

## РЕКУПЕРАТИВ ИССИҚЛИК УТИЛИЗАТОРИ БИЛАН ЖИҲОЗЛАНГАН ҚУЁШЛИ ҲАВО ҚИЗДИРГИЧИНИНГ ИССИҚЛИК БАЛАНСИ

Ш.Х. Эргашев

Қарши давлат техника университети

Ш.Б. Хайридинов

Иқтисодиёт ва педагогика университети

Р.А. Бекмуродова

Қарши давлат университети

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19094700>

**Аннотация:** Мақолада қуйи канал рекуператив иссиқликни ўзлаштиргич сифатида фойдаланилганда ясси икки каналли қуёш ҳаво қиздиргичининг иссиқлик баланси келтирилган. Рекуператив иссиқликни ўзлаштириш ҳисобига қуёш ҳаво қиздиргичининг иссиқлик унумдорлиги оширилади ва қуёш радиацияси бўлмаганда унинг «бекор туриши» бартараф этилади.

**Калит сўзлар:** қуёш энергиясидан иситиш, рекуператив утилизатор, совитиш суви, қуёш энергияси, радиация.

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СОЛНЕЧНОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ УТИЛИЗАТОРОМ ТЕПЛА

**Аннотация:** Рассмотрен тепловой баланс плоского двухканального солнечного воздухонагревателя, нижний канал которого используется как рекуперативный утилизатор тепла отработанного теплоносителя. Рекуперативная утилизация тепла отработанного теплоносителя повышает теплопроизводительность солнечного воздухонагревателя и устраняет его «простои» при отсутствии солнечной радиации.

**Ключевые слова:** солнечный воздухонагреватель, рекуперативный утилизатор, теплоноситель, солнечная радиация.

## THERMAL BALANCE OF A SOLAR AIR HEATER EQUIPPED WITH A RECUPERATIVE HEAT UTILIZER

**Abstract:** The article considers the thermal balance of a flat two-channel solar air heater whose lower channel is used as a recuperative heat utilizer of the spent heat carrier. Recuperative utilization of the heat of the spent heat carrier increases the thermal performance of the solar air heater and eliminates its idle time when solar radiation is absent.

**Keywords:** solar heating, recuperative heat utilizer, cooling water, solar energy, solar radiation.

### KIRISH

Қуёшли ҳаво қиздиргичлари (ҚХҚ) ишлаб чиқариш-технологик камчиликка эга: суткалик узилишлар, об-ҳаво ва мавсумий шароитларда қуёш радиациясининг тушиши ўзгариши уларнинг иш унумдорлигини сезиларли даражада пасайтиради. Қўплаб ҳолларда иссиқлик-технологик жараёнлар узлуксиз, сутка давомида амалга оширилади. Қуёш радиацияси мавжуд бўлмаган шароитларда (тунги вақт, юқори булутлилик) ҚХҚ ишлаб чиқариш циклидан чиқарилади.

Конструктив ва технологик нуқтаи назардан энг мақбул ечим рекуператив усулни қўллаш ҳисобланади. Ушбу усул ҚХҚни рекуператив иссиқлик алмаштиргич – иссиқлик

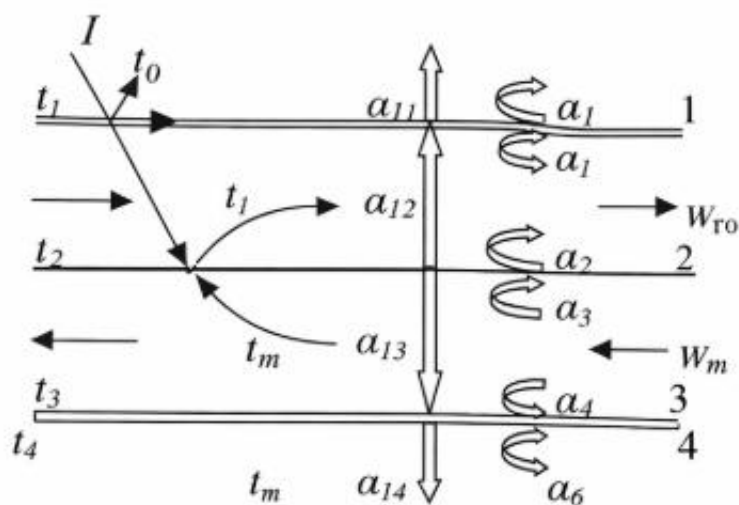
утилизатори (РУИ) билан бирлаштириш имконини беради ҳамда ҚХҚ конструкциясига катта ўзгартишлар киритишни талаб этмайди [1,2].

### MATERIALLAR VA METODLAR

Муаллифлар томонидан турли хил иссиқлик-технологик жараёнларда ҳосил бўладиган ишлатилган иссиқлик ташувчиларининг иссиқлигини утилизация қилиш мақсадида текис икки каналли қуёшли ҳаво қиздиргичидан рекуператив иссиқлик утилизатори сифатида (ҚХҚ-РУИ) фойдаланиш таклиф этилмоқда[3]. Қуёш радиацияси мавжуд бўлган шароитда ҚХҚнинг юқори канали анъанавий қуёшли ҳаво қиздиргич режимида ишлайди. Пастки канал рекуператив иссиқлик алмаштиргич ҳисобланиб, ишлатилган иссиқлик ташувчининг иссиқлигини утилизация қилиш ҳисобига ҳавони қўшимча равишда қиздиришни таъминлайди. Қуёш радиацияси мавжуд бўлмаган ҳолатда ҚХҚ ишлатилган иссиқлик ташувчининг иссиқлигини рекуператив утилизация қилиш режимида ишлайди.

ҚХҚни РУИ билан бирлаштириш ҚХҚнинг иссиқлик ишлаб чиқариш қувватини оширади ҳамда қуёш радиацияси мавжуд бўлмаган шароитда унинг «бекор туриш» ҳолатини баргараф этишни таъминлайди. Амалиётга йўналтирилган тадқиқот вазифаси ҚХҚ-РУИ иш режимларини иссиқлик жиҳатидан асослашдан иборат [4,5].

ҚХҚ-РУИнинг эни  $b = 1$  м, узунлиги  $L = 5$  м бўлиб, юқори қисми 1 – ойна билан қопланган. Туб қисми 3 ва ойна 1 орасига қорайтирилган иссиқлик алмаштиргич 2 ўрнатилган (1-расм). Ойна қопламаси 1 ва иссиқлик алмаштиргич 2 юқори канални ҳосил қилади, унинг баландлиги  $h_b = 0,1$ м бўлиб, ушбу канал бўйлаб қиздирилаётган ҳаво ҳаракатланади. Иссиқлик алмаштиргич 2 ва туб қисми 3 эса пастки канални ҳосил қилади, унинг баландлиги  $h_m = 0,1$ м бўлиб, ушбу канал бўйлаб совитилаётган ишлатилган иссиқлик ташувчи ҳаракатланади. Иссиқлик қабул қилгич (теплоприёмник) ўтган қуёш радиациясини ютиб олади, қизийди ва ўз юзаси билан бевосита контактда ҳаракатланаётган ҳаво оқимиغا иссиқлик узатади. Пастки канал бўйлаб ишлатилган иссиқлик ташувчи ҳаракатланади. Иссиқлик ташувчи сифатида технологик жараёнда ишлатилган иссиқ ҳаво ёки ёқилғи ёниш маҳсулотлари хизмат қилиши мумкин. Иссиқлик қабул қилгич 2 орқали иссиқлик ташувчининг иссиқлиги юқори канал бўйлаб ҳаракатланаётган ҳавога узатилади.



1-расм. Рекуператив иссиқлик утилизаторига эга қуёшли ҳаво қиздиргичининг иссиқлик баланси схемаси:

1 – ойна; 2 – иссиқлик қабул қилгич; 3 ва 4 – туб қисми.

Юқори ва пастки каналлардаги оқимлар ҳаракати қарши оқимли (противотокли) деб қабул қилинган, чунки рекуператив иссиқлик алмашинувда қарши оқимли схема энг самарали ҳисобланади [5].

### NATIJALAR

ҚХҚ-РУИнинг иссиқлик баланси қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$Q_{np} + Q_m = Q_{nl} + Q_{mn} \quad (1)$$

Инсоляция мавжуд бўлмаган ҳолатда

$$Q_m = Q_{nl} + Q_{mn} \quad (1a)$$

ҚХҚ-РУИга ўтган жами радиация

$$Q_{np} = F_l \tau \kappa_1 I \quad (2)$$

Пастки канал бўйлаб ҳаракатланаётган ишлатилган иссиқлик ташувчи томонидан узатиладиган иссиқлик

$$Q_m = G_m C_m (t_{m0} - t_{ml}); \quad (3)$$

Юқори канал бўйлаб ҳаракатланаётган ташқи ҳавони қиздиришга сарфланадиган иссиқлик фойдали иссиқлик сифатида баҳоланади. Мазкур иссиқлик қуёш радиациясини ҳамда ишлатилган иссиқлик ташувчининг иссиқлигини утилизация қилиш натижасида ҳосил қилинади.

$$Q_{nn} = G_0 C_0 (t_{0l} - t_m); \quad (4)$$

Юқори канал бўйлаб ҳаракатланаётган ҳавонинг ўртача массавий ҳарорати  $t_v$  ва пастки канал бўйлаб ҳаракатланаётган иссиқлик ташувчининг ўртача массавий ҳарорати  $t_m$  ўзаро тенг эмас. Шу сабабли юқори ва пастки каналлардаги иссиқлик йўқотишлари алоҳида ҳисобланади.

### MUHOQAMA

ҚХҚ-РУИдаги жами иссиқлик йўқотишлари

$$Q_{mn} = Q_{mm} + Q_{mnn}; \quad (5)$$

Ён деворлар орқали иссиқлик йўқотишларини ҳисоблаш мураккаб масала ҳисобланади [7]. Етарлича юқори даражадаги иссиқлик изоляцияси шароитида ушбу иссиқлик йўқотишлари аҳамиятсиз бўлиб (3...5% дан ошмайди [8]), баҳоловчи ҳисоб-китобларда уларни инобатга олмаслик мумкин [9,11]. Агар ён деворларнинг иссиқлик изоляцияси конструкция туб қисми изоляциясига тенг даражада таъминланса, у ҳолда ён деворлар орқали иссиқлик йўқотишларини туб қисми орқали йўқотишлар билан тенг деб баҳолаш мумкин.

ҚХҚнинг юқори каналидаги иссиқлик йўқотишлари

$$Q_{mmv} = K_v F_1 (t_v - t_m); K = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)(\alpha_2 + \alpha_{12})}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_{11} + \alpha_{12}} \quad (6)$$

Ойна қопламасининг ташқи юзасидан иссиқлик йўқотишлари осмон гумбази билан  $t_o$  ҳароратда нурланиш орқали иссиқлик алмашинув ҳамда атроф-муҳит билан  $t_h$  ҳароратда конвекция орқали иссиқлик алмашинув натижасида юзага келади.

РУИнинг пастки каналидаги иссиқлик йўқотишлари

$$Q_{mnm} = K_m F_3 (t_{mc} - t_m); \quad (7)$$

$$K_m = \frac{(\alpha_s + \alpha_o)(\alpha_1 + \alpha_{14}) + \sum \delta i \lambda (\alpha_5 + \alpha_s)(\alpha_1 + \alpha_{14})}{\alpha_s + \alpha_o + \alpha_1 + \alpha_{14}}$$

Каналларда ҳаво ва иссиқлик ташувчи оқимининг ҳаракат режими турбулент

хисобланади [11,12]. Ўтиш ва ривожланган турбулент оқим соҳасида  $2300 < Re < 10^6$ ,  $0.6 < Pr < 2000$ ,  $0 < d/L < 1$  шартлар бажарилганда иссиқлик бериш коэффициентлари  $\alpha_2 \dots \alpha_5$  Нуссельтнинг модификацияланган тенгламаси орқали аниқланади [12,13].

$$Nu_i = 0,024 Re_i^{0,786} Pr_i^{0,45} [1 + (d_{3i}/L)^{2/3}]; \quad (8)$$

$$Re_i = w_i d_3 / \nu_i; \quad Nu_i = d_3 / \lambda_i; \quad Pr_i = \nu_i / a_i; \quad (8a)$$

бу ерда  $i = 2 \dots 5$  индекси  $\alpha_2, \dots, \alpha_5$  иссиқлик бериш коэффициентларига мос келади.

Юзалар орасида нурланиш орқали иссиқлик бериш коэффициентлари  $\alpha_{ij}, \alpha_{13}$

$$\alpha_{ij} = \sigma(T_i + T_j)(T_i^2 + T_j^2) / (1/\varepsilon_i + 1/\varepsilon_j - 1) \quad (9)$$

Атроф-муҳитга нурланиш орқали иссиқлик бериш коэффициентлари  $\alpha_{11}, \alpha_{14}$  ташқи ҳаво ҳароратига нисбатан аниқланади.

$$\alpha_{11} = \varepsilon_1 \sigma(T_1 + T_0)(T_1^2 + T_0^2); \quad \alpha_{14} = \varepsilon_4 \sigma(T_4 + T_n)(T_4^2 + T_n^2); \quad (10)$$

бу ерда осмон гумбазининг ҳарорати қуйидаги формула орқали аниқланади [13]:

$$T_0 = 0.0552 T_n^{1.5} \quad (10a)$$

Атроф-муҳит билан конвекция орқали иссиқлик бериш коэффициентлари  $\alpha_i, \alpha_0$  шамол тезлигига боғлиқ ҳолда аниқланади [14]. Муаллифлар томонидан қуйидаги корреляцион боғланиш таклиф этилган:

бу ерда:

$w_0 \leq 5$  м/с бўлганда

$$\alpha_i(w_0) = 6,43 + 3,57 w_0$$

$w_0 > 5$  м/с бўлганда

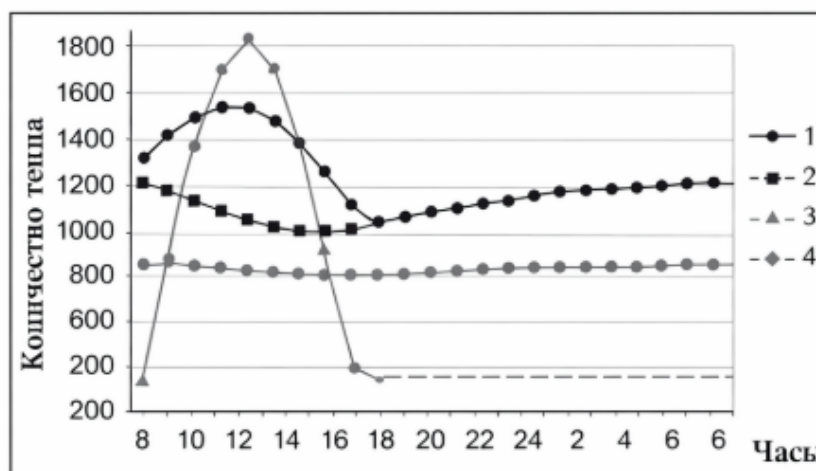
$$\alpha_i(w_0) = 7,7 w_0^{0,71} \quad (11)$$

бу ерда:  $\beta = 90 - \alpha_0; A = 0,25$ .

Ҳаво ва иссиқлик ташувчининг иссиқлик-физик хоссалари  $\nu_i, \lambda_i, a_i$  аниқловчи ҳароратда жадвал қийматлари асосида қабул қилинади. Ушбу ҳароратлар юқори ва пастки каналлардаги ҳаво оқими ҳамда ташқи юзалар учун алоҳида равишда белгиланади:

$$t_{oi} = (t_i - t_b)/2; \quad t_{oi} = (t_i - t_m)/2; \quad t_{oi} = (t_i - t_H)/2 \quad (12)$$

Нам ҳаво ва иссиқлик ташувчининг иссиқлик-физик тавсифлари ҳарорат ўзгаришига боғлиқ ҳолда [13,14] манбалар асосида аниқланади.



2-расм. ҚХҚ-РУИнинг суткалик иссиқлик баланси ўзгариши (Вт)

учун  $L = 5$  м;  $w_b = w_m = 0,3$  м;  $t_m = 80$  °C за 14/1 – 2003 й:

1 –  $Q_{пл}$ ; 2 –  $Q_{пл}$ ; ҳолатда  $I = 0$ ; 3 –  $Q_{пр}$ ; 4 –  $Q_{mn}$

## XULOSA

Ишлатилган иссиқлик ташувчининг иссиқлигини рекуператив утилизация қилиш жараёнлари пахта хом ашёсини қуритиш мисолида қўриб чиқилади. Пахта хом ашёсини барабанли қуритгичларда қуритиш жараёнларида, қуритиш режимларига боғлиқ ҳолда, ишлатилган иссиқлик ташувчи – қуритиш агенти ҳарорати 70...90 °C ни ташкил этади [11]. ҚХҚ-РУИнинг иссиқлик балансини аниқлашда РУИнинг пастки каналига кириб келаётган ишлатилган иссиқлик ташувчининг бошланғич ҳарорати қуйидаги қийматга тенг деб қабул қилинади ( $t_{mo} = 80\text{ °C}$  (2-расм.)

## Adabiyotlar

1. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир. 1977. – 420 с.
2. Bensaci C.E., Moumni A., Labeled A. Experimental investigation on heat transfer coefficient and thermal efficiency of solar air heaters having different baffles Green Energy and Technology (Springer International Publishing), 2020, p. 309–332.
3. Аvezов Р.П., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. – Т.: Фан. 1988. – 288 с.
4. Справочник по теплообменникам. Том 1-2. – М.: Энергоатомиздат. 1987. – 560 с., -352 с.
5. Еганазаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов. – М.: Строиздат. 1981. – 239 с.
6. Викторов М.М. Методы вычислений физико-химических величин и прикладные расчеты. – Л.: Химия. 1977. – 359 с.
7. Ануфриев Л.Н. Теплофизические расчеты сельскохозяйственных производственных зданий. – М.: Строиздат. 1974. – 216 с.
8. Воронец Д., Козин Д. Влажный воздух. Термодинамические свойства и применение. – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 134 с.
9. Werner W., Monika S.D. "Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2020/ Detailed Market Figures 2019" - TEA Solar Heating & Cooling Programme. May 2021, Gleisdorf, Austria – P.74.
10. Ибрагимов И.Х. Қуёш ҳаво коллекторида иссиқлик алмашинув жараёнларини жадаллаштириш усулларини ишлаб чиқиш “Муқобил энергия манбаларидан самарали фойдаланиш муаммолари ва ечимлари” Халқаро илмий-техникавий конференция матриалларини тўплами Қарши-2024 с 440-443
11. Singh A P., Singh O.P. Thermo-hydraulic performance enhancement of convex-concave natural convection solar air heaters Solar Energy.183.2019.-p 146-161
12. Abuska M. Energy and exergy analysis of solar air heater having new design absorber plate with conical surface Appl. Therm. Eng. 131.2018-p. 115-124
13. Patel S.S., Lanjewar A. experimental analysis for augmentation of heat transfer in multiple discrete V. patterns combined with staggered ribs solar air heater. Renew Energy Focus 25. 2018 -p. 31-39
14. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат. 1984. – 738 с.
15. Саттаров Б.Н. Разработка и исследование комбинированного топливно-солнечного источника тепла при сушке хлопка-сырца в барабанных сушилках. Автореферат канд. дисс. – Т.: 2002. – 21 с.