Fo	θ_{tl}/θ_q	$t_{Kr=0}, ^\circ C$						
			-0,5	0,0	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0
1	0,005	$\frac{0,97}{0,005}$	-0,515	0,025	0,945	1,915	2,885	4,285	9,675
2	0,10	$\frac{0,71}{0,018}$	-0,639	-0,279	0,431	1,141	1,851	3,271	6,821
3	0,15	$\frac{0,44}{0,028}$	-0,764	-0,544	-0,104	0,336	0,776	1,656	3,856
4	0,20	$\frac{0,275}{0,006}$	-0,836	-0,696	-0,426	0,136	0,144	0,704	2,104
6	0,30	$\frac{0,11}{0,13}$	-0,91	-0,85	-0,74	-0,63	-0,52	-0,30	0,25
8	0,40	$\frac{0,04}{0,23}$	-0,922	-0,902	-0,862	-0,822	-0,782	-0,702	-0,502

Faol shamollatishni reversiv tizimlari. Saqlash omborining faol shamollatishni reversiv tizimining prinsipial sxemasi 3.8-rasmda keltirilgan. Bu tizimni ishi davomida shamollatish uchun mo'ljallangan havo oqimlarini mahsulot uyumida "pastdan yuqoriga" va "yuqoridan pastga" sxemalari bo'yicha navbatma-navbat almashilishi kuzatiladi.

“Pastdan yuqoriga” shamollatish. Barra o‘simlik xom ashyosi uyumiga 1 ventilyator 2 yordamida havo kelish kanali 3 bo‘ylab mahsulotni sovutuvchi havo uzatiladi.



3.8-rasm. Saqlash omborlarining reversiv faol shamollatish tizimida havo oqimining harakati yo‘nalishi: “pastdan yuqoriga” shamollatishda; “yuqoridan pastga” shamollatishda.

Sovutish davrida uyumga tashqi havo to‘g‘ri oqim holida (retsirkulyasiyasiz) uzatilib ($L_v = L_{um}$), bu havo chiqarish shaxtasi 4 orqali to‘liq atmosferaga chiqariladi. Bu vaqtda havo kelish kanalidagi 6, 8 va 10 boshqaruvchi armaturalar (drosellar, shiberlar) to‘liq ochiq bo‘ladi, boshqa havo kelish kanallarida 7, 9 va 11 da ular yopiq bo‘ladi.

Saqlashni asosiy davrida kelayotgan havoni shakllantirish kelayotgan havoni L_n minimal miqdorini retsirkulyasion havo kanali 5 orqali saqlash omboridan chiqarilayotgan retsirkulyasion havo L_r bilan aralashtirish orqali amalga oshiriladi. Reversiv faol shamollatish tizimini bu tariqa ekspluatatsiya rejimida ventilyatorning 2 ishi davrida, 6, 8, 9, 10 armaturalar to‘liq yoki qisman ochiladi, 7 va 11 armaturalar esa yopiladi. Mahsulot uyumidan o‘tgan havo $L_n = L_r$ miqdorda atmosferaga chiqariladi, qolgan qismi esa retsirkulyasiyaga beriladi.

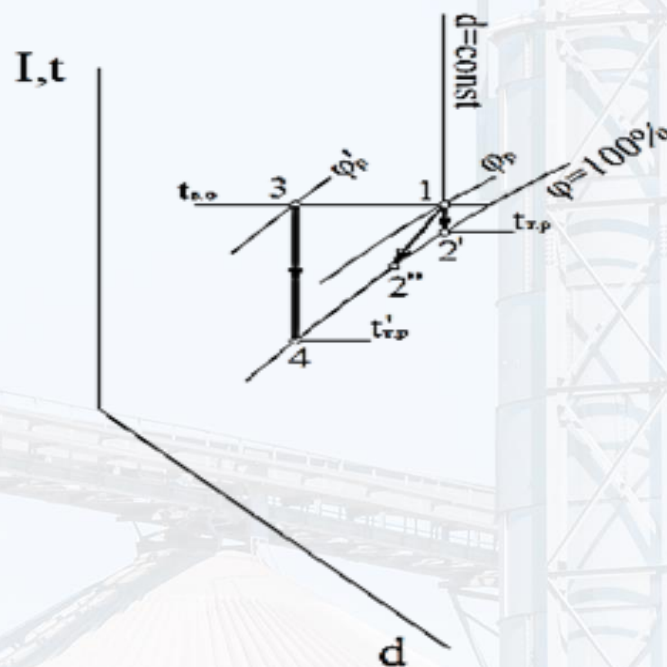
“Yuqoridan pastga” shamollatish. Sovutish davrida uyumga $L_m = L_{ym}$ miqdorda to‘liq tashqi havo keladi. Atmosfera havosi ventilyator 2 yordamida chiqarish shaxtasi

4 orqali tortilib, mahsulot uyumidan 1 o'tadi va tashqariga chiqariladi. To'siq armaturalar 6, 7, 9 ochiq, 8, 9, 10 armaturalar yopiq bo'ladi.

Saqlashni asosiy davri tashqi (L_T) va retsirkulyasion (L_P) havolarni saqlash omborining mahsulotdan holi bo'lgan yuqori qismida, uyumga purkalishdan avval o'zaro aralashishi bilan xarakterlanadi. Drossellar (shiberlar) 6, 7, 9, 10 ochiq, 8, 10- esa yopiq bo'ladi.

Reversiv faol shamollatish tizimining unumdorligi va ish rejimi. havo oqimining yo'nalishi "yuqoridan pastga" bo'lganda mahsulot uyumining yuqori qismida paydo bo'lishi mumkin bo'lgan kondensatsiya hududlarini kelib chiqish sabablarini tahlil qilamiz. Uyumning yuqori qismida isigan havo qatlamlardagi nisbatan past haroratli mahsulot bilan o'zaro ta'sirlashib, shudring nuqtasigacha (1-2' jarayonlar) va undan ham past haroratgacha (1-2'' jarayon) sovushi mumkin (3.9-rasm). Suv bug'lari quyidagi tengsizlik shartlari bajarilganda kondensatsiyalanmaydi (3.1-rasm):

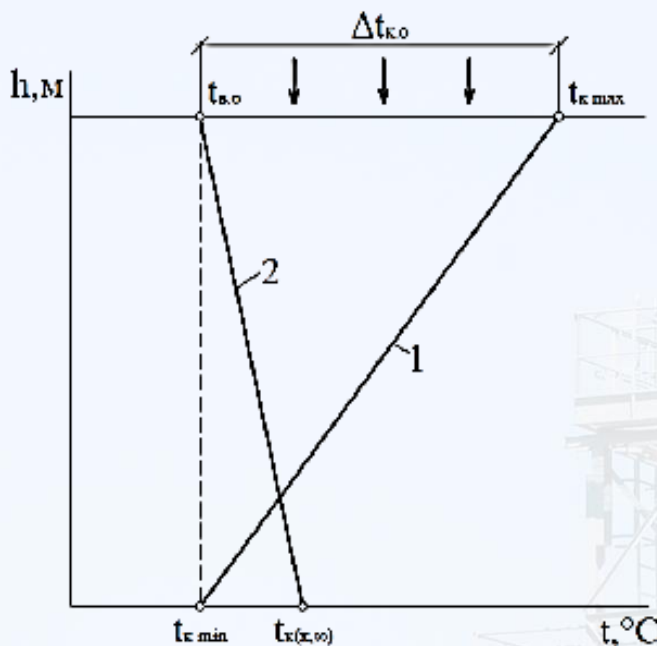
$$t_{k,max} - t_{k,min} \leq \left(\frac{q_v}{\Pi c_{\text{B}} \rho_{\text{B}} u} + \frac{q_v}{a_{rv}} \right) + (t_{\text{B},o} - t_{\text{r},p}) \quad (3.15)$$



3.9-rasm. Mahsulot uyumida kondensatsiya hodisasining tahlili.

Tengsizlikni o'ng qismida birinchi qavs karkasni (mahsulotni) biologik issiqliq ajralishlar hisobiga havoga nisbatan qizishini, ikkinchi qavs esa havoning boshlang'ich

holatini ko'rsatadi. Uyumdagi nisbiy namlik muvozanati (φ) kamayishi bilan kelayotgan havo parametrlari chap tomonga (3-nuqta, 3.9-rasm siljiydi va shudring nuqtasi harorati ($t_{\tau,p}$) pasayadi (4-nuqta).



3.10-rasm. Uyumda havoning “yuqoridan pastga” purkashda haroratlarni tarqalishi: 1-TK siklidan so'ng yakuniy holat; 2-MK siklidan so'ng yakuniy holat.

Misol 3.4. Kartoshka va karam uyumlarini “yuqoridan pastga” shamollatishda suv bug‘larini kondensatsiyalanishini oldini oluvchi shartlarni aniqlang.

Kartoshka saqlash ombori. Boshlang‘ich ma‘lumotlar: tugunaklardan ajralayotgan solishtirma issiqlik miqdori $q_v=12 \text{ Bm/m}^3$; uyumlar balandligi $h=1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0$ va $6,0 \text{ m}$; kelayotgan havo parametrlari $t_{v0}=2,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{v0}=95, 90, 85$ va 80% ; havoning solishtirma sarfi $L=320 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$, bu esa qatlamdagi havoning $u=0,222 \text{ m/s}$ tezligiga to‘g‘ri keladi, uyum g‘ovakligi $P=0,4$; havoning solishtirma massaviy issiqlik sig‘imi $s=0,279 \text{ Bm} \cdot \text{soat}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$; havoning zichligi $P_{x26}=1,28 \text{ kg/m}^3$. Tugunaklar uyumining issiqlik berish koeffitsienti $\alpha_{tv}=30+1400u \text{ Vm}/(\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$.

Shudring nuqtasi haroratini I-d-diagramma bo‘yicha t_{v0} va φ_{v0} qiymatlari asosida aniqlaymiz, tegishlicha $\varphi_{v0}=95, 90, 85$ va 80% ; $t_{mp}=1,6; 1,0; 0,4; -0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Hisob natijalari (3.15-bo‘yicha) 3.3-jadvalda keltirilgan.

Karam saqlash ombori. Boshlang‘ich ma‘lumotlar: $q_v=4,3 \text{ Bt/m}^3$; $h=1,2,3 \text{ m}$; $t_{v0}=-0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\varphi_{v0}=97, 95, 90, 85 \%$; havoning solishtirma farqi $L=300 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$; $u=0,208 \text{ m/s}$; $P=0,4$; $S_v=0,279 \text{ Vt} \cdot \text{soat}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$; $P_v=1,30 \text{ kg/m}^3$; $\alpha_{tv} \approx 175 \text{ Bm}/(\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$

Shudring nuqtasi harorati I-d-diagramma bo'yicha t_{vo} va φ_{vo} qiymatlari asosida aniqlaymiz, t_{tr} : -1,4; -1,8; -2,5; -3,5 °C.

Hisob natijalari (3.15-bo'yicha) 3.4-jadvalda keltirilgan.

3.3-jadval

Kartoshka saqlash ombori uchun haroratlar farqini ($t_{k,max} - t_{k,min}$) hisoblash natijalari

$\varphi\%$ /h, m	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
95	0,549	0,663	0,742	0,856	0,970	1,084
90	1,149	1,263	1,342	1,456	1,570	1,684
85	1,749	1,863	1,942	2,056	2,170	2,284
80	2,349	2,463	2,542	2,656	2,770	2,884

3.4-jadval

Karam saqlash ombori uchun haroratlar farqini ($t_{k,max} - t_{k,min}$) hisoblash natijalari

$\varphi\%$ /h, m	1,0	2,0	3,0
97	0,449	0,513	0,557
95	0,869	0,913	0,957
90	1,569	1,613	1,657
85	2,569	2,613	2,657

Misollarda olingan uyumni isitilgan (yuqorigi) va sovutilgan (pastki) qatlamlarini haroratlarini farqi bo'yicha olingan qiymatlar biologlar tomonidan tavsiya qilingan haroratlar diapazonida yotadi. Shunday qilib, barra o'simlik xom ashyosini saqlashda optimal va ruxsat etilgan sharoitlarida kondensat hosil bo'lishi kuzatilmaydi.

Sovutish davrida ($b=0$) barra o'simlik xos ashyosini qatlamli sovushi kuzatiladi. Harorat ajralishining eng intensiv davrida ko'chish tezligini fronti shamollatishni har qanday yo'nalishda doimiy bo'ladi. Vaqtni kamaytirish va mahsulotni sovish tezligini oshirishni asosiy yo'li bilan bu "pastdan yuqoriga" va "yuqoridan tepaga" qarab shamollatish usullarini navbatma-navbat almashtirishdir, bunda faol shamollatish tizimlarini ish vaqti 50 % ga qisqaradi. Ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsientini topish formulasi (3.2) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,5K_{\text{в}} = 0,5\Delta\tau_{\text{в}} / 24. \quad (3.16)$$

Havo sarfining L_v optimal qiymati (3.1) bo'yicha aniqlanadi. K_{r_v} ning olingan qiymati (reversiv shamollatishda) 3.2-rasmda koordinatalar o'qi bo'yicha o'ngda keltirilgan.

Saqlashni asosiy davri. Uyumga havo berishni reversiv usulida ("yuqoridan pastga") ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsienti K_{r_v} quyidagi ko'rinishga ega:

$$K_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,5(0,4 q_v / L_v - 3,4 / L_v h). \quad (3.17)$$

Sistema ishini reversiv siklida havoni ham "pastdan yuqoriga" ham "yuqoridan pastga" qarab uzatish usullarida K_v , K_{r_v} , L_v , q_v va t_{xp}^0 larning bog'liqliklari 3.3-rasmda ko'rsatilgan.

Misol 3.5. Foydalanilayotgan kartoshka saqlash omborida to'g'ri oqimli va reversiv faol shamollatish tizimlarini ish rejimlarini aniqlang. Havoning belgilangan sarfi $L_v=40\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{soat})$.

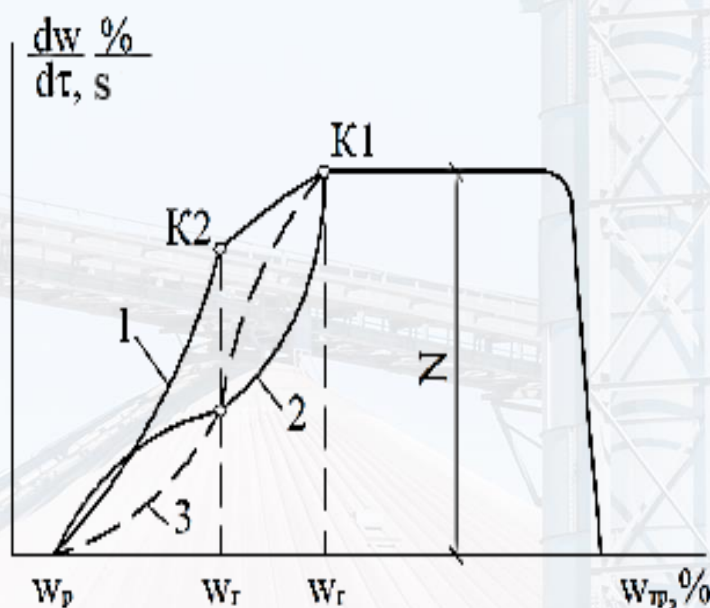
Uyumni sovutish davrida $\Delta T_0=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta z_{\text{opt}}=0,04\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{soat}$, $q_v=100\text{ kDj}/(\text{m}^3\cdot\text{soat})$, $\eta_{\text{ef}}=10^4\cdot 0,04/100=4,0\text{m}^3\cdot\text{C}/\text{kDj}$, $L_{\text{ef}}=40\cdot 10/100=4,0\text{m}^3\cdot\text{S}/\text{kD}$. Uyumni "pastdan yuqoriga" qarab shamollatishda $K_{\text{a}}=2\cdot(1+0,25\cdot 4)/(1+1,5\cdot 4,0)=0,57$ bo'ladi. Faol shamollatish tizimining ish vaqti $\Delta\tau_{\eta}=0,57\cdot 24=13,5\ldots 14,0$ soat bir sutkada. Sovutish davrida to'g'ri oqimli shamollatish tizimi bir sutka davomida tugunaklar uyumida $t_{\text{n}}\leq 1,0\ldots 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ texnologik harorat parametrlarida kamida 13,0...14,0 soat ishini ta'minlab bera oladi. Agar $\Delta\tau_v<13,5$ soat/sutka bo'lsa, sistemani mavjud unumdorligida uning havo unumdorligini oshirish maqsadida kelayotgan havoni sun'iy tarzda sovutish yoki faol shamollatish tizimini rekonstruksiyalash talab etiladi.

Reversiv rejimda sistemaning ish vaqti deyarli ikki barobar qisqaradi va $\Delta\tau_v = 0,5\cdot 24\cdot 0,57\approx 7$ soat/sutkani tashkil qiladi. Berilgan holatda uyumni sovutish faqatgina tungi (eng sovuq) vaqtlarda ($K_v<0,3$) sun'iy sovuqlik manbalaridan foydalanilmagan holda amalga oshirilishi mumkin.

Hashak quritish intensivligini hisoblashni grafo-analitik usulining nazariy-eksperimental asoslari

Hashak quritish jarayonini nam havoning I-d-diagrammalaridan foydalangan holda hisoblash. Hashak quritish jarayoni murakkab issiqlik-fizikaviy jarayondir. Uning ikkita o'zaro chambarchas bog'liq asosiy tashkil etuvchilarini ko'rsatish mumkin: material yuzasida kechadigan mahsulot va atrof-muhit orasidagi issiqlik va namlik almashinish jarayoni; mahsulotni ichki qatlamlaridan uning yuzasi tomon namlikni suyuqlik yoki bug' (yoki ikkalasini bir vaqtda) shaklida harakatlanishi kuzatiladi.

Hashak quritish jarayoni ikkita asosiy davrdan iborat (3.11-rasm): quritishning doimiy tezlik davri – gorizonttal to'g'ri chiziq ($N=dw/d\tau=const$); quritish tezligini kamayish davri ($N=dw/d\tau=var$). Ya'ni o'rigan maysada ma'lum vaqt fiziologik hayot davom etib, aerob nafas olish kechadi. Hujayralarning nobud bo'lishi erkin suvning asosiy massasi $W_{\tau p} \leq 35...40\%$ da ajralib chiqqach boshlanadi, namlikni bu ko'rsatkichigacha bug'lanish zonasining chuqurlashuvi kuzatilmaydi. Hujayralararo bo'shliqdagi havoni to'liq quritish jarayoni doimiy tezlikda, vital qarshiliksiz kechadi. 3.11-rasmda bu namlikga quritish tezligi chizig'ini sinish nuqtalari K1 yoki K2 to'g'ri keladi.

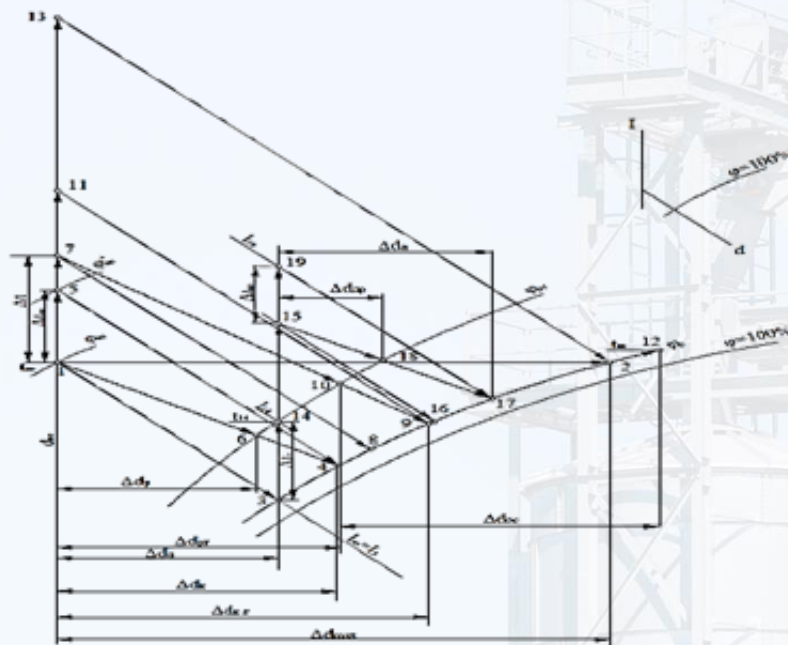


3.11-rasm. Kapillyar-g'ovak (1) va kolloid kapillyar-g'ovak (2) jismlarni qurishini tipik egri chiziqlari.

“Quritilayotgan hashak - havo” sistemasida namlik almashinishi jarayonlarining intensivligi biologik faol xom ashyo qatlamidagi issiqlik-massa almashinish jarayonlarini umumiy qonuniyatlariga bo‘ysunadi. Xashak qurishi uchun zarur bo‘lgan shartlar koeffitsienti E_t (2.82) bo‘yicha aniqlanadi.

Hashak quritish uchun zarur shartlar koeffitsienti E_t qiymatlari (2.82)- bo‘yicha aniqlanadi.

I - d -diagrammasida hashak quritish intensivligini xarakterlovchi asosiy jarayonlarni ko‘rsatamiz (3.12-rasm).



3.12-rasm. Hashakni quritish davomiyligi va intensivligi.

Kelayotgan havo t_{bo} , φ_{vo} , d_{vo} , I_{vo} , parametrlari /-nuqtada berilgan. Quritishni gipotetik izotermik jarayonida havo tomonidan yutilgan namlik miqdori $\Delta d_{\max} = d_2 - d_1$ ga etadi. Real sharoitlarda quritish jarayonining doimiy tezligida ($w_{tr} > a w_n$) jarayon adiabatikga yaqin bo‘lib, havo namlik bilan φ_r gacha to‘yinadi. Havoning assimilyasiyalovchi hossasi bu jarayonda $\Delta d = d_3 - d_1$ bo‘ladi. Jarayonning adiabatikligi biologik issiqlik ajralishlar ($I-4$) hisobiga buzilib, bu havoni Δt_{vo} da isishiga barobar bo‘ladi. Havoning nam yutish hossasi $\Delta d_k = d_4 - d_1$ gacha oshadi.

Hashak namligi gigroskopik namlikdan ($w_{tr} < w_n$, quritish jarayonining kamayib boruvchi tezligi) kamayganda, muvozanat nisbiy namlik qiymati kamayadi. Korreksiyalovchi qatlamdagi havoning nam yutish hossasi desorbsiyalanish izotermalarini φ_{r1} hisobga olib aniqlanadi va $\Delta d_p = d_6 - d_1$ (1-6) ga teng bo'ladi.

Havoni Δt (1-7)-da dastlabki sun'iy isitilishi uning nam yutish hossasini $\Delta d_{kg} = d_9 - d_1$ gacha oshishiga olib keladi, agarda hashak nam (7-9) bo'lsa yoki uning namligi gigroskopik namlikdan past bo'lsa (7-10) $\Delta d_{pr} = d_{10} - d_1$ ga olib keladi. Jarayon (7-11) hashakni Δt_{vo} da o'z-o'zidan qizishini ko'rsatadi.

Hashakning asosiy qatlamida biologik issiqlik ajralishlar tufayli havo tomonidan namlikni assimilyasiyalash davom etadi (4-12). Yutilgan namlik $\Delta d_{oc} = d_{12} - d_4$ ni tashkil qiladi.

Yomg'irlar davrida tashqi havo parametrlari 3-nuqtaga (birinchi yaqinlashuvda 1-3 izoentalpa bo'yicha $\varphi_n \approx \varphi_r \approx 100\%$ gacha o'lchanadi) to'g'ri keladi va aniq iqlimiy sharoitlarga bog'liq bo'ladi. Tahlil uchun yomg'irlar davridagi 3-nuqtaga to'g'ri keluvchi havo parametrlarini qabul qilib, quritilayotgan hashakni namlanishini oldini oluvchi shartlarni ko'rsatamiz. Xashakni bir qismi qurigach, havoni φ_{r1} (3-14) ga to'g'ri keluvchi haroratgacha isitish ijobiy natija bermaydi, chunki tashqi havoni $\Delta t_d < (t_{14} - t_3)$ da isitishda hashak bilan ta'sirlashuvi namlanish bilan sodir bo'ladi. Faqatgina havoni t_{14} dan yuqori haroratgacha isishi uni hashak uchun quritish agenti sifatida ko'rsatadi.

Yomg'irlar davrida hashak qatlamiga berilayotgan havoni isitish uchun zarur issiqlikni umumiy miqdori:

$$Q_a = (I_{15} - I_3) L_B \rho_B; \quad (3.18)$$

Bunda quritish uchun foydalanilgan maqsadli issiqlik miqdori:

$$Q_{an} = (I_{15} - I_{14}) L_B \rho_B. \quad (3.19)$$

(3.18) va (3.19)-formulalarda faqatgina tashqi havoni 15-nuqtagacha isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik hisobga olinadi. Nafas olishdagi biologik issiqlik hashak tomonidan doimiy ajraladi.

Hashakdan namlikni dissimilyasiyalash uchun quritish jarayonining doimiy tezligida ($w_{tr} > w_g$) havoning minimal G_{Ber} sarfi nazariy jihatdan olganda quyidagicha bo'ladi.

$$G_{Ber} = \frac{10^3 G_{hash} (w_{tr} - w_g)}{(100 - w_g) \Delta d_k} = \frac{10^3 G_c (w_{hash} - w_g)}{(100 - w_{hash}) \Delta d_k}; \quad (3.20)$$

Quritishning gigroskopik hududida ($w_{tr} < w_r$):

$$G_{Ber} = \frac{10^3 G_{hash} (w_{tr} - w_r)}{(100 - w_r) \Delta d_p} = \frac{10^3 G_c (w_{hash} - w_r)}{(100 - w_{hash}) \Delta d_p}, \quad (3.21)$$

Bu yerda G_{tr} va G_s – tegishli hashakning boshlang'ich va quritilgan holdagi massasi, m; Δd_k va Δd_r – havoning nam yutish hossasi, g/kg quruq havo, 3.12-rasmga asosan; w_{tr} , w_g , w_k - tegishli boshlang'ich, gigroskopik va konditsion namligi, % da.

Konditsion namlikga ega quritilgan hashak olish uchun zarur bo'lgan minimal vaqt faol shamollatish tizimining uzluksiz ish rejimida L_v , (m^3 /soat) nam hashakni quritish davri davomiyligi τ_1 va gigroskopik hududda qo'shimcha quritish davrlaridan τ_2 , (soat) iborat:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2, \quad (3.22)$$

Faol ventilyatsiya tizimidagi havoni hisoblangan sarfini (L_{FSHT}) havo tarqatish tizimini mukammal emasligi tufayli nazariy jihatdan minimal bo'lgan miqdorga nisbatan oshirish kerak bo'ladi. A-ning tajriba koeffitsienti maxsus somonxonalarda $A=1,20 \dots 1,25$ dan alohida saqlanayotgan qurigan hashak uyumlari uchun $A=2,0 \dots 2,5$ gacha bo'ladi.

Aniq misollarda nam havoni *I-d*-diagrammasidan foydalangan holda hashak quritish jarayonini hisoblash metodikasini yoritamiz.

Misol 3.6. Yangi o'rilgan, og'irligi $G_{hash}=45$ m. bo'lgan uyumlarga bir martada uyumlangan quritilishi zarur bo'lgan o'tloqi maysaning boshlang'ich parametrlari quyidagicha: $w_{hash}=40$ %, $t_{hash}=15$ °C. Bunga havoning quyidagi muvozanat namligi $\phi_r=93$ % (1.1b - rasm) to'g'ri keladi.

Atmosfera havosining parametrlari (t ., bu yerda va boshqa joylarda 3.12-rasmdagi nuqtalar raqami):
 $t_{v0}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{v0}=55\text{ \%}$.

I-d-diagramma bo'yicha $d_1=d_{v0}=8,2\text{ g/kg}$ qur.modda, $I_1 = I_{v0} = I_{v0}=40,7\text{ kDj/kg}$, $t_3=15\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $d_3=10,3\text{ g/kg}$. qur.moddani aniqlaymiz. Faol shamollatish tizimi qurilmasi unumdorligi $L_v=70000\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan ventilyator bilan ta'minlangan.

Hashak tomonidan ajratilayotgan biologik issiqlikni hisobga olmagan holda havoning assimilyaslovchi hossasi $\Delta d_a=d_3-d_1=10,3-8,2=2,1\text{ g/kg}$. quruq moddani tashkil qiladi.

Maysaning namligi $25 < w_{xash} < 45\%$ ($w_{xash}^{o'r} = 35\%$) bo'lganda 2.28-rasmdagi ma'lumotlarni hisobga olgan holda nafas olish issiqligi hisobiga 25%atrofida suv bug'lanadi.

O'z-o'zidan qizish issiqligini utilizatsiyasi $\Delta d_k = d_4 - d_1 = 1,25(d_3 - d_1) = 1,25 \cdot 2,1 = 2,62\text{ g/kg}$ qur.moddani tashkil qiladi.

Havodagi namlik miqdori 4-nuqta $d_4 = d_1 + \Delta d_k = 8,2 + 2,62 = 10,82\text{ g/kg}$ qur.moddani tashkil etadi. I-d-diagramma bo'yicha 4-nuqta parametrlarini aniqlaymiz: $t_4 = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_p = 93\text{ \%}$; $I_4=43,7\text{ kDj/kg}$.

Quritish jarayonini yuqori gigroskopiklikka ega hududdan gigroskopik hududga o'tishi $w_{tr} = w_1 \approx 31\text{ \%}$ da amalga oshadi, qurigan hashakning konditsion namligi $w_k = 19\text{ \%}$.

Maysadan namlikni w_{xash} dan w_r gacha assimilyasiyalash uchun zarur bo'lgan havoning minimal sarfi (quritish jarayonining doimiy tezligida) (3.20) bo'yicha $G_{v,sm} = 10^6 \cdot \frac{45(40-31)}{100-31} \cdot 2,62 = 2,24 \cdot 10^6\text{ kg}$ ni tashkil etadi.

Ajralayotgan namlik miqdori (2.46) $G_{nam} = 45 \frac{40-31}{100-31} = 5,79\text{ t}$ ni tashkil qiladi.

Hashakni W_1 dan W_k gacha qo'shimcha ravishda quritish uchun (quritish jarayonining bir me'yorda kamayib boruvchi tezligida) (3.21) – bo'yicha $G_{br} = 2 \cdot 10^6(45 - 5,79)(31 - 19) / (100 - 19) \cdot 2,62 = 4,43 \cdot 10^6\text{ kg}$.ni tashkil etadi.

Konditsion namlikka ega hashak olish uchun talab etilayotgan minimal vaqt (3.22) $\tau = \tau_1 + \tau_2 = 26,6 + 52,7 = 79,3\text{ soat}$ ni tashkil etadi, bu yerda $\tau_1 = 2,24 \cdot 10^6 / 1,2 \cdot 7 \cdot 10^4 = 26,6\text{ soat}$, $\tau_2 = 4,43 \cdot 10^6 / 1,2 \cdot 7 \cdot 10^4$.

Yomg'irlar davrida atmosfera havosini zarur haroratgacha qizdirish darajasi uning $w_{xash} = 40\text{ \%}$ da nam yutish hossasi avvalgidan, ya'ni $\Delta d_g = 2,62\text{ g/kg}$ qur.modda,saqlanib qolganda, I-d-diagrammada quyidagicha aniqlanadi.: namlik miqdori 17-nuqtada: $d_{17} = d_3 + \Delta d_g = 10,3 + 2,62 = 12,92\text{ g/kg}$. qur.modda; $\varphi_{17} = 93\%$; $I_{17} = 51,2\text{ kDj/kg}$; $t_{17} = 18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ biologik issiqlikni hisobga olmagan holda hashak uyumidan chiqayotgan havodagi namlik miqdori $d_{16} = 12,4\text{ g/kg}$ qur.modda, $t_{16} = 18,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{16} = 93\%$; $I_{16} = 49,1\text{ kDj/kg}$.ga teng bo'lar edi. 16-nuqtadan

izoentalpani $d_3 = 10,3 \text{ g/kg}$. qur.modda bilan kesishguncha olib o'tib 15 nuqtani aniqlaymiz:
 $d_{15} = d_3 = 10,3 \text{ g/kg}$ qur.modda; $t_{15} = 23,2^\circ \text{C}$; $I_{15} = 49,1 \text{ kDj/kg}$; $\varphi_{15} = 55 \%$.

Yomg'irlar davrida zarur bo'lgan sun'iy isitish (3.18-bo'yicha) $(t_{15} - t_3) = 23,2 + 15,0 = 38,2^\circ \text{C}$ da $Q_g = (I_{15} - I_3)L_B\rho_B = (49,1 - 40,7) \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 1,2 = 7,05 \cdot 10^5 \text{ kDj/soat}$ ni tashkil etadi.

Agar quritilayotgan maysa namligi gigroskopik namlik qiymatidan ($w_{tr} < w_r$) kam bo'lsa, masalan, $\varphi_p = 65\%$ (14 - nuqta), $d_{14} = d_3 = 10,3 \text{ g/kg}$. qur.modda, $t_{14} = 17,7^\circ \text{C}$, bunda bevosita quritish jarayoniga (3.19) $Q_{g,n} = (I_{15} - I_{14})L_B\rho_B = (49,1 - 45,8) \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 1,2 = 2,77 \cdot 10^5 \text{ kDj/soat}$ = issiqlik sarflanadi. Issiqlikning $Q_{gn} = (I_{14} - I_3)L_B\rho_B = (45,8 - 40,7) \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 1,2 = 4,28 \cdot 10^5 \text{ kDj/soat}$ miqdoridagi qolgan qismi quritilayotgan hashakning namlanib qolishini oldini olish maqsadida havoni nisbiy namligini kamaytirish uchun uni qizdirishga sarflanadi.

Nam havoning I-d- Θ diagrammalaridan foydalangan holda maysani quritish jarayonini nazariy-eksperimental asoslash va hisoblash. Havoning namlik potentsiali $Q(2,55...2,59)$ – bog'liqliklar bo'yicha aniqlanadi. Nam havo parametrlarining ma'lum bog'liklar va namlik potentsiali ikkalasidan foydalangan holda, I-d-0-diagrammaga namlik potentsialining Θ doimiy chiziqlari kiritilib nam havoning I-d- Θ -diagrammasi hosil qilinadi (3.13-rasm). Namlik potentsialini θ sonli shkalasini tuzishda filtr – qog'ozning $t = 20^\circ \text{C}$ haroratdagi muvozanat namlik miqdori qabul qilingan.

M.N.Kucherenko tomonidan I-d- Θ -diagrammaga kiritilgan havo potentsiali qiymatlarini hisoblash bo'yicha analitik bog'liqliklar olingan:

-havoning nisbiy namligi 80 % dan ham bo'lmaganda (3.14-rasm)

$$\theta = 1,244 e^{0,219d} \quad (20 < d \leq 30); \quad (3.23)$$

$$\theta = 6,78e^{0,131d} \quad (0 < d \leq 20); \quad (3.24)$$

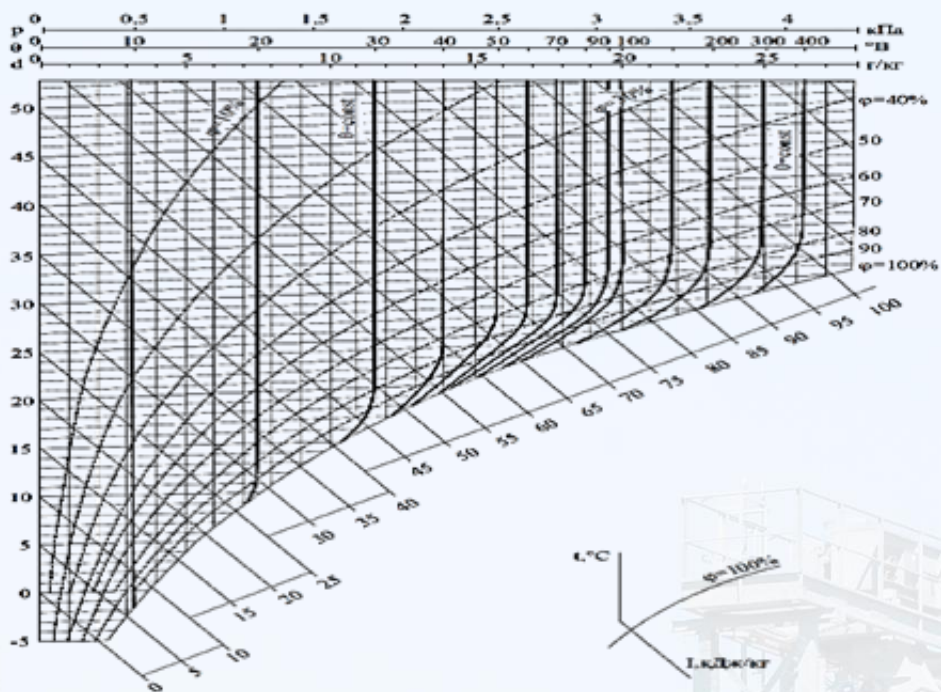
-havoning nisbiy namligi 80 % dan yuqori bo'lganda

$$\lg \theta = 0,096 d + 0,082 \quad (20 < d \leq 30); \quad (3.25)$$

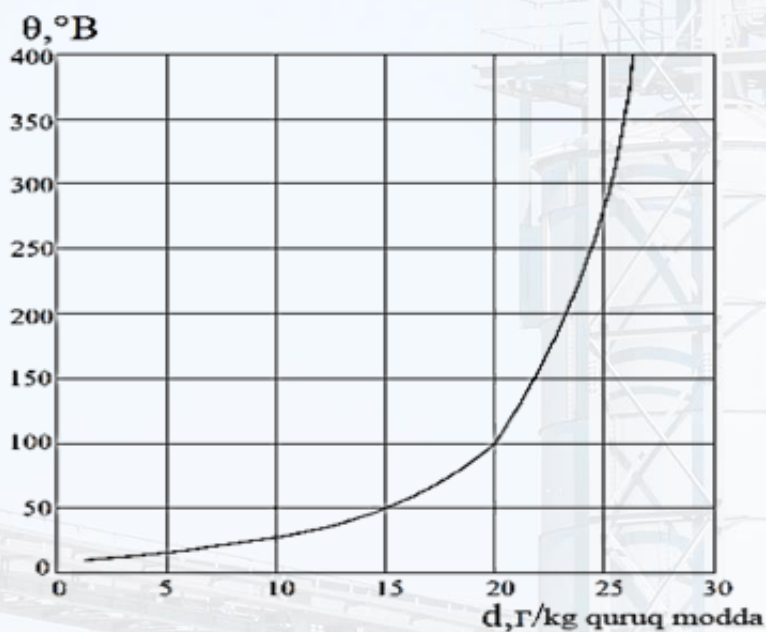
$$\lg \theta = 0,057 d + 0,829 \quad (0 < d \leq 20). \quad (3.26)$$

Umumiy holatda 10 % gacha noaniqlikda:

$$\lg \theta = 0,12 d - 0,049 t + 1,056. \quad (3.27)$$



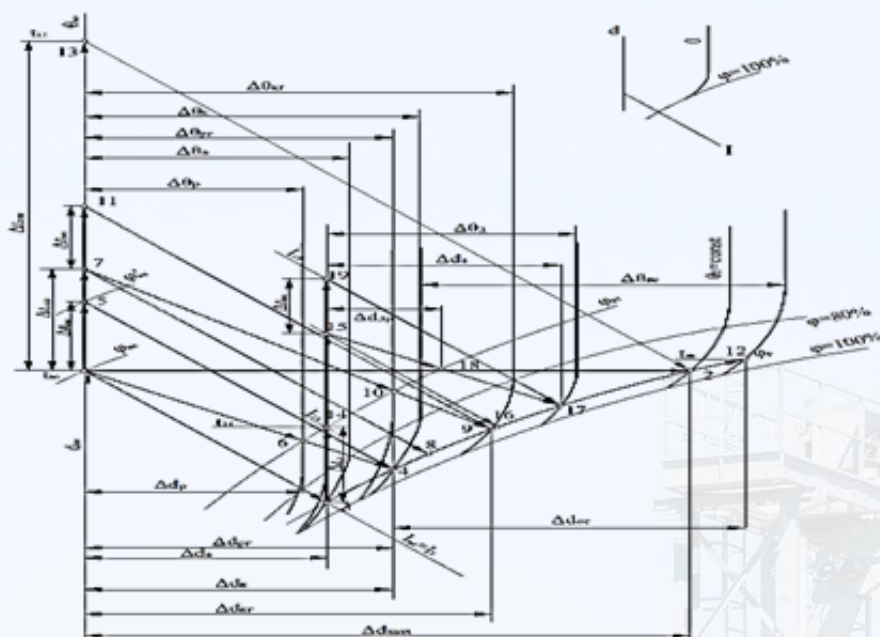
3.13-rasm. Nam havoning I - d - Θ -diagrammasi



3.14-rasm. Havoning namlik potensialini $\theta\varphi_v < 80\%$ havo tarkibidagi namlik miqdoriga bog'liqligi d .

Keltirilgan ma'lumotlar biologik faol xom ashyoni quritishdagi muhandislik hisoblar uchun I - d - Θ -diagrammasini qo'llanish mumkinligi to'g'risida xulosa qilishga imkon beradi. Havo (quritish agenti) va quritilayotgan maysa (quritish ob'ekti) orasida issiqlik-massa almashinishi jarayonlarini 3.15-rasmda keltirilgan I - d - Θ -diagrammada

aks ettirish *I-d*- diagrammada havoga ishlov berish jarayonlarini aks ettirishga o'xshash bo'ladi.



3.15-rasm. I-d- Θ -diagrammada havoga ishlov berish jarayonlari.

Massasi G_{xash} bo'lgan quritilayotgan hashakdan quritish agentiga ajralayotgan namlik miqdori W , g/soat (3.15-rasm, 1-4 jarayonlar) (2.60) ga ko'ra quyidagicha bo'ladi:

$$W = \alpha_\theta(\theta_4 - \theta_1)G_{\text{rp}}, \quad (3.28)$$

bu yerda θ_1 va θ_2 – tegishli quritish jarayonining boshi va oxiridagi havoning namlik potentsiallari.

Qurtilayotgan hashak yuzasiga yaqin bo'lgan qatlamda havo namligining potensiali $\theta_4 = \theta_{yuza}$ massa namligiga va tegishligicha nisbiy namlikga bog'liq: $w_{tr} < w_1$ da $\varphi_{yuza} = \varphi_r$; $w_{tr} > w_r$ da $\varphi_{yuza} \approx 100 \%$. Hashak yuzasining lokal harorati (2.80) – tenglama bo'yicha aniqlanadi.

Korreksiyalovchi qatlamdan chiqishda havoning namlik potentsiali uning V – nuqtadagi parametrlari bilan aniqlanadi (2.19-rasm). V-nuqtadagi potentsial desorbsiya izotermalari bilan ta’riflangan materialning gigroskopik hossalariidan kelib chiqadi yoki (3.23...3.25) bog‘liqlar bo’yicha hisoblanadi.

Asosiy qatlamda 11 (2.17-rasm) namliklarining potentsiali $\Delta\theta$ faqatgina mayssa yuzasi va havo haroratlarining farqi Δt bilan aniqlanadi, chunki havoning nisbiy namligi doimiy bo‘ladi ($\varphi_v = \varphi_r = const$).

Eksperimental tadqiqotlar natijasida olingan ko‘chish koeffitsientining $\alpha\theta$, g/(m·soat·V) grafik bog‘liqligi (2.29-rasm) uning qiymatini 10 % aniqlikgacha analitik usulda aniqlash uchun quyidagi ifodalarni qo‘llashga imkon beradi.

$$\alpha_0 = 8,15t + 363 \quad t < 20^\circ\text{C}; \quad (3.29)$$

$$\alpha_0 = 10,4t + 317 \quad 20 < t < 25^\circ\text{C}; \quad (3.30)$$

$$\alpha_0 = 23,8t - 27 \quad 25 < t < 30^\circ\text{C}. \quad (3.31)$$

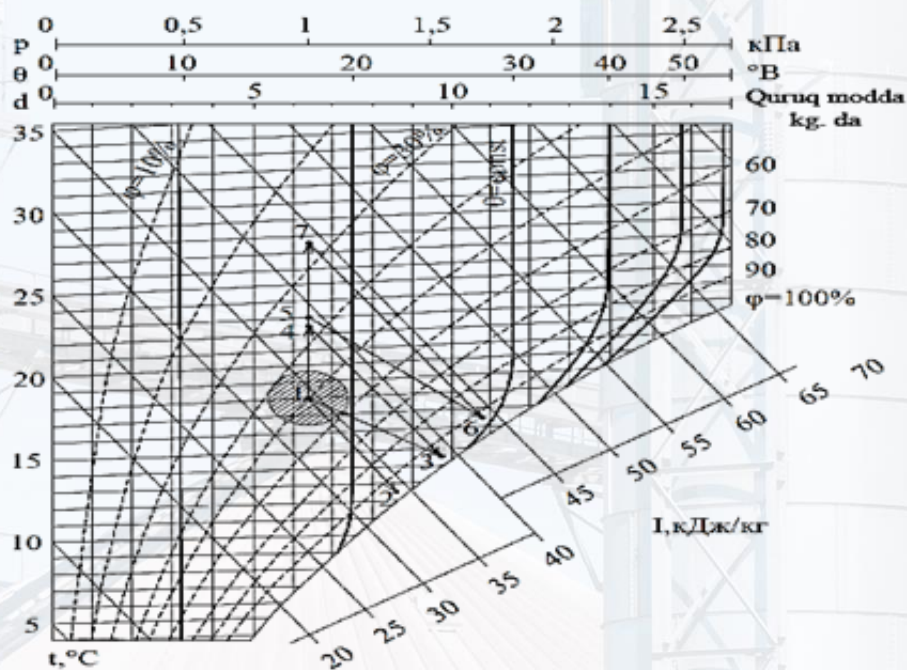
Havo tomonidan yutilgan namlik miqdori quyidagicha

$$W = G_v (d_4 - d_1), \quad (3.32)$$

bu yerda $G_v = L_{ul} G_{tr}$ – hashak havo miqdori, kg/soat; L_{ud} – havoning solishtirma farqi, kg/(t·soat)

(3.27) va (3.31) – ifodalarning tengligi aniq eksperimental sharoitlarda α_0 – koeffitsientini qiymatlarini olishga imkon beradi.

$$\alpha_0 = L_{y\lambda} (d_4 - d_1) / (\theta_4 - \theta_1). \quad (3.33)$$



3.16-rasm. Nam havoning I - d - θ -diagrammasidan foydalangan holda hashaklarni quritish intensivligi va davomiyligini hisoblash.

Nam havoni $I-d$ - Θ -diagrammasidan foydalangan holda quritish jarayonini intensivligi va davomiyligini aniqlashni ishlab chiqilgan metodikasi materialdan bug‘lanayotgan namlik miqdori va havo namligi potensialini qiymatini grafoanalitik usulda aniqlashga imkon beradi(3.16-rasm).

Issiqxonalarda mikroiklim parametrlarini shakllantirishni termodinamik asoslari

Yilning sovuq va o‘tish davrlari. Yilning sovuq va o‘tish davrlarida issiqlikni transmission yo‘qotishlari sezilarli miqdorda bo‘lib, buni shisha yoki plyonkaning kichik termik qarshiligi keltirib chiqaradi. Bunday holatda Farg‘ona viloyati hududidagi issiqxonalarda solishtirma issiqlik kuchlanish 130 W/m^3 ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich shaffof bo‘lmagan to‘siqli binolardagiga nisbatan 5...7 marta ko‘p bo‘ladi.

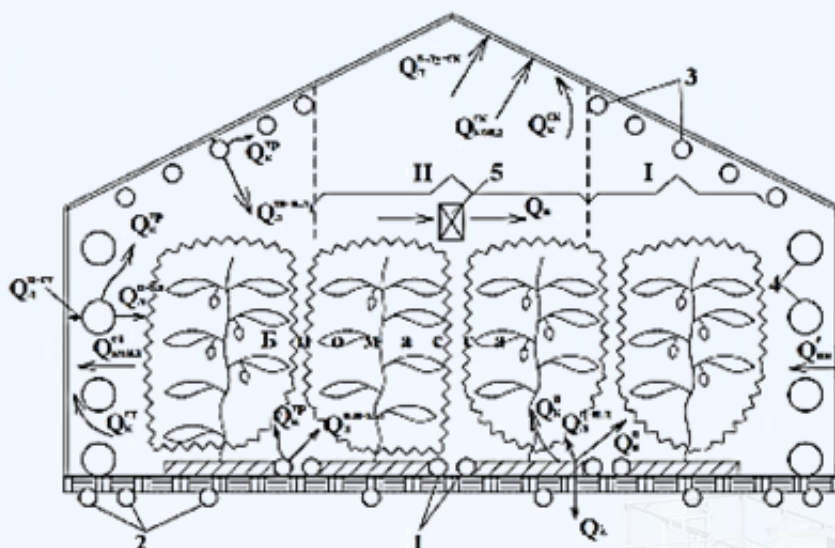
Farg‘ona politexnika instituti olimlari tomonidan ishlab chiqilgan issiqxonalarni isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini aniqlash metodikasida hisob davri uchun issiqlik yo‘qotishlari miqdori maksimal bo‘lgan tungi vaqt qabul qilingan. Issiqxonalarni isitish quvvatini Q_{om} hisoblash tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega (3.17-rasm).

$$Q_{ot} = Q_k^{ck} + Q_k^{ct} + Q_{\lambda}^{m-ck} + Q_{\lambda}^{b,\lambda-ck} + Q_{\lambda}^{u-ct} + \sum Q_{\Pi}^n + Q_{\Pi}^m + Q_{\lambda} + Q'_{in} \quad (3.34)$$

(3.34) da Q_k^{ck} , Q_k^{st} – devor va to‘siqlarning ichki tomoniga yo‘naltirilgan konvektiv issiqlik oqimlari; $Q_l^{v,l-sk}$ – to‘siqlar orasidagi nurlanish issiqlik almashinuvi; Q_u^n , $\sum Q_u^l$ – tuproq va yaproqlar yuzasidan namlikni bug‘lanishi uchun zarur bo‘lgan issiqlik; Q_{λ} – grunt orqali issiqlik yo‘qotishlar; Q'_{in} - infiltratsion havoni isitish uchun sarflangan issiqlik miqdori.

Issiqxonalar suvli tizimlar (3.17-rasm): sokolli qism (Q_y), shatyorli qism (Q_{sh}), tuproq osti qimi (Q_{np}) yordamida isitiladi, shuningdek isitish uchun havoli tizimdan (Q_v) foydalaniladi:

$$Q_{ot} = Q_u + Q_{\Pi} + Q_{in} + Q_{in} + Q_{\lambda} \quad (3.35)$$



3.17-rasm. Issiqxonada qishki vaqtda nurli-konvektiv isitish usulida isitishda issiqlik oqimlarining sxemasi:

1-tuproq usti qatlami; 2-tuproq osti qatlami; 3-shaterli qism; 4-sokolli qism; 5-havoli qatlam;
 Q_k^{tr} – isitish quvurlaridan konveksiya usulida ajralayotgan issiqlik oqimi; Q_l^{sh-v-l} , Q_1^{s-st} , $Q_l^{s-b.l}$ shatyorli isitish quvurlaridan to‘siqlar, yuqorigi yaproqlar tomon va sokolli isitish tizimi quvurlaridan devorlar va yon yaproqlar tomon ajralayotgan nurlanishli issiqlik oqimi; $Q_l^{np-n.l}$, $Q_l^{p.n.l}$ – tuproq usti qatlami isitish tizimi quvurlari va poldan quyi yaproqlar tomon ajralayotgan nurlanish issiqlik oqimi

Elementlar bo‘yicha to‘liq yoki qisman bo‘lgan isitish tizimlarining har birini hisobi adabiyotlarda keltirilgan.

Biz faqatgina inshootlarni mikroiklim parametrlarini ta‘minlash sistemasini ekspluatatsion xarakteristikalarini va energiyaga bo‘lgan talab darajasiga ta‘sir qiluvchi issiqxonalar hajmidagi termodinamik va issiqlik-fizik jarayonlarning xususiyatlarini tahlil qilamiz.

Havoli isitish tizimining quvvati Q_v shamol tezligidan kelib chiqib issiqlikga bo‘lgan umumiy talabni 15...45 % ni tashkil qiladi.

Shatyorli isitish tizimining quvvati Q_{sh} tomdagi qorlarni erishi uchun zarur bo‘lgan sharoitdan aniqlanadi. Tomni isitish uchun sarflangan issiqlik miqdori q_{sk} , Vm/m^2 qor yog‘ish intensivligi R_q $kg/(m^2 \cdot soat)$, harorat t_p , $^{\circ}C$ va tashqi havoning tezligidan V_n , m/s aniqlanadi. Tom yuzasining tashqi haroratini ta‘minlash uchun $\tau_{sk}^n = 0,5$ $^{\circ}C$ quyidagi miqdorda issiqlik uzatish zarur:

$$q_{ck} = 45,6 - 6,83 t_n + (94,5 - 0,7 t_n) P_c + (16,2 - 3,6 t_n) v_n. \quad (3.36)$$

Bunday miqdordagi issiqlikni to'siqlar shatyorli isitish tizimi quvurlari bilan konvektiv va nurlanishli issiqlik almashinish va suv bug'larining kondensatsiyalanishi hisobga olish kerak. Isitishni bunday tizimiga issiqxonani isitish issiqligining 50...70 % to'g'ri keladi. Isitishni *sokolli tizimining* quvvati tahminan yon tomondagi tashqi to'siqlar orqali yo'qotilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi (issiqxonadagi issiqlikni umumiy sarfini 10 % dan 15 % gacha).

Tuproq usti qatlamining isitish tizimining po'lat quvurlaridan ($d_y=40...50$ mm) aravalar uchun rels sifatida ham foydalaniladi. Issiqlik tashuvchining (suvning) harorati $t_n=95$ °C, $t_0=70$ °C.

Tuproq osti isitish tizimining quvvati ($t_r=45$ °C, $t_0=30$ °C) quvurlarning joylashish chuqurligi $h_{tr}=0,4$ m va ular orasidagi masofa $S_{mp}=1,5$ m bo'lganda quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_{nn} = [32,8\lambda_n + 4,27 - (11,5 \lambda_n + 2,9) S_{tp}]F_{nn}, \quad (3.37)$$

bu yerda λ_n - tuproqning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Bm/(m· °C); F_{pp} = issiqxonaning tuproq osti qatlamining isitilish maydoni, m².

Issiqlik oqimlarining intensivligini aniqlash bo'yicha aniq bog'liqliklar tegishli manbalarda keltirilgan.

Konvektiv issiqlik almashinish jarayoni. Konveksiya usulida tashqi to'siqlar, tuproq va yaproqlar tomonidan berilayotgan yoki qabul qilinayotgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q_k = \alpha_k(t - \tau)F. \quad (3.38)$$

Konveksiya koeffitsienti

$$\alpha_k = A m \sqrt[3]{t - \tau}. \quad (3.39)$$

Proporsionallik koeffitsienti $t_v=20$ °C da $A=1,66$ ga va $t_v=0$ °C da $A=1,69$ ga teng m-koeffitsienti issiqlik beruvchi (issiqlik qabul qiluvchi) yuza holati bilan aniqlanadi. Vertikal yuzalar (devorlar, vertikal yaproqlar) uchun $m=1,0$ bo'ladi. Kultivatsion inshootlar issiqlik-texnik hisoblarida tuproq yassi yuza shaklida qabul qilinadi. Gorizontalar yuzalar uchun agar ularning issiq tomoni yuqoriga yoki sovuq tomoni

pastga qaragan bo'lsa $m=1,3$ bo'ladi, aksincha, issiq tomoni pastga va sovuq tomoni yuqoriga qaratilgan bo'lsa $m=0,7$ bo'ladi.

Vertikal va gorizontal yaproqlar uchun yaproqning ikkala tarafidagi konveksiya holidagi issiqlik oqimining yig'indisi quyidagini tashkil qiladi:

$$Q_k^a = 3,32(t_n^a - \tau_n)^{4/3} f_n, \quad (3.40)$$

Qiyaliklar uchun m -koeffitsienti quyidagi nisbat orqali ifodalanadi:

$$m = (\sum F_{ct} + 0,7 \sum F_{ck}) / (\sum F_{ct} + \sum F_{ck}). \quad (3.41)$$

V.M.Garbuz tomonidan tuproqlar yuzasi va plyonkali to'siqlar yuzasi uchun isitiladigan grunt sharoitida quyidagi bog'likliklar olingan:

-tuproq uchun $\tau_w > t_v^n$ da

$$Nu = 0,12 (Gr \cdot Pr)^{0,47}; \quad (3.42)$$

-qiyaliklarning ichki yuzasi uchun, $\alpha = 30^\circ$ va τ_v^{sk} da

$$Nu = 0,0104 (Gr \cdot Pr)^{0,59}. \quad (3.43)$$

Devorlar va tomlarning tashqi tomonlarida majburiy konveksiya kuzatiladi.

YUzaga havo oqimi ko'ndalang yo'nalishda kelganda:

$$Nu = 0,035 Pr^{0,33} Re^{0,8}. \text{ bo'ladi.} \quad (3.44)$$

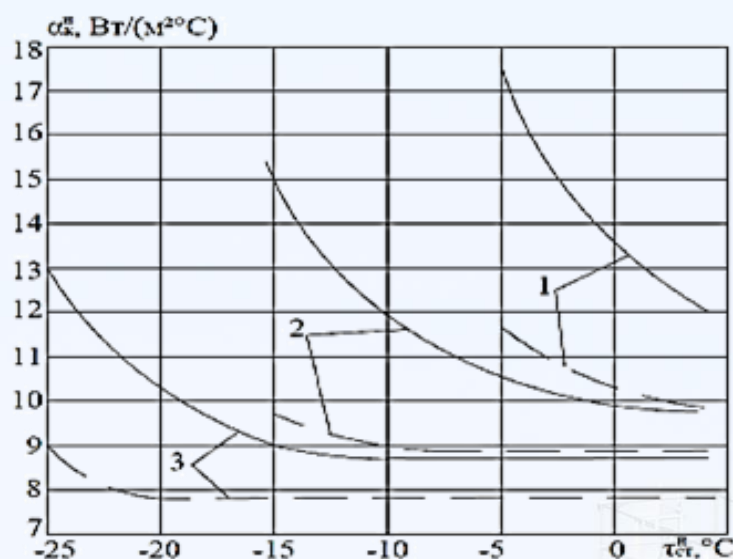
SHamol harakatining yo'nalishi devorga perpendikulyar bo'lganda, issiqlik almashinishi kelayotgan oqim tezligiga bog'liq bo'ladi.

$$\alpha_n^u = 10 \sqrt{v_n}. \quad (3.45)$$

Nurlanishli issiqlik almashinish jarayoni. To'siqlarning tashqi yuzalaridagi nurlanish natijasida ajralayotgan issiqlik miqdorini hsoblashda qo'shimcha ravishda bo'shliqdagi nurlanish samaradorligi hisobga olinadi:

$$q_n^u = \varepsilon_{np} c_o \varphi_{n,o} b(\tau_{ct}^u - t_n) + q_{\phi}. \quad (3.46)$$

(3.46) da kultivatsion inshootlarning yuzalarini harorati tashqi havo haroratiga teng va nurlanish koeffitsienti $\varphi_{no} = 1,0$ deb qabul qilingan. 3.18-rasmda nurlanish usulidagi issiqlik almashinish koeffitsientining issiqxonaning tashqi yuzasi haroratiga bog'liqligi ko'rsatilgan bo'lib, bu bog'liqlik $a_l^n = g_l^n / (\tau_{cm}^n - t_n)$ ifodadan aniqlanadi.



3.18-rasm. Alohida holdagi kultivatsion inshoot uchun $a_l^v = f(\tau_{cn}^n)$ bog‘liqligi: 1,2,3- tegishli tashqi havo haroratlari, $t_n = -10^\circ\text{C}, -20^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$; - bulutlik $n_0 = 0,5da$; ----- - bulutlilik $n_0 = 1,0 da$.

Bug‘lanish va kondensatsiya jarayonlaridagi issiqlik-massa almashinish jarayonlari. Tuproq yuzasidan bug‘lanayotgan namlik miqdori (tuproq namligi $\eta = 0,80 \dots 0,85$) quyidagiga teng:

$$G_n^n = \eta \beta' (b_n^n - b_n^{p.3}) 101,3 F_n / p_6, \quad (3.47)$$

bu yerda b_v^p va $b_v^{r.3}$ – ishchi zonadagi tuproq harorati va tuproq yuzasini 100 % - to‘yinidagi suv bug‘ining konsentratsiyasi, g/m^3 .

Tabiiy konveksiya sharoitida massa almashinish koeffitsienti quyidagi bog‘liqlik orqali ifodalanadi:

$$\beta' = \frac{0,66D}{l} \left(\frac{gl^3}{v^2} \frac{\rho_n^n - \rho_n^{p.3}}{\rho_n^n} \text{Pr}_d \right)^{0,26} \quad (3.48)$$

bu yerda $D=0,0754 \text{ m}^2/\text{soat}$ suv bug‘i uchun diffuziya koeffitsienti; $L=\sqrt{F_n}$ – aniqlovchi o‘lcham; $\text{Pr}_d = 0,61$ – Prandtl diffuzion kriteriysi; $P_v^n = \frac{353}{t_p + 273} \left\{ 1 - \frac{0,378 p_1}{R b} \right\}$ – tuproq yuzasidagi sharoitlar uchun havo zichligi; $P_v^{r.3} = \frac{353}{t_v^{r.3} + 273} \left\{ 1 - \frac{0,378 R n^2}{R b} \right\}$ – ishchi zonadagi havo zichligi; P_{n1} va P_{n2} – suv bug‘larining 100 % - to‘yinidagi va tuproq haroratida yuzadagi va ishchi zonadagi parsial bosimlari.

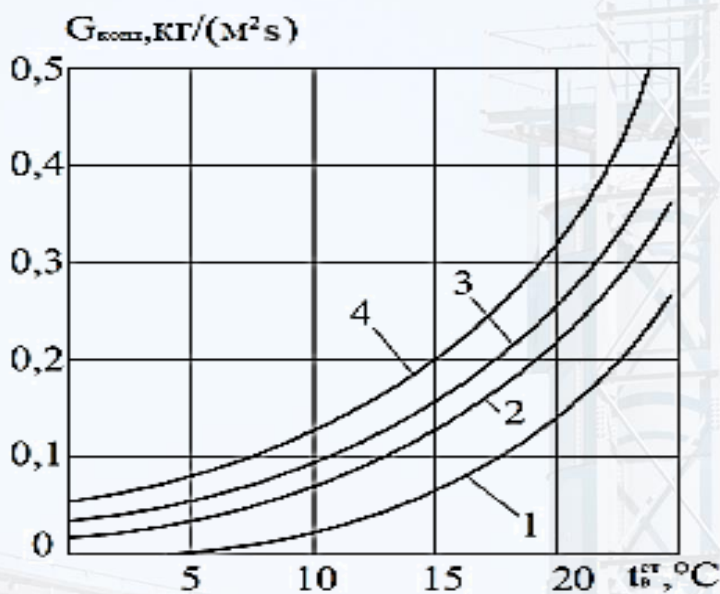
Tuproq yuzasi G_u^n va o'simliklar tomonidan $\sum G_i^l$ bug'lanayotgan namlik miqdori sug'orish uchun sarflanadigan suvning 90 % ni tashkil etadi. Bug'lanish vaqtida bir martalik sug'orishdan so'ng tahminiy bir xillilikni quyidagicha qabul qilamiz.

$$G_u^n + \sum G_i^l \approx 0,9 G_{u,n} / \tau_g, \quad (3.49)$$

bu yerda τ_g - sug'orishlar orasidagi davr, soatda.

Tuproqlar yuzasi va o'simliklardagi bug'lanish jarayonlariga sarflanadigan issiqlik miqdori $Q_n = 0,278 G_u^n$ ma'lum bo'lgan bog'liklik bo'yicha qabul qilinadi.

To'siqlarning ichki yuzalarida kondensatlanayotgan namlik miqdori to'siqlar harorati τ va ular yonidagi muhit parametrlari t_v va ϕ_v larga bog'liq. Yon to'siqning ichki yuzalari kondensatsiyalanayotgan suv bug'larini aniqlash uchun bog'liqlik 3.19 rasmda keltirilgan. Suv bug'larining kondensatsiyalanish natijasida to'siqlar tomonidan qabul qilingan issiqlik miqdori $Q_{kond} = 0,278 G_{kond}^r$ ni tashkil etadi.



3.19-rasm. Yon yuzalarda kondensat hosil bo'lish intensivligini to'siq atrofidagi havo haroratiga bog'liqligi 1 - 0°C da; 2- $(-10)^\circ\text{C}$ da; 3- $(-20)^\circ\text{C}$ da; 4- $(-30)^\circ\text{C}$ da.

Grunt orqali issiqlik yo'qotishlar Q_λ . Ko'rinib turibdiki tuproqni isitish tizimiga ega bo'lmagan issiqxonalarda grunt orqali issiqlik yo'qotishlar 15...17 % ga yuqori bo'ladi. SHuningdek kultivatsion inshootlarning o'ziga xos shartlarini hisobga olgan holda grunt orqali o'tayotgan issiqlik oqimini aniqlash bo'yicha masalani analitik

yechimi, issiqlik oqimini Q va tuproq issiqlik uzatishga qarshi qarshilikni aniqlashga bo'yicha hisoblar ham keltirilgan. Grunt orqali issiqlik yo'qotilishining eng ko'p miqdori yon to'siqlardan 0,4 m gacha bo'lgan masofada kuzatiladi. To'siqlardan 2,0...2,5 m uzoqlikda issiqlik oqimi me'yorlashib, Farg'ona viloyati iqlimiy sharoitlari uchun $6...8 \text{ Vt/m}^2$ ni tashkil qiladi.

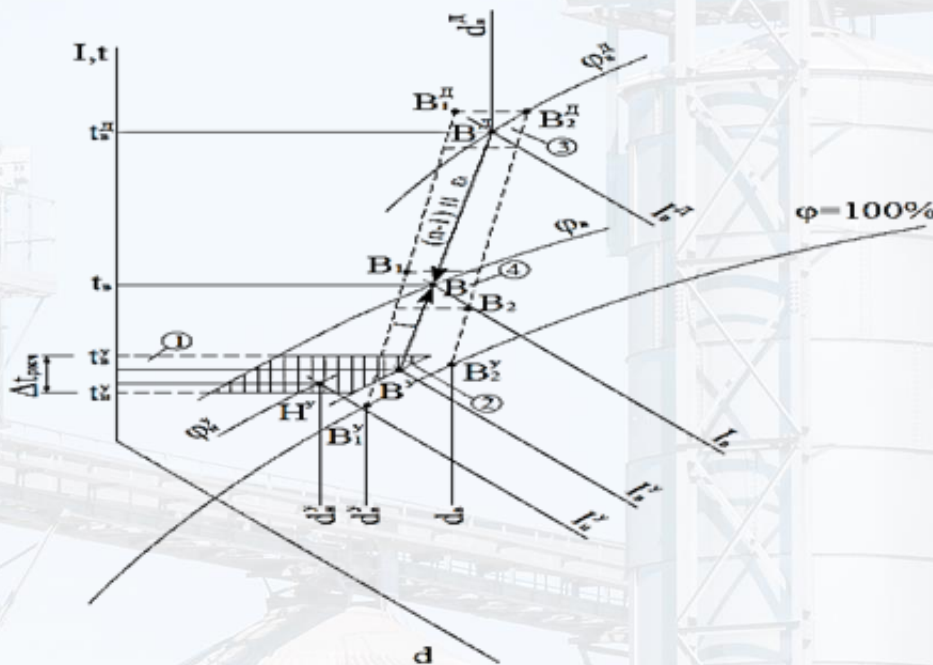
Filtrlovchi havoni isitishdagi issiqlik yo'qotishlar quyidagiga teng.

$$Q'_{\text{fil}} = 0,278 G_{\text{fil}} c_p (t_{\text{p}}^{p-1} - t_{\text{n}}). \quad (3.50)$$

Yilning sovuq vaqtida infiltrlovchi havoni isitish uchun binoni isitishga ketayotgan issiqlikni 30-50 % gacha bo'lgan miqdori sarflanadi.

Yilning issiq faslida issiqxonalar hajmida kechadigan termodinamik jarayonlar.

SHamollatilmaydigan va oyna va framugalari yopiq bo'lgan turli ekinlar o'sayotgan issiqxonada yilning issiq vaqtidagi havo holatini o'zgarish dinamikasi nam havoning *I-d*-diagrammasida ko'rsatilgan (3.20-rasm).



3.20-rasm. Ishlov berilmagan atmosfera havosi bilan sovutishda issiqxonalardagi mikroiklimni o'z-o'zini boshqarish hududi:

1-issiqlonlardagi texnologik haroratlar hududi; tonggotar va tong vaqtidagi haroratlar hududi; 3-havo almashilmaganda maksimal haroratlar hududi; 4-tashqi havo bilan shamollatilganda havoning kuzatilishi mumkin bo'lgan parametrlar hududi.

Tongotar va tong soatlari o'simliklar o'sayotgan issiqxonadagi havo harorati e_v^u tashqi havo haroratiga t_n^u (t.nu) yaqin yoki biroz yuqori, havoning nisbiy namligi $\varphi_v^u \rightarrow 100\%$ (t.V^u) bo'ladi. SHaffof to'siqlarning ichki yuzasida kondensat hosil bo'lishi kuzatiladi. Sutkaning berilgan davrida aniq harorat t_v^u 3.20-rasmda ko'rsatilgan, haroratlar gradientasi Δt past bo'lgan shtrixlangan hududdagi hisoblangan texnologik haroratdan past, teng yoki yuqori bo'lishi mumkin.

$t_v^l, \varphi_v^g, d_v^g, /_v^g$ parametrlarga ega V^D – nuqta kunduzgi vaqtda havo almashinish kuzatilmaydigan issiqxonadagi havo holatini ko'rsatadi. Havo harorati t_v^g quyosh radiatsiyasi hisobiga ko'tarilib, hisoblangan haroratdan sezilarli darajada yuqori bo'ladi. Bunday iqlimiy sharoitlar Farg'ona viloyati hududida aprel oyi o'rtalaridan boshlab kelib chiqadi. Kunning yarmiga yaqin havoning nisbiy namligi φ_v^g biroz pasayadi, lekin tarkibidagi namlik miqdori d_v^g tuproq yuzasidan va o'simliklar tomonidan bug'langan namlik hisobiga olinadi.

Ichki havo parametrlari (n.V) V^u-V^d chizig'ida yotib, bular issiqxonalarning shamollatilmaydigan binolarida havo holati nuqtalarini geometrik holati hisoblanadi.

Havo haroratini pasaytirishni birinchi bosqichida framuga va oynalarni ochish hisobiga shamollatish jarayoni tashkil etiladi. Havo xaroratini yanada pasaytirish uchun texnologik yo'laklar va havo tortuvchi aeratsion shaxtalar ochiladi. So'ngra qo'shimcha ravishda aeratsion shaxtadagi havo tortish ventilyatori ishga tushiriladi.

$V^u - V^d$ chizig'idagi V – nuqtaning holati sutkaning aniq vaqti, η -soni, 1/soat, issiqxonaga atmosfera havosi berilganda havo almashinish jarayoni, biomassani havo almashinmaydigan sharoitdagi kunduzgi vaqtda V^d – nuqta yonida, mikroiklim parametrlarini o'zi boshqarish xossasi, tabiiy havo almashinish sharoitida kunduzgi vaqtda V -nuqta yonida, tongi vaqtda shamollatish uchun framugalarni ochishdan oldin bo'lgan mikroiklim parametrlarini boshqarish hossasiga bog'liq bo'ladi. SHunday qilib $V_1^u - V_1 - V_2^g - V_2 - V_2^u$ – nuqtalari bilan chegaralangan hudud issiqxonadagi atmosfera havosini tabiiy va mexanik havo almashinish va o'simliklar tomonidan boshqarish hisobiga havo holatini termodinamik jarayonlar chegaralarini tavsiflaydi.

Issiqxonadagi havo holati V^u-V^d chiziqda joylashgan nuqtani ($n.V$) aniq joylashuvi havo almashinishlar soni n -ga bog'liq. Havo almashinishlar soni tabiiy ventilyatsiyada $n= 5...10$ I/ soatgacha, mexanik ventilyatsiyalda esa $n=25...30$ I/soatgacha o'zgarib turadi. V -nuqtaning joylashuvi $V^u - V^d$ chiziq bo'ylab $1(p-1)$ nisbatda $V^u -$ nuqta tomon siljiydi.

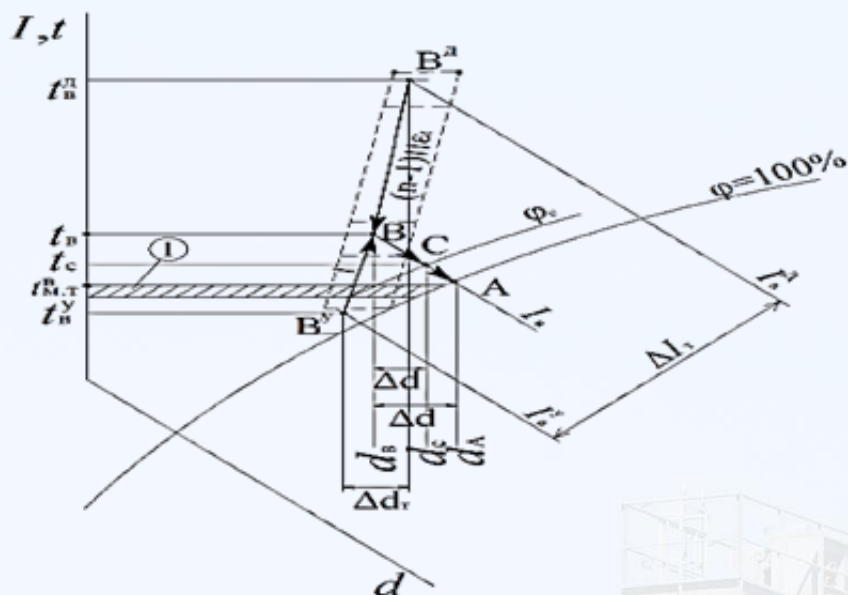
Tashqi havo o'zining sovutuvchanlik hossasini yo'qotgach, issiqxonalardagi havoni sun'iy sovutishga ehtiyoj tug'iladi. Bu davr quyosh radiatsiyasining yig'indisi 450 Vm/m^2 tashkil etuvchi yorug' kunga (Farg'ona viloyati sharoitida may-oktyabr oylariga) to'g'ri keladi.

Biomassali issiqxonada yilning issiq davrida iqtisodiy jihatdan eng tejamkor hisoblanuvchi suv-aerol sovutish tizimining ish faoliyatida havo holatining o'zgarish jarayonlari 3.21-rasmda ko'rsatilgan. Sistema ishga tushirilgach, ya'ni suvni purkash boshlaganda issiqxona hajmida havoning $I_v = \text{const}$ bo'yicha $\varphi_v = 97-98\%$ gacha (3.21-rasmda jarayon shartli ravishda $\varphi_v = 100\%$ gacha ko'rsatilgan) $t_v =$ haroratdan ho'l termometr haroratga adiabatik sovutish jarayoni amalga oshadi. Bir vaqtning o'zida issiqxonadagi namlik miqdori d_v dan d_a gacha ortadi.

Agar issiqxonadagi quyosh radiatsiyasi issiqligi suvli aerol tomchilarini bug'lanishidagi yutilgan issiqlik miqdoridan yuqori bo'lsa, sovutish jarayoni $t_c -$ haroratda, havoning nisbiy namligi φ_s va tarkibidagi namlik d_c da S -nuqtada o'z nihoyasiga etadi.

Havoga suv-aerolli sovutish tizimi bilan ishlov berilgach, harorat issiqxonadagi texnologik haroratlar ($V-A$ nuri) diapazonigacha kamayishi yoki ortishi ($V-S$ nuri) mumkin. Hajmi V_1, M^3 bo'lgan, xavo almashinishlar soni $n -$ bo'lganda issiqxonadagi havoning aniq parametrlari purakalayotgan suv miqdori G_{nam} , kg/saoat sarfidan kelib chiquvchi miqdoriga Δd bog'liq bo'ladi.

$$\Delta d = d_c (d_A) - d_a = 1000 G_{\text{a.v}} / V_1 n \rho_a. \quad (3.51)$$



3.21-rasm. Biomassaga ega issiqxonada havo holatining o'zgarish parametrlari; I-texnologik haroratlar hududi.

Issiqxonaga ortiqcha miqdorda namlik uzatish (havoning $\varphi_v = 100\%$ da va A – nuqtadagi t maksimal namlik yutish hossasidan yuqori) o'simliklarga namlikni tomchi shaklida tushishiga olib keladi, bu esa ularning rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Kunning ikkinchi yarmida quyosh radiatsiyasi intensivligining kamayishida havo haroratining pasayishi kuzatiladi, suv – aerizolli sovutish tizimi ishi to'xtatiladi. Ichki havo parametrlari V-nuqta holatiga o'tadi, bu esa adiabatik sovutish tizimini $I_v = \text{const}$ da ishchi holatga o'tishgacha bo'lgan holatiga to'g'ri keladi. Bu termodinamik jarayonni bo'lishi aniqdir, chunki issiqxonalardagi uskunalarning issiqlik sig'imi juda kichik bo'ladi, o'simliklar esa namlik transpiratsiyasidagi moslashuvchanlik jarayonlari davomida o'z atrofidagi havo parametrlarini o'zlari boshqara oladi.

Kunduzgi vaqtda $E_t = \Delta t / \Delta G_{isp}$ jarayonda nur yo'nalishi qabul qilingan umumiy uslubiyotlar bo'yicha aniqlanadi. Issiqxonadagi to'liq issiqlik ajralishlar ΔI quyosh radiatsiyasi hisobiga keluvchi issiqlik oqimlarini intensivligini inobatga olgan holda hisoblanadi. Issiqxonadagi namlik ajralishlar $\Delta G_{isp} = \Delta d_t \cdot V_t \cdot P_v$ tuproq yuzasidan va o'simliklar tomonidan bug'langan namlik yig'indisidan iborat. Kun davomidagi burchak masshtabi o'zgaruvchan qiymat hisoblanadi, shuning uchun V – nuqtaning I-d-diagrammadagi holati ham o'zgarib turadi. Yozgi vaqtda issiqlik ajralishlar

maksimal bo'lgan davrda Farg'ona viloyati sharoiti uchun $E_t=3700..4800$ kDJ/kg.tashkil etadi.

Yilning issiq davrida issiqxonalarning issiqlik, havo va namlik rejimlari.

Yilning issiq davrida amaliyotga joriy etilgan va ekspluatatsiya qilinayotgan qizib ketishni oldini oluvchi sistemalar qo'llaniluvchi issiqxonalarda ularning hajmi bo'ylab issiqlik balansini tashkil etuvchilarini aniqlashtiramiz. Issiqxonalardagi mikroiklim parametrlarini dinamikasini ta'riflovchi issiqlik, havo va namlik massasi bo'yicha balans tenglamalarni aniqlashtirilgan sistemalari aniqlanadi.

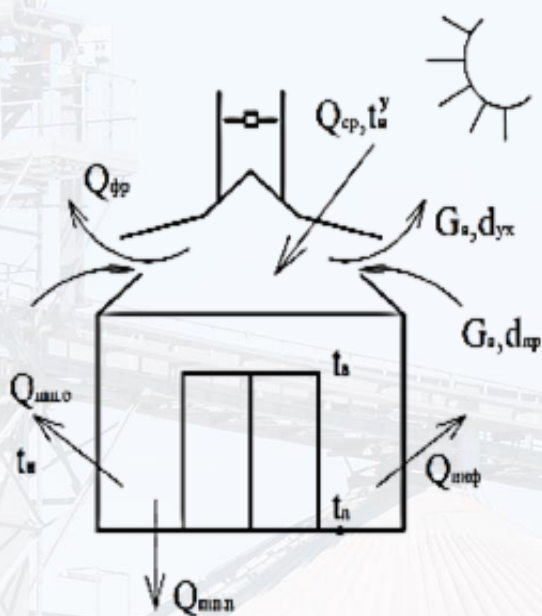
Qizib ketishni to'xtatuvchi kompleks sistemalarda yil davrlari va yorug' kun davomida quyosh radiatsiyasining intensivligi ortganda ularni ayrim elementlarini navbatma-navbat ishga tushirilishi ko'zda tutilgan. Taqdim qilingan sistemaning energetik va iqtisodiy samarasi uzoq vaqt davomida mikroiklim parametrlarini (framugalar, aeratsion shaxtalar va texnologik tirqishlar) passiv (konstruktiv) sistemalaridan foydalanishda va asosiy elementi suv-aerazol sovutish sistemasi bo'lgan sistemani faol elementlarini qisqa muddatga ishga tushirishdan iborat.

To'liq issiqlikning $Q_n=Q_{ya}+Q_{skr}$ oqimlarini sxemasi 3.22...3.27-rasmlarda keltirilgan, bunda yilning issiq davrida mikroiklim parametrlarini ta'minlash va qizib ketishni oldini oluvchi kompleks sistemani eng ko'p tarqalgan oltita ish rejimi keltirilgan.

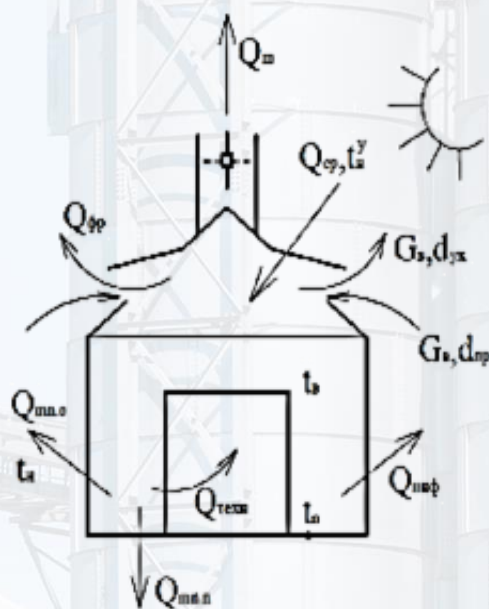
3.22-rasmda *I-rejim-issiqlik oqimlarini sxemalari va rejali shamollatish rejimi* ko'rsatilgan, bunda fortochka framugalari ochiq bo'ladi, 1-rejim uchun xos bo'lgan balans tenglamalar sistemasi quyida keltirilgan.

$$\begin{aligned}
\Sigma Q_n &= Q_{c,p} - Q_{тп,о} - Q_{тп,п} - (Q_{инф} + Q_{фр}) - Q_{скр} = 0; \\
Q_{c,p} &= V_{\tau} n c_{\text{в}} \rho (t_{\text{н}}^y - t_{\text{в}}); \\
Q_{тп,о} &= \Sigma F (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / R_{\text{о}}; \\
Q_{тп,п} &= F_{\text{п}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / R_{\text{о,п}}; \\
Q_{инф} + Q_{фр} &= V_{\tau} n c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}); \\
Q_{скр} &= V_{\tau} n \rho_{\text{в}} (d_{\text{yx}} - d_{\text{np}}) r / 1000; \\
K_{\text{об}}^{\text{сyt}} &= 0,567; K_{\text{об}}^{\text{foa}} = 0.
\end{aligned}
\tag{3.52}$$

3.23-rasmda *II-rejim-faol aeratsiyalash va shamollatish tizimlarini birgalikdagi ish rejimi* keltirilgan: bunda fortotchka framugalari, texnologik tirqishlar va havo tortuvchi aeratsion shaxta ochiq bo'ladi. II-rejim sharoitida havo almashinish framugalar, texnologik tirqishlar G_{texn} orqali havo kirib keladi, havo tortish uchun mo'ljallangan shaxta G_{sh} orqali esa havo chiqarilib yuboriladi. Infiltrlovchi havo G_{inf} miqdori o'zgaruvchan qiymatga ega. SHuning uchun havo balansi umuman olganda issiqxonadagi havo almashinishlar soni bilan ko'rib chiqiladi.



3.22-rasm. Rejalashtirilgan shamollatishda (I-rejim) yilning issiq vaqtida issiqxonadagi issiqlik oqimlarining sxemasi.



3.23-rasm. Rejalashtirilgan shamollatish va faol aeratsiya sistemalarini birgalikdagi ish rejimida issiqxonadagi issiqlik oqimlarining sxemasi.

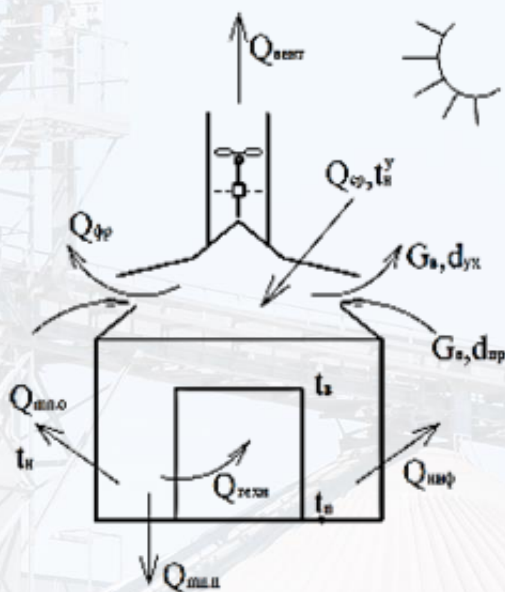
Issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\begin{aligned}\Sigma Q_{\Pi} &= Q_{c.p} - Q_{тп.о} - Q_{тп.п} - (Q_{ш} + Q_{инф}) - Q_{скр} = 0; \\ Q_{ш} + Q_{инф} &= V_{т} n c_{в} \rho_{в} (t_{в} - t_{н}); \\ K_{об}^{сут} &= 0,6; K_{об}^{год} = 0.\end{aligned}\quad (3.53)$$

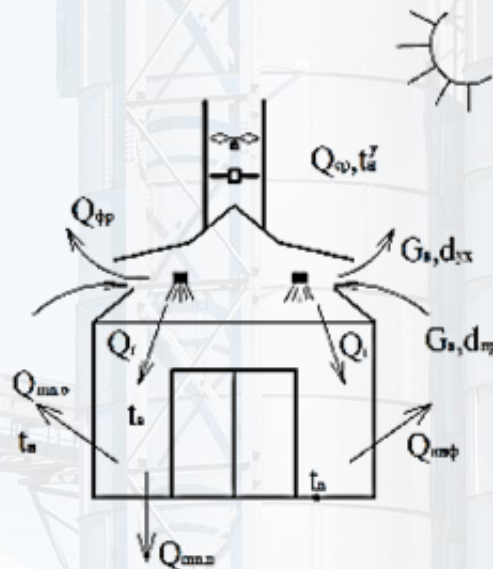
3.24-rasmda *III-rejimdagi issiqlik oqimlarining sxemasi* keltirilgan: fortochka framugalari va texnologik tirqishlar ochiq bo‘ladi, havo tortish shaxtasiga o‘rnatilgan havo tortish ventilyatori ishga tushiriladi. Issiqxonaga havo framugalar G_{fr} va texnologik tirqishlar G_{texn} orqali beriladi va ventilyator G_{vent} va qisman infiltratsiya G_{inf} yo‘li bilan chiqariladi.

$$\begin{aligned}\Sigma Q_{\Pi} &= Q_{c.p} - Q_{тп.о} - Q_{тп.п} - (Q_{вент} + Q_{инф}) - Q_{скр} = 0; \\ Q_{вент} + Q_{инф} &= V_{т} n c_{в} \rho_{в} (t_{в} - t_{н}); \\ K_{об}^{сут} &= 0,63; K_{об}^{год} = 0,05.\end{aligned}\quad (3.54)$$

3.25-rasmda *IV-rejimdagi shamollatish va suv-aerozolli sovutish sistemalarining issiqlik oqimlarining sxemalari* keltirilgan: forsunkalar orqali suv purkaladi, fortochka framugalari ochiq bo‘ladi. Texnologik tirqishlar va havo tortuvchi aeratsion shaxta ochiq bo‘ladi.



3.24-rasm. Yilning issiq davrida shamollatish tizimiga ega mexanik shamollatish rejimida issiqxonalardagi issiqlik oqimi sxemalari (rejimlari).



3.25-rasm. Yilning issiq davrida shamollatishga va mexanik ventilyatsiyaga ega issiqxonalarda issiqlik oqimlarining sxemasi.

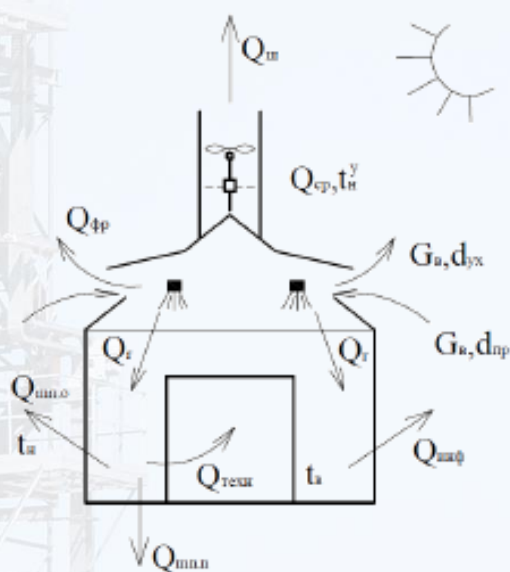
$$\Sigma Q_n = Q_{c.p} - Q_{тп.о} - Q_{тп.п} - (Q_{инф} + Q_{фр}) - Q_{скр} - Q_r = 0; \quad (3.55)$$

$$Q_r = G_{вод} r.$$

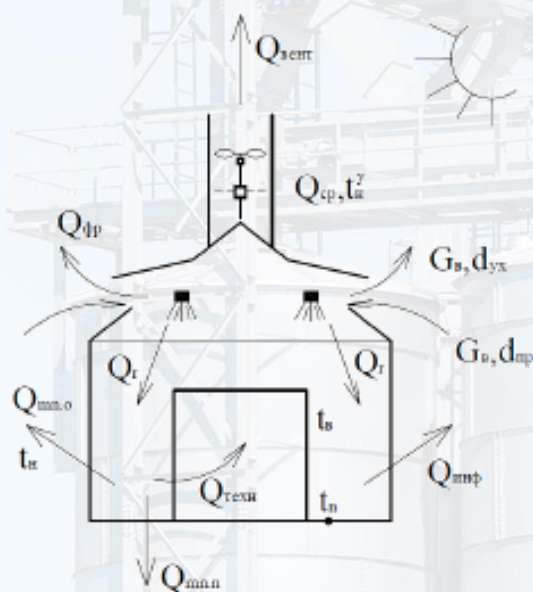
3.26-rasmda suv aerizolli sovutish tizimi, mehanik shamollatish va faol aeratsiya tizimlarini hamkorlikdagi faoliyatini (V-rejim) davridagi issiqlik oqimlarini sxemalari keltirilgan: fortotchka framugalari, texnologik tirqishlar va havo tortish shaxtalari ochiq holatda bo'ladi: havo tortish ventilyatori nafaol holatda bo'ladi. Havo G_{sh} –shaxtasi orqali va infiltratsiya hisobiga chiqariladi. Havoni kelishi esa G_{tex} – texnologik tirqishlar va G_f – framuga orqali amalga oshiriladi.

$$\Sigma Q_n = Q_{c.p} - Q_{тп.о} - Q_{тп.п} - (Q_{ш} + Q_{инф}) - Q_{скр} - Q_r = 0; \quad (3.56)$$

$$K_{об}^{сут} = 0,833; K_{об}^{тод} = 0,25.$$



3.26-rasm. Yilning issiq vaqtida issiqxonada suvli-aerizolli sovutish tizimi, hamkor shamollatish va faol aeratsiyaning birgalikdagi faoliyati vaqtidagi issiqlik oqimlarining sxemasi (V-rejim)



3.27-rasm. Yilning issiq vaqtida issiqxonada suvli-aerizolli sovutish tizimi, shamollatish va mehanik shamollatish tizimlarining birgalikdagi faoliyati vaqtidagi issiqlik oqimlarining sxemasi (VI-rejim)

3.27-rasmda suv aerosol sovutish tizimini, mehanik ventilyatsiya va shamollatish tizimlarini hamkorlikdagi ish faoliyati (VI-rejim) ko'rsatilgan: fortchka framugalari va texnologik tirqishlar ochiq bo'ladi, ventilyatorlar faol holatda bo'ladi. Issiqxonaga havo G_{fr} – framugalar va G_{tex} – texnologik tirqishlar orqali keladi. Havo tortish ventilyatori va qisman G_{inf} -infiltratsiya orqali chiqariladi.

$$\Sigma Q_n = Q_{c.p} - Q_{тп.о} - Q_{тп.п} - (Q_{вент} + Q_{инф}) - Q_{скр} - Q_r = 0; \quad (3.57)$$

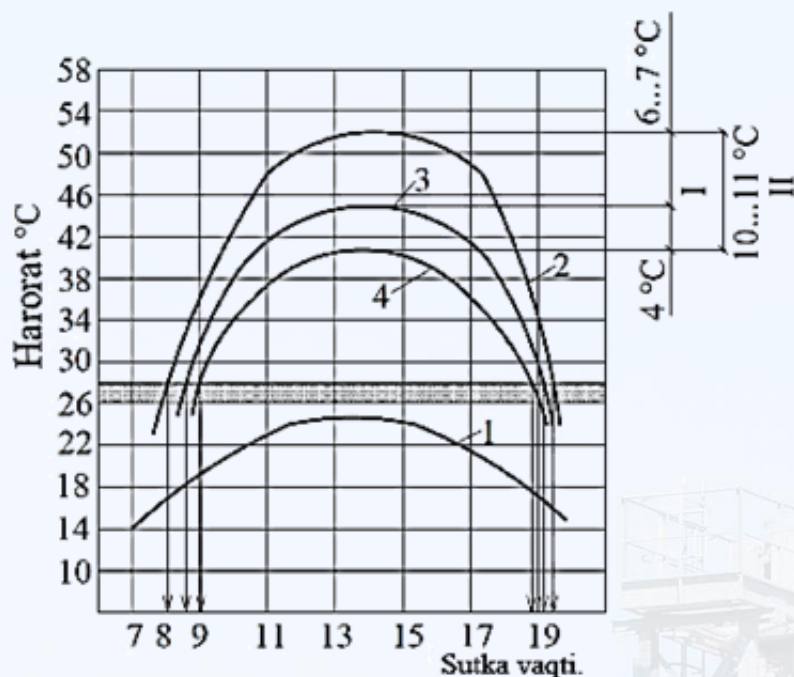
$$K_{об}^{сут} = 1,0; K_{об}^{год} = 1,0.$$

Umumqabul qilinganlardan tashqari 3.22...3.27 rasmlarga shartli belgilar: $Q_{s,r}$ – quyosh radiatsiyasidan issiqxonaga kelayotgan issiqlik oqimi, Vm; V_t – issiqxonadagi havo hajmi, m³; $Q_{tp.o}$ – tashqi to'siqlar orqali issiqlik yo'qotishlar, Vm; $Q_{tp.p}$ – tuproqdagi issiqlik yo'qotishlar, Vm; $(Q_{inf}+Q_{fr})$ – issiqxonaga ochiq framugalar va infiltratsiya hisobiga keluvchi havoni isitish uchun zarur issiqlik sarfi, Vm; Q_{skr} – namlikni bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori, Vm; (Q_m+Q_{fr}) – texnologik tirqishlar va framugalar orqali kelayotgan va aerodinamik shaxta orqali chiqarilayotgan havoni isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori Vm; $(Q_{vent}+Q_{inf})$ – texnologik tirqishlar va framugalar orqali kelayotgan va aeratsiyalash va havo tortish ventilyatorlari orqali chiqarilayotgan havoni isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori, Vm; suv-aerosol sovutish tizimini ishi natijasida hosil bo'lgan suv aerosolini bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori, Vm; suv sarfi G_{suv} , kg/soat.

Bir sutka davomida ($N=24$ soat) qizib ketishni bartaraf etish samaradorligi sifatida sovutish sistemalarini ta'minlanish koeffitsienti K_{um}^{sut} qabul qilingan. Uning qiymati bir sutka davomida issiqxonadagi haroratni hisoblangan haroratga nisbatan oshib ketishiga yo'l qo'yilmaydigan umumiy soatlar:

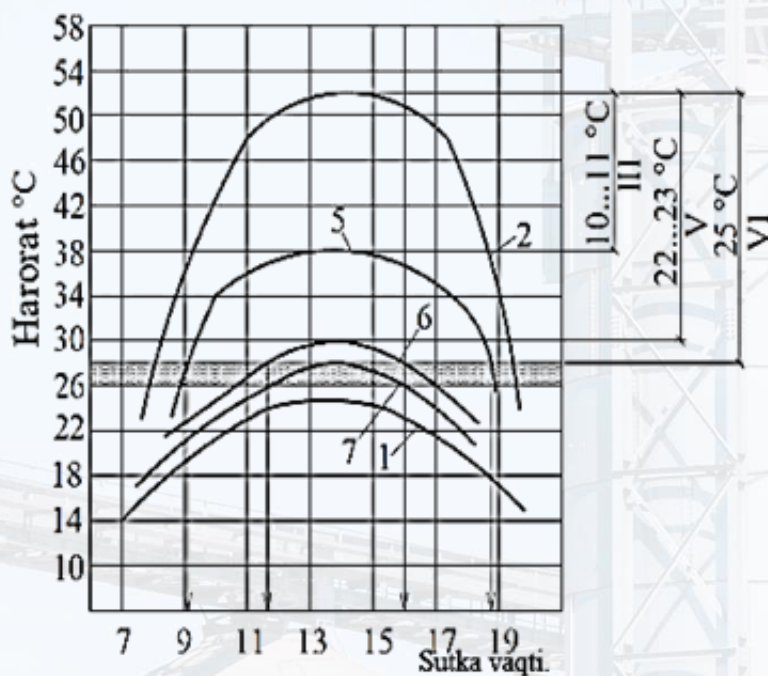
$$K_{об}^{сут} = (N - n)/N, \quad (3.58)$$

bu yerda n – sutka davomida issiqxonadagi havo haroratini oshib ketgan soatlari.



3.28-rasm. Yorug' kun davomida issiqxonadagi havo haroratini o'zgarishi:

1-tashqi havo; 2-qizib ketishni bartaraf etuvchi sistemalar ishlamagan holatidagi ichki havo;
3-rejali shamollatish tizimlari ish holatida (I-rejim); 4-shamollatish va faol aeratsiya tizimlarining
birgalikdagi ish holatida (II-rejim)



3.29-rasm. Yorug' kun davomida issiqxonadagi havo haroratining o'zgarishi; 1,2 – 3.28-rasmga qarang; 5-mexanik shamollatish va rejalashtirilgan shamollatish tizimlarini birgalikdagi ish holatida (III-rejim); 6-suv-aerozoli sovutish va rejalashtirilgan shamollatish tizimlarini birgalikdagi ish holatida (V-rejim); 7-suv-aerozoli sovutish, mexanik shamollatish va rejalashtirilgan shamollatish tizimlarining birgalikdagi ish holatida (VI-rejim).

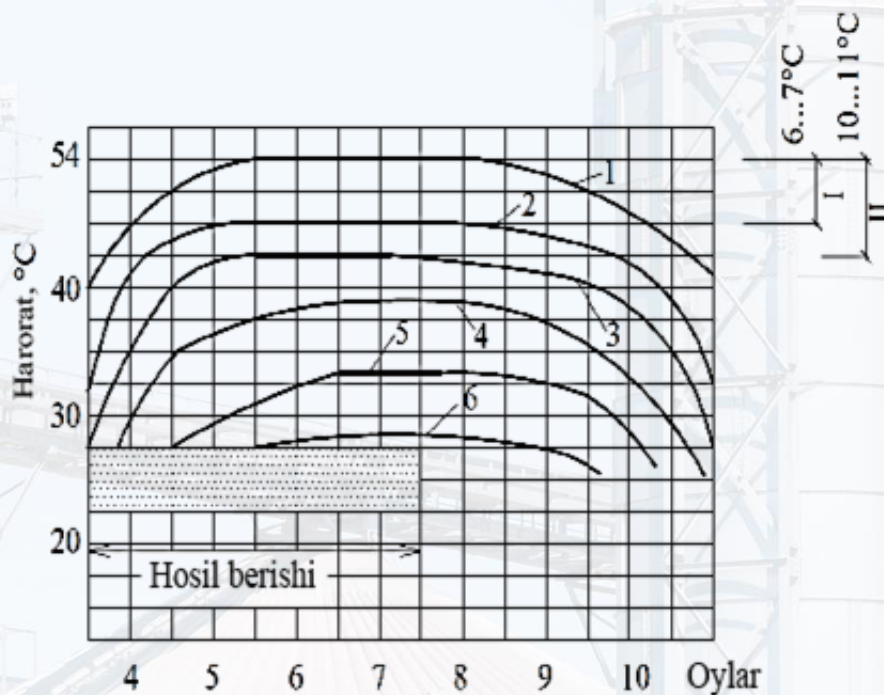
3.28 va 3.29-rasmlarda quyoshli kunning eng issiq vaqtidagi haroratni eksperimental yo‘l bilan olingan umumlashgan holati ko‘rsatilgan. Qoraytirilgan qismi turli ekinlar etishtirish uchun zarur bo‘lgan ichki havoning optimal haroratlar hududini ko‘rsatadi. Qizishini bartaraf etuvchi kompleks sistemani ekspluatatsiya qilishni IV-rejimi mamlakatimiz sharoitida amalda o‘z samarasini ko‘rsatmagan, shuning uchun etarli darajada o‘rganilmagan.

K_{um}^{sut} – qiymatlarini aniqlash natijalari va qizishni bartaraf etuvchi kompleks sistemaning har bir ish rejimidagi harorat pasayishining miqdoriy ko‘rsatkichlari 3.5-jadvalda keltirilgan.

3.5-jadval

K_{um}^{sut} va Δt_v qiymatlari

Ish rejimlari	I	II	III	V	VI
Δt_v , oS	6...7	10...11	14...15	22...23	28 gacha
K	0,567	0,60	0,63	0,833	1,0



3.30-rasm. Ekinlarni hosil berish davrida issiqxonadagi havo haroratining o‘zgarishi: 1-qizib ketishni bartaraf etuvchi sistemalar ish holatida bo‘lmaganda; 2-I-rejim; 3-II-rejim; 4-III-rejim; 5-V-rejim; 6-VI-rejim.

Yillik siklda issiqxonadagi harorat rejimining harorat rejimining ta'minlanganlik darajasi ko'effitsienti yilning 1 apreldan 1 avgustgacha bo'lgan davri oralig'ida aniqlanadi.

$$K_{\text{об}}^{\text{год}} = 1 - (N^{\text{год}} - n^{\text{год}})/N^{\text{год}}. \quad (3.59)$$

Farg'ona viloyati sharoiti uchun ekinlarni (bodring, pomidor) hosil berish davri 160 sutkani tashkil qiladi. Issiqxonalaridagi mikroiklim parametrlarini ushlab turuvchi sistemalarni ish rejimlaridan kelib chiqib fevral-mart oylarida ichki havo parametrlarini ruxsat etilgan haroratni maksimal ko'rsatkichlarida ushlab turish vaqti ($t_v \leq 28^\circ\text{C}$) n^{yil} sut. 3.30-rasmdan aniqlanadi.

3.6-jadval

Foydalanishni yillik siklida rejimlarning ta'minlanganlik darajasi

Kompleks tizimning ish rejimlari	I	II	III	V	VI
Nyillik, sut.	120	120	120	120	120
N yillik, sut.	0	0	6	60	120
Kum, ulushida	0	0	0,05	0,25	1,0

Ekinlarni hosil berish davri uchun yillik siklda rejimlarning ta'minlanganlik ko'effitsientini analitik aniqlash natijalari 3.6-jadvalda keltirilgan.

XULOSA

“Qishloq xo’jaligi mahsulotlarini quritish va saqlash nazariyasi” monografiyasida mualliflar tomonidan turli-tuman issiqlik va namlik ko‘chish jarayonlarini ichidan murakkabligi va kam o‘rganganligi bilan alohida biologik faol sistemalariga to‘xtalib, ulardagi qo‘shma nostatsionar issiqlik-massa ko‘chish jarayonlaridagi mavjud muammolarni yechimini ko‘rsatib berishdi. Mualliflar fikriga ko‘ra hisoblarning yakuniy va eng muhim natijalari issiqlik almashinish apparatlarini takomillashtirish, jumladan issiqxonalaridagi mikroiklim parametrlarini ta’minlash sistemalarining energiyaga bo‘lgan talabini kamaytirish bo‘yicha amaliy miqdoriy natijalar olishga imkon beradi. Issiqlik-massa ko‘chish jarayonlari borasidagi tadqiqotlar ob’ekti qanchalik murakkab va keng qamrovli bo‘lsa, odatda faqatgina intuitsiya va “tajriba va mantiqiy fikrlashga” asoslangan, mos kelmaydigan variantlarni avvaldan aniqlashga va qo‘llamaslikga, shuningdek optimal variantlarni tavsiya qilishga qaratilgan ilmiy usullar shunchalik muhim hisoblanadi. Hozirgi vaqtda texnika va texnologiyalar shunchalik tez o‘zgaradiki, “tajriba” hatto ommalashishga ulgurmaydi, natijada “oddiy fikrlashga” asoslangan usullar muammo yechimini ilmiy jihatdan ishlab chiqilgan usullariga nisbatan samarasiz hisoblanadi.

Quritish va saqlash jarayonlaridagi issiqlik-massa ko‘chish jarayonlarini boshqarish va texnikasini rivojlantirishni samarali yo‘llarini ilmiy asoslash faqatgina quritilayotgan mahsulot va saqlanayotgan barra o‘simlik xom ashyosini asosiy biologik va issiqlik-fizik hossalarni kompleks holda hisobga olmay, mikroiklimni differensial parametrlarini ta’minlash va yaratish qonunlarini yaxshi bilmay turib amalga oshirib bo‘lmaydi. Bu esa binolarni issiqlik-fizik hossalarni va hajmiy-rejaviy yechim yo‘llarini maqbullashtirish yo‘llarini, binolar hajmida issiqlik-massa ko‘chishni nostansionar jarayonlarini dinamikasini, qabul qilingan issiqlik-fizik modelda issiqlik-massa ko‘chishni harakatlantiruvchi kuchini aniqlashni chuqur tadqiq qilish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Adabiyotlarda mavjud bo‘lgan biologik faol sistemalaridagi issiqlik – massa almashinish jarayonlarini hisoblash bo‘yicha tavsiyalar

eskirgan bo‘lib, aniq sharoitlar, iqtisodiy, texnologik, texnik, tashkiliy va ekologik jihatlarini hisobga olmaydi.

Biologik faol sistemalarda, ya’ni dag‘al hashak tayyorlashda hashak misolida uni quritish va barra o‘simlik xom ashyosini saqlashdagi issiqlik va namlik ko‘chishni muvozanat jarayonlarini tahlili keltirilgan. Termodinamik sistema, entropiya, muvozanatni umumiy qonuniyatlari, muvozanatsiz jarayonlarni termodinamik harakatlantiruvchi kuchi va boshqa tushunchalar keng yoritilgan. Biologik xom ashyoni namlik bilan bog‘lanish energiyasi va shakli ko‘rsatilgan, termodinamik muvozanat sharoitida sorbsiya va desorbsiya izotermalarini qo‘llanilish zarurligi, sistemani erkin energiyasining qiymatlari keltirilgan. Quritish va saqlash jarayonlaridagi biologik faol muhitlarni fizik-mexanik, aerodinamik va issiqlik-fizik xarakteristikalarini, jumladan, mahsulotni issiqlik-fizik xossalari va havoli muhit parametrlari batafsil yoritilgan.

Biologik faol sistemalarda issiqlik va namlik ko‘chishidagi issiqlik – fizik hodisalarni o‘rganish mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan o‘z ichiga qatlamdagi tabiiy va majburiy konveksiya sikllarining davriyligi, ishchi muhitning (havoning) iqlimiy parametrlarini, issiqlik va namlik ko‘chish jarayonlari o‘xshash hududlarini o‘z ichiga oluvchi quritish va saqlash jarayonlarini issiqlik-fizik modeliga asoslangan. Barra o‘simlik xom ashyosi uyumlarini saqlashda va quritilayotgan hashak qatlamidagi issiqlik - massa ko‘chishdagi masalalarni aniq yechimlari keltirilgan. Saqlash omborlari va hashak quritish qurilmalarida mikroiklim parametrlarini ta’minlash sistemalarini unumdorligini va ish rejimini hisoblashni muhandislik usullari ishlab chiqildi.

SHartli belgilar:

a-harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ;
b-uyum balandligi bo'ylab harorat gradientasi, s/m ;
c-solishtirma issiqlik sig'imi, $kDj/(kg\ ^0C)$, $Bm\cdot soat/(kg\ ^0C)$;
d-havodagi namlik miqdori, g/kg qur.modda;
diametr, m , sm ;
 g_v –ajralayotgan karbonat angidridning solishtirma miqdori, $g\ CO_2/(m\cdot soat)$
 h -balandlik, m ;
 j , w – havo bilan assimilyasiyalangan namlik massasi, $g/soat$, $kg/soat$
 l -uzunlik, xos o'lchov, m ;
 p -bosim, N/m^2 ; πa ; mm .simob ustuni;
 q_1 -mahsulot nafas olishining solishtirma issiqligi, Bm/m , Bm/m^3 ;
 r -radius, mm , m ; fazaviy o'tishning solishtirma issiqligi, kDj/kg ;
 t, T - harorat, 0C , K ;
 u_f -namlik miqdori, kg/kg ; uyumdagi havo harakatchanligi, m/s ;
 u_f – havoning filtratsion tezligi, m/s ;
 v -havoning harakatchanligi (tezligi), m/s ;
 w -mahsulot namligi, ulushda%;
 D -diffuziya koeffitsienti, m^2/s
 F -maydon, m^2 ;
 G -umumiy massa, m ;
 I -entalpiya, kDj/kg ;
 K_B -ventilyatsiyadan foydalanish koeffitsienti, ulushda;
 L -havo sarfi, $m^3/soat$, havoning solishtirma sarfi, $m^3/(m^2\cdot soat)$;
 Q -issiqlik oqimi, Vm ;
 R -universal gaz doimiysi $R=8314\ Dj/(kmol\cdot K)$;
 S -sistema entropiyasi; Dj/K ;
 U -kuchlanish, V ;
 V -issiqlik berish koeffitsienti, $Vm/(m^2\cdot soat)$;

α_d, α_o – massa almashinish koeffitsienti, $g/(m^2 \cdot \text{soat} \cdot \pi a)$, $g/(m^2 \cdot \text{soat} \cdot V)$;
 β – $1/273$, $1/\text{grad}$. – havoning hajmiy kengayish koeffitsienti;
 ϵ_t – havo holatini oʻzgarish jarayonining issiqlik – namlik xarakteristikasi, kDJ/kg ;
 E_i – mahsulotni “nam” qismi maydonining ulushi;
 θ – namlik potentsiali; V ;
 λ – issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsienti, $W/(m^0C)$;
 μ – kimyoviy potensial, $Dj/kmol$, bugʻ singdiruvchanlik koeffitsienti, $g/(m.s. \pi a)$;
 ν – kinematik qovushoqlik koeffitsienti, m^2/s ;
 ρ – zichlik, kg/m^3 ;
 τ – vaqt, soat, soniya;
 φ – havoning nisbiy namligi, ulushlar, %;

Indekslar:

b-barometrik;
v-ichki, havo;
vk-majburiy konveksiya;
vo-havoning boshlang'ich holati;
g-gigroskopik;
yak-tabiiy konveksiya;
z-muzlash;
i-nurlanish;
k-koeveksiya, uyum (mahsulot) karkasi, konditsion holat;
k o – mahsulotning boshlang'ich holati;
ks- korrektsiyalovchi qatlam;
l – nurlanish;
M.t – xo'l termometr;
n- tashqi, uyum holidagi;
os- asosiy qatlam;
p- to'liq issiqlik;
pov – yuza;
R- muvozanat bosim;
r.z.- ishchi hudud;
s-sorbsion holat, hashak;
sk-yashirin issiqlik;
t-issiqlik o'tkazuvchanlik;
tr-maysa;
e-elektroosmos;
g-anig issiqlik;
d-diffuzion;
t – harorat;
 θ – namlik potentsiali.

Kriterial bog'likliklar

Grasgof (issiqlik almashinish) bog'liqligi: ko'taruvchi kuch va qovushqoq ishqalanish kuchlari orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

$$Gr_t = \beta g l_t^3 \Delta t / \nu^2;$$

Prandtl (issiqlik almashinish) bog'liqligi: haroratlar va tezliklar maydonini o'xshashlik me'yorini bildiradi.

$$Pr_t = \nu / a;$$

Prandtl (diffuzion) bog'liqlik

$$Pr_d = \nu / D;$$

Reley bog'liqligi

$$Ra = Gr_t Pr_t;$$

Nusselt (issiqlik almashinish) bog'liqligi: suyuqlikdan jism yuzasiga issiqlikni konvektiv o'tkazdirish va qalinligi l_0 ($d_{o,rt}$) bo'lgan suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi yordamida issiqlik o'tkazdirishni o'zaro nisbatini ifodalaydi.

$$Nu_t = \alpha_t d_{cp} / \lambda;$$

Nusselt (diffuzion) bog'liqlik:

$$Nu_d = \alpha_d d_{cp} / D;$$

Reynolds bog'liqligi:

inersion kuch va ichki ishqalanish kuchi orasidagi nisbatni ifodalaydi.

$$Re = w_o l_o / \nu;$$

Guxman bog'liqligi T_s va $T_{x,t}$ – quruq va ho'l termometrlar bo'yicha, o'rtacha harorat, K:

$$Gu = (T_c - T_{m,t}) / T_c;$$

Fure bog'liqligi: o'lchovsiz vaqtning fizikaviy mohiyatini ko'rsatadi:

$$Fo = a_k \tau / r^2;$$

Bio bog'liqligi: qattiq jismda harorat maydonini topish uchun foydalaniladi.

$$Bi = \alpha_t r_{cp} / \lambda_k.$$

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati

1. Nazirova R. M., Sulaymonov O. N., Usmonov N. B.//Qishloq xo'jalik mahsulotlarini saqlash omborlari va texnologiyalari// O'quv qo'llanma. Premier Publishing s.r.o. Vienna - 2020. 128 bet.
2. Nazirova R.M., Xamrakulova M.X.,Usmonov N.B. "Moyli ekin urug'larini saqlash va qayta ishlash texnologiyasi"O'quv qo'llanma. Farg'ona – 2020. 240 bet.
3. Биохимическая термодинамика. – М.: Мир, 1982. – 440 с.
4. Oripov R., Sulaymonov I., Umurzoqov E. "Qishloq xo'jalik mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash texnologiyasi". Darslik. Toshkent. "Mehnat". 1991 yil. 296 bet.
5. Abdukarimov D.T., Xushvaqto'v C.X., Umurzaqov E.U. Tamakichilik. T.: "Mehnat". 1985 yil.
6. Imomaliyev A., Zikiryoyev A. "O'simliklar biokimyosi". T: O'qituvchi. 1978 yil.
7. Rasulov A. Sabzavot va poliz mahsulotlarini saqlash. T: "O'zbekiston", 1980.
8. Xlupov V, Kurtov I, Rizayev R. "Meva va uzumni saqlash va quritish". T: O'zbekiston, 1968 yil.
9. Дьяченко В.С. Хранение картофеля, овощей и плодов. М: Агропромиздат, 1988 г.
10. Личко Н.М. Основы стандартизации продукции растениеводства. М: Агропромиздат, 1987 г.
11. Назирова Р.М., Усмонов Н.Б., Тухташев Ф.Э., Сулаймонов Р.И// Влияние температуры хранения на сохранность и химический состав плодоовощного сырья// "Проблемы современной науки и образования" научно-методический журнал. Издательство «Проблемы науки». Москва,2019. № 11 (144). Часть 2 стр 10-12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-temperatury-hraneniya-na-sohrannost-i-himicheskiy-sostav-plodoovoschnogo-syrya>
12. Назирова Р.М., Курбанова У.С., Усмонов Н.Б.// Особенности обработки озоном некоторых видов плодов и овощей для их долгосрочного хранения// Universum: химия и биология: научный журнал. – № 6(72). М., Изд. «МЦНО», 2020. стр 6-9. URL: – <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-obrabotki-ozonom-nekotoryh-vidov-plodov-i-ovoschey-dlya-ih-dolgosrochnogo-hraneniya>
13. Nazirova R.M., Maksudova G.U., Usmonov N.B.//Modern technologies for processing soy and the use of Processing by-products// Novateur publications JournalNX-A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal ISSN No: 2581 – 4230, volume 7, issue 1, Jan. -2021. page 172-175.

<https://www.neliti.com/publications/336289/modern-technologies-for-processing-soy-and-the-use-of-processing-by-products>

14. Nazirova R.M., Akhmadjonova M.M., Usmonov N.B.// Analysis of the state of vine growing and wine making in the republic of uzbekistan// Novateur publications JournalNX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal ISSN No: 2581 – 4230, volume 7, issue 1, Jan. -2021. page 168-171.

<https://www.neliti.com/publications/336288/analysis-of-the-state-of-vine-growing-and-wine-making-in-the-republic-of-uzbekis>

15. Nazirova Rahnaymukhon Mukhtarovna, Akhmadjonova Marhabo Makhmudjonovna, & Usmonov Nodirjon Botiraliyevich. (2021). Analysis of factors determining the export potential of vine and wine growing in the republic of Uzbekistan. Euro-Asia Conferences, 1(1), 313–315.

<http://papers.euroasiaconference.com/index.php/eac/article/view/99>

16. Nazirova R.M., Usmonov N.B., Askarov H.H.// Technology of storing grain in a cooled state// Do desenvolvimento mundial como resultado de realizacoes em ciencia e investigacao cientifica: Colecao de trabalhos cientificos «ΛΟΓΟΣ» com materiais da conferencia cientifico-pratica internacional. vol 1, page 93-95 URL:

<https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/logos/article/view/4923>

17. Nazirova R.M., Usmonov N.B., Bakhtiyorova D// Innovative technologies for grain storage of different crops// Academica an international multidisciplinary research journal. 2020. vol 10.issue 6, june, pages 222-228. URL:

<https://saarj.com/academia-past-issue-2020/>

18. Назирова Р.М., Усмонов Н.Б., Зокиров А.//“Изучение влияния обработки на сохранность плодовоовощного сырья ингибиторами образования этилена”//, научно-теоретический журнал “Вопросы науки и образования” №7 (53), Москва, 2019, стр 13-19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-obrabotki-na-sohrannost-plodoovoschnogo-syrya-ingibitorami-obrazovaniya-etilena/>

19. Назирова Р.М., Усмонов Н.Б., Сулаймонов Р.И.//Изменение химического состава клубней картофеля в процессе хранения// “Проблемы современной науки и образования” научно-методический журнал. Издательство «Проблемы науки». Москва, 2020. № 6 (151). стр 19-22. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-himicheskogo-sostava-klubney-kartofelya-v-protsesse-hraneniya>

20. Nazirova Rahnaymukhon Mukhtarovna, Mamajonov Gaybullo Gayratjon ugli, and Asqarov Hasanboy Kholdoralievich, “Technology of long-term storage of some types of fruits and vegetables using sorbents”, *IEJRD - International*

21. Триснятский Л.А., Лесик Б.В., Курдина В.И. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. М: Колос, 1987 г.
22. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.
23. Бодров В.И. Хранение картофеля и овощей: Инженерные методы создания и поддержания технологического микроклимата. – Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1985. – 220 с.
24. Бодров В.И., Бодров М.В., Ионычев Е.Г., Кучеренко М.Н. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. – Н. Новгород: Издательство ННГАСУ, 2008. – 623 с.
25. Бодров В.И., Бодров М.В., Кучеренко М.Н., Юдинцев А.А. Системы активной вентиляции для сушки биологически активного сырья. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2010. – 148 с.
26. Валушис В.Ю. Основы высокотемпературной сушки кормов. – М.: Колос, 1977. – 304 с.
27. Волкинд И.Л. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. – М.: Колос, 1981. – 223 с.
28. Волков М.А. Тепло- и массообменные процессы при хранении пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 272 с.
29. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
30. Гинзбург А.С. и др. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и материалов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 223 с.
31. Главачка В. Определение коэффициента теплообмена в слое шариков квазистационарным циклическим методом // ИФЖ, 1975, т. XXVIII, №4. – С. 604...608.
32. Егiazаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов. – М.: Стройиздат, 1981. – 239 с.
33. Жадан В.З. Влагообмен в плодовоовоще хранилищах. – М.: Агропромиздат, 1985. – 197 с.
34. Жадан В.З. Теплофизические основы хранения сочного растительного сырья на пищевых предприятиях. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 238 с.
35. Кришер О. Научные основы техники сушки. – М.: И.Л., 1961. – 539 с.
36. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1986. – 471 с.

37. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.
38. Любарский В.М. и др. Активное вентилирование сельскохозяйственных продуктов. – М.: Колос, 1972. – 152 с.
39. Мальтри В., Петке Э., Шнайдер Б. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения. – М.: Машиностроение, 1979. – 526 с.
40. Метлицкий Л.В. Биохимия плодов и овощей. – М.: Экономика, 1970. – 272 с.
41. Николаев Л.А. Основы физической химии биологических процессов. – М.: Высшая школа, 1971. – 238 с.
42. Уотсон С.Дж, Нэш М.Дж. Приготовление и использование сена и силоса. – М.: Колос, 1964. – 664 с.
43. Фальковский И.М. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1954. – 403 с.
44. Физиология сельскохозяйственных растений. Том III. Физиология водообмена растений. Устойчивость организмов. – М.: Изд-во Московского университета, 1970, – 654 с.
45. Харитонов В.П. Адсорбция в кондиционировании на холодильниках для плодов и овощей (теория применения). – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 192 с.
46. Холмквист А.А. Хранение картофеля и овощей. – Л.: Колос, 1972. – 280 с.
47. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.
48. Чуклин С.Г., Чумак И.Г., Файнзимберг В.Ф. Современные холодильники для хранения фруктов. – Кишинев: Картя Молдаваняске, 1970. – 171 с.
49. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.
50. Hunter J.H. A simulation model for potato storage ventilation // ASAE Technical paper №78-4061. – 29 p.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
1-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARIDA ISSIQLIK-NAMLIK KO'CHISHINI MUVOZANAT JARAYONLARI.....	5
Ho'l xashak va qishloq xo'jaligi mahsulotlari uyumlarini termodinamik sistema sifatida tavsifi.....	5
Biologik faol muhitlarni saqlash va quritish jarayonlaridagi fizik-mexanik va issiqlik-fizik jarayon tavsiflari.....	17
2-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARDA ISSIQLIK VA NAMLIK KO'CHISHINING ISSIQLIK-FIZIK HODISALARI.....	24
Issiqlik-massa ko'chishining ayrim masalalarining fizik-matematik ta'rifi va ularning yechimlari.....	24
Issiqlik – massa almashinish masalalarining ayrim yechimlari.....	34
Biologik faol sistemalarda havo holatini belgilovchi jarayonlarni grafik ifodasi.....	50
Biologik faol sistemalarda namlik almashinish intensivligini hisoblashda namlik potensialini termodinamik asoslash.....	57
Namlik potentsiali asosida barra o'simlik xom ashyosining namlik yo'qotilishlarini hisoblash metodikasi.....	61
Quritilayotgan hashak qatlami uyumida namlik potentsiali asosida namlik almashinish intensivligini hisoblash metodikasi.....	68
Tashqi to'siqlar orqali namlik ko'chishini intensivligini hisoblashni o'ziga xos xususiyatlari.....	77
3-BOB. BIOLOGIK FAOL SISTEMALARDA ISSIQLIK-MASSA ALMASHINISH BO'YICHA OLIB BORILGAN NAZARIY-EKSPERIMENTAL TADQIQOTLARNING AMALIY NATIJALARI.....	84
Sabzavot va kartoshka saqlash omborlarida mikroiklimni ta'minlash sistemalarining ish rejimi va unumdorligini hisoblashni issiqlik-fizik asoslari.....	84
Hashak quritish intensivligini hisoblashni grafo-analitik usulining nazariy-eksperimental asoslari.....	100
Issiqxonalarda mikroiklim parametrlarini shakllantirishni termodinamik asoslari.....	109
Xulosa.....	127
Shartli belgilar.....	129
Indekslar.....	131
Kriterial bog'likliklar.....	132
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati.....	133