

ГЕЛИОҚУРИЛМАЛАРДА ИССИҚЛИК ВА МАССА АЛМАШИНУВИ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҲАВО ҲАРОРАТИ ТАБАҚАЛАНИШИ

Б.Э. Хайриддинов¹, С.М. Хужакулов², И.Л. Нейматов³ Э.М.Мейлиев¹

¹Каршинский государственный университет

²Каршинский инженерно-экономический институт

³Шахрисабзский военно-академический лицей “Темурбеклар мактаби”

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11158900>

Аннотация: Ишда гелиоқурилманинг берк ҳажмдаги ҳавонинг иссиқлик масса алмашинуви жараёнлари ва температурали стратификацияси масалалари қурилган. Гелиоқуригичда олинган тажриба маълумотларга асосан унинг баландлиги бўйича ҳаво температурасининг ўзгаришини белгилайдиган корреляцияли ифодаси чиқарилган.

Калит сўзлар: гелиотегица, конвекция, табақаланиш, иссиқлик ва масса алмашинуви, ҳарорат, босим, зичлик, ҳаво намлиги, концентрация, қуригиш материаллари.

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАСООБМЕНА И ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ ВОЗДУХА В СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Аннотация: В работе рассмотрены вопросы тепломассообмена и процессы температурной стратификации воздуха в замкнутом объёме гелиоустановки. На основе опытных данных, полученных в гелиотегице, выведена корреляционная зависимость, определяющая изменение температуры воздуха по её высоте.

Ключевые слова: гелиотегица, конвекция, стратификация, тепломассообмен, температура, давление, плотность, влажность воздуха, концентрация, сушка материалов.

PROCESSES OF HEAT AND MASS EXCHANGE AND AIR TEMPERATURE STRATIFICATION IN SOLAR DEVICES

Abstract: In work questions of temperature stratification of air in the closed volume of solar installation are considered. On the basis of the skilled data received in a solar hothouse, the correlation dependence determining change of temperature of air on its height is deduced.

Keywords: helioteplitsa, convection, stratification, heat and mass exchange, temperature, pressure, density, air humidity, concentration, drying materials.

КИРИШ

Маълумки, ёпиқ ҳажмларда табиий конвекция жараёнларида иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнлари ва муҳитнинг табақаланиши мавжуд [1], камроқ зич қатламлар зичроқ қатламлар устида жойлашганда. Иссиқлик ва масса узатиш жараёнларида ҳам ҳарорат, ҳам концентрацион табақаланиш содир бўлади. Атроф – муҳит ҳароратининг ўзгариши унинг зичлигининг ўзгаришига олиб келади, илиқроқ ҳажм кўтарилади, совуқроқ-пастга. Концентрацион табақаланиш атроф-муҳит концентрациясининг фарқида боғлиқ.

Паст ҳароратли қуёш қурилмаларида (иссиқхоналар, қуригичлар, тузсизлантириш воситалари) деярли ҳар доим ҳарорат табақаланиши мавжуд. Кундузи, изоляция даврида, қуёш радиацияси қурилманинг ички юзларини иситади (тупроқ, тўсиқлар, иссиқхонадаги ўсимликлар, қуригичдаги қуригиш материаллари).

Табиий конвекция орқали иссиқлик ҳаво муҳитига узатилади. Структуранинг ёпиқ ҳажмидаги бу жараёнлар структуранинг баландлиги бўйича ҳавонинг ҳарорат

табақаланишига олиб келади. Кечаси табақаланиш сақланиб қолади, ҳарорат пасайиши билан табақаланиш даражаси пасаяди.

АСОСИЙ ҚИСМ

Табақаланишнинг баъзи бир бузилиши табиий шамоллатиш ва мажбурий шамоллатиш, инфильтрация ва дизайндаги ҳаво эксфильтрацияси туфайли юзага келади. Табиий конвекция яна барқарорлашишга олиб келади. Барқарор табақаланишнинг мавжудлиги шарти атроф-муҳит зичлигининг вертикал равишда пасайиши билан белгиланади:

$$\frac{\partial \rho}{\partial h} < 0. \quad (1)$$

Нам ҳаво, куруқ ҳаво ва ҳаддан ташқари қизиқ кетган буғ (тўйинмаган ҳавода) ёки тўйинган буғ (тўйинган ҳавода) дан ташкил топган идеал газлар аралашмаси сифатида қаралади. Умуман олганда, муҳитнинг нам ҳаво зичлиги ҳарорат функцияси t , босим p ва буғ концентрацияси C :

$$\rho = f(t, p, C). \quad (1a)$$

Гелиоқурилмалар шароитида барометрик босим доимий $p = \text{const}$ сифатида қабул қилинади. Кейин Архимеднинг итариш кучини белгилайдиган зичлик фарқининг иссиқлик узатиш ва концентрациянинг биргаликдаги таъсирига боғлиқлигини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$\Delta \rho = \Delta \rho_t + \Delta \rho_C = \rho_0 \cdot \beta \cdot (t - t_h) + \rho_0 \cdot \beta_C \cdot (C - C_h), \quad (2)$$

Бу ерда $\rho_0 = \rho(t, C)$ – танланган муҳит зичлиги, унга нисбатан сузувчи куч аниқланади, $\rho_h = \rho(t_h, C_h)$ – кўриб чиқиладиган зичлик.

Паст ҳароратли куёш қурилмаларида узатиш жараёнларида t ва C га қараб зичликнинг ўзгариши чизикли деб тахмин қилиш мумкин. Кейин муҳитнинг температура β ва концентрациянинг β_C кенгайиш коэффитсиентлари қуйидаги ифодалар билан аниқланади:

$$\beta_t = -\frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)_{p,C}; \quad \beta_C = -\frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\partial C} \right)_{p,t}. \quad (3)$$

$$\text{Идеал газлар учун} \quad \beta_t = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{273,15} \quad (3a)$$

(3) ва (3a) ифодалардан биз оламиз

$$\beta_C = \frac{1}{C - C_y} \cdot \left(\frac{\rho_0 - \rho_y}{\rho_0} - \frac{t - t_y}{273,15} \right). \quad (3b)$$

Агар ҳавонинг ҳарорати, босими ва нисбий намлиги маълум бўлса, ҳаво зичлиги қуйидаги ифодалар билан аниқланади [2].

$$\rho = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T}; \quad T = 273,15 + t; \quad \mu = 28,95 - 10,93 \frac{\varphi \cdot p_h}{p}; \quad (4)$$

Бу ерда p – барометрик босим, Па; μ – нам ҳавонинг молекуляр массаси, кг/кмоль; $R=8314$ Дж/(кмоль·К) – универсал газ доимийси; φ – нисбий намлик; p_h – тўйинган буғ босими, Па.

$T=303-343$ К ҳарорат оралиғида тўйинганлик босими [3]

$$p_h = 4245,29 \cdot \exp \left[5201,3 \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{T} \right) \right]. \quad (5)$$

Ҳавонинг намлиги x (г/кг) ва буғ концентрацияси C (кг/кг) [3]

$$x = 0,622 \cdot \frac{p_h}{p - p_h}; \quad C = \frac{x}{1000}. \quad (6)$$

(4) ва (5) формулаларга мувофиқ, $\varphi = \text{const}$ ҳарорат ортиши билан ҳаво зичлиги деярли чизикли равишда камаяди (1-расм). Шундай қилиб

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -grad \rho \quad (7)$$

ва Архимед кучи $\frac{\partial \rho}{\partial t} = grad t$ юқорига йўналган;

қачон $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -grad t$ – пастга йўналган.

Т ва р тенг шароитларда қуруқ ҳаво зичлиги сув буғининг зичлигидан каттароқдир. Намлик миқдори ошиши билан ҳаво зичлиги ҳам чизиқли равишда пасаяди (расм. 1.2). Худди шундай (7) ёзилиши мумкин

$$\frac{\partial \rho}{\partial C} = -grad \rho \quad (7a)$$

ва Архимед кучи $\frac{\partial C}{\partial h} = grad C$ юқорига йўналган;

қачон $\frac{\partial C}{\partial h} = -grad C$ – пастга йўналган.

Интервалдаги қуруқ ҳаво зичлигининг ҳарорат градиенти $t = 20 - 70^\circ\text{C}$ таркиби:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -0,0034 - 0,00494 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \quad (8)$$

Интервалда нам ҳаво зичлиги концентрацияси градиенти $C = (10-110)/10^3 \text{ кг/кг}$ ($x = 10-110 \text{ г/кг}$)

таркиби:

$$\frac{\partial \rho}{\partial C} = -\frac{0,00047-0,01}{10^3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right), \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right) \quad (8a)$$

(8) ва (8a) дан кўриниб турибдики, зичликнинг ҳарорат градиенти концентрациядан 10^3 барабар юқори. Шунинг учун нам ҳаво зичлигининг асосий ўзгариши ҳарорат ўзгариши билан белгиланади деб тахмин қилиш мумкин $\rho_h = \rho(t)$. (2) формуладаги амалий ҳисоб-китобларда ҳисобга олинмаслиги мумкин $\Delta \rho_c$.

Шундай қилиб, табақаланишнинг пайдо бўлиши учун қуйидаги шартни бажариш кифоя

$$\frac{\partial \rho}{\partial h} > 0 \quad (9)$$

(1) ва (9) нисбатлар иссиқлик ва масса узатиш жараёнларида табақаланишнинг барқарорлиги шартлари ҳисобланади. Паст ҳароратли қуёш қурилмаларида фақат ҳарорат табақаланишини ҳисобга олиш кифоя. Анъанага кўра, қуёш қуришти заводларида қуришти жараёнларида иссиқлик ва масса узатишни ўрганишда волуметрик модел қўлланилади, бу ерда қуришти камерасидаги параметрларнинг ўртача қийматлари олинади [4,5]. Умуман олганда, назарий жиҳатдан, бу ёндашув қуришти камерасида содир бўладиган жараёнларни тўлиқ акс эттиради.

Аслида, қуришти материаллари аравачалар токчаларида бир неча қатламларда жойлашган (расм. 3). Иссиқлик ва масса узатиш жараёнлари фақат қуришти материалнинг жойлашиш қатлами ҳажмида содир бўлади. Токчалар орасидаги ва аравадан ташқаридаги бўшлиқларда бу жараёнлар мавжуд эмас ва фақат атроф-муҳитнинг табақаланиши барқарорлашади. Табиий конвекция шароитида муҳитнинг табақаланиши материал қатламининг вертикал жойлашишига қараб иссиқлик ва масса узатиш жараёнларига таъсир қилади. Ўз навбатида, иссиқлик ва масса узатиш жараёнлари муҳитнинг табақаланиш табақаланишига таъсир қилади.

Гелиоқуришгичларни ишлатиш тажрибаси шуни кўрсатадики, вертикал табақаланиш энг аниқ ва барқарордир (3,4-расм), структуранинг узунлиги бўйича ҳарорат табақаланишининг бузилиши деярли йўқ, кенглиги бўйича тўсиқлар ва шамоллатиш

тешиклари яқинида ҳарорат табақаланишининг бузилиши кузатилади. Қуритиш жараёнларининг ҳақиқий тавсифи учун қуритиш материалининг қатламли жойлашишини ва муҳитнинг ҳарорат табақаланишини ҳисобга олган ҳолда иссиқлик ва масса узатиш моделига эга бўлиш керак. Бундай моделни амалга ошириш қуритиш шароитларини ва ҳажмий моделнинг етарлилигини, қуритиш жараёнларининг тавсифини аниқроқ аниқлашга имкон беради.

Ҳаво ҳароратининг баландлиги ўзгариши қуйидаги корреляцион боғлиқлик билан ифодаланиши мумкин

$$t_0 = t_m - (t_m \cdot a); \quad t_h = t_0 \exp(b \cdot h) \quad (10)$$

t_0 - ҳаво ҳарорати $h=0$ м; t_m - баландликда ўлчанадиган ўртача ҳаво ҳарорати $h = 1,5 - 1,7$ м; a, b - экспериментал равишда аниқланган коэффитсиентлар.

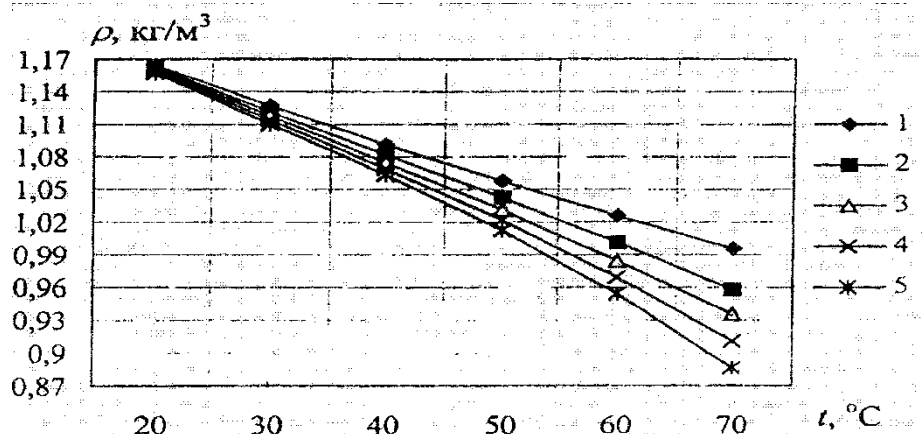
Ўртача экспериментал маълумотларнинг регрессия таҳлили асосида қуйидаги коэффицент қийматлари олинган

$$a = 0,0425; \quad b = 0,029 \quad (10a)$$

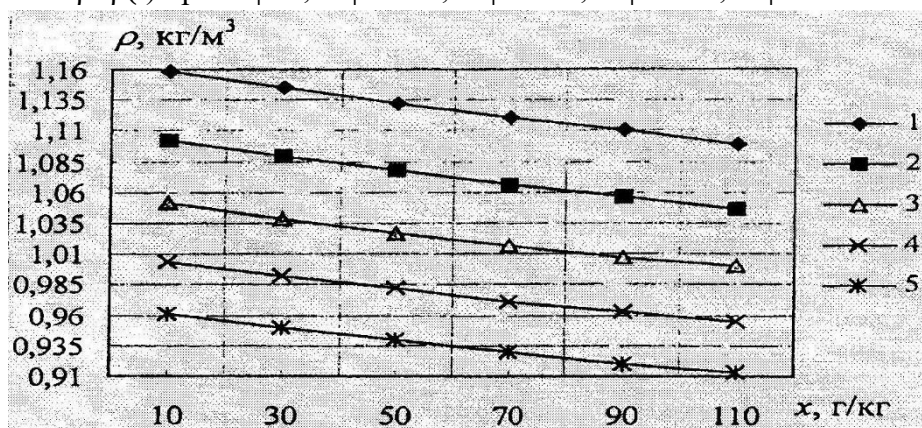
Шундай қилиб, кўп қатламли қуритиш модели билан ҳар бир қатлам учун чегара шартлари қуйидаги шаклга эга бўлади:

$$\begin{aligned} \text{қатламга кираверишда } h_n &= h_i; \quad t_n = t_0 \exp(b \cdot h_n); \\ \text{қатламдан чиқишда } h_k &= h_i + d; \quad t_k = t_0 \exp(b \cdot h_k), \end{aligned} \quad (11)$$

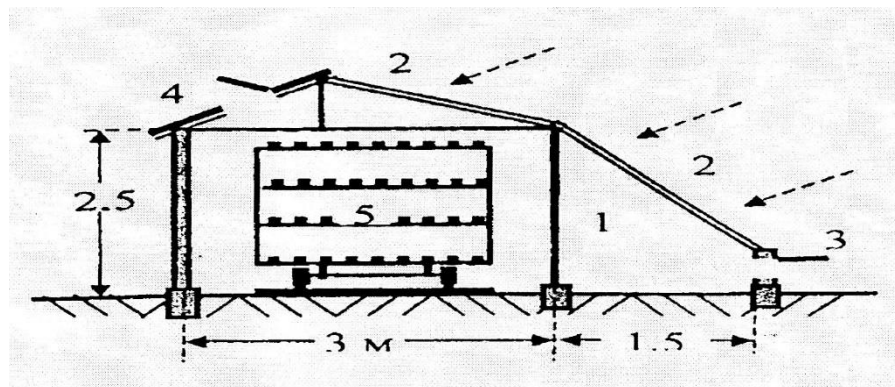
бу ерда h_i – қуритиш материали билан токчанинг баландлиги, м; d – қатлам баландлиги, қуритиш материалининг ўртача эквивалент ҳажми, м.



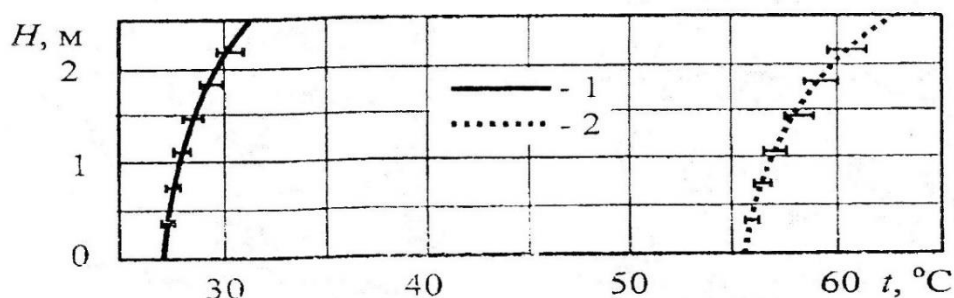
1-расм. Ҳарорат ўзгариши билан ҳаво зичлигининг ўзгариши:
 $\rho = \rho(t)$ при 1- $\varphi=0$; 2- $\varphi=30\%$; 3- $\varphi=50\%$; 4- $\varphi=70\%$; 5- $\varphi=90\%$.



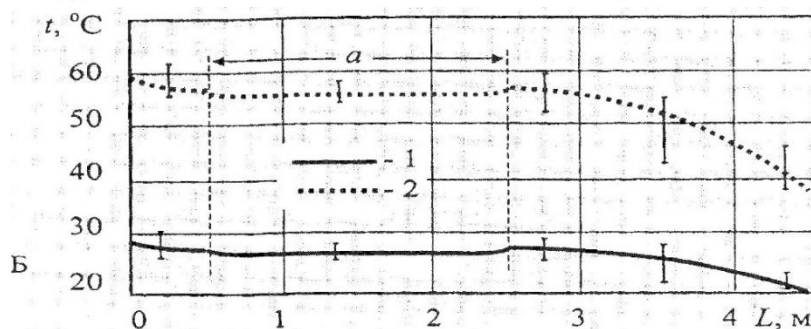
2-расм. Намлик ўзгариши билан ҳаво зичлигининг ўзгариши:
 $\rho = \rho(x)$ при 1- $t=20^\circ\text{C}$; 2- $t=35^\circ\text{C}$; 3- $t=50^\circ\text{C}$; 4- $t=65^\circ\text{C}$; 5- $t=80^\circ\text{C}$



3-расм. Гелио қуритгичнинг схемаси: 1-қуритиш камераси-ҳаво иситгичи, 2-шиша тўсиқ, 3-пастки ва 4 - юқори шамоллатиш тешиклари, 5-қуритиш материаллари билан аравачалар-токчалар



А



Б

4-расм. Гелиоқуритиш қурилмасида ҳаво ҳароратининг ўртача ўзгариши (август): а-масофада баландликда $L=3$ м; Б- узунлиги баландликда $H = 1,6$ м; 1- Минимал соат 6 да; 2- максимал соат 14 да; а- арава - токчалар жойлашган жой.

Адабиётлар

1. Джалурия И. Естественная конвекция./М.: Мир, 1983, 399 с.
2. Крум Д. Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий./М.: Стройиздат, 1980, 395 с.
3. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. /М.: Стройиздат, 1983, 317 с.
4. Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Естественная - конвективная сушка плодов в солнечных сушильных установках: практика и теория. /Т.: Фан, 1999, 378с.
5. Хайриддинов Б.Э., Халимов Г.Г. Нурматова Д.Ж. Математическая модель взаимосвязанного тепло- и массопереноса при конвективной сушке влажного материала при заданном законе изменения температуры теплоносителя. //Научно-технический журнал ФерПИ, 2018, Том 22, №2, С.73-78