

КУЁШ НУРЛАНИШИНИ КОНЦЕНТРАЦИЯСИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

¹Шеркулов Б.Ғ., ²Файзиев Т.А., ³Хужакулов С.М.

¹Шеркулов Баҳром Ғуломович - катта ўқитувчи, Қарши муҳандислик- иқтисодий институтининг, Қарши ш. Ўзбекистон Республикаси, e-mail: bahrom0119@mail.ru

²Файзиев Тулқун Амирович - т.ф.н., Қарши муҳандислик- иқтисодий институтининг, Қарши ш. Ўзбекистон Республикаси, e-mail: fayziyev.62@inbox.ru

³Хужакулов Сайдулла Мирзаевич - т.ф.ф.д., Қарши муҳандислик- иқтисодий институтининг, Қарши ш. Ўзбекистон Республикаси, e-mail: saidbek1973@mail.ru [ORCID ID 0000-0001-6947-6750](https://orcid.org/0000-0001-6947-6750)

Аннотация: Мақолада бирламчи нурланиш манбаи - Куёшнинг хусусиятларига қараб куёш радиацияси энергиясининг концентрацияси жараёнининг оқими ва оптик энергия тизимлари синфига қиравчи куёш концентрацияси тизимининг хусусиятлари, куёш радиацияси оқимининг зичлигини ошириш учун маълум даражада қайта тақсимланишига оид маълумотлар келтирилган.

Калит сўзлар: *гелиотехника, куёш радиацияси, концентратор, оптик энергия тизими, фотометрия.*

Abstract: The article presents information about the course of the process of concentrating the energy of solar radiation, depending on the properties of the primary source of radiation - the Sun, and the properties of the solar concentration system, which belongs to the class of optical-energy systems and is intended for redistribution at a certain level in order to increase the flux density of solar radiation.

Keywords: *heliotecnics, solar radiation, concentrator, optical-energy system, photometrics*

Куёш нурланиш энергияси, яъни радиация оқими зичлигини ошириш ойнали ёки линзали тизимлар орқали амалга оширилиши мумкин, бироқ кейинги пайтларда ойнали концентрлаш тизимларига асосий эътибор қаратиб келинмоқда, чунки бу тизимларнинг ривожланиши давомида ҳам концентрация жараёнининг умумий принциплари, бевосита сақланиб туради.

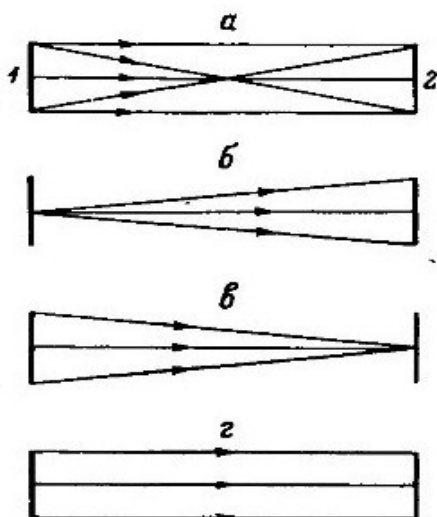
Куёш нурланиш энергиясининг концентрацияланиши - диатермик муҳит билан ажратилган жисмлардан иборат тизимга нур оқимининг узатилишининг хусусий холи ҳисобланади. Ушбу жараённинг содир бўлиши бирламчи нурланиш манбаи – куёшнинг хоссаларидан ҳамда оптик-энергетик тизимлар синфига қиравчи ва куёш нурланиш оқимининг зичлигини ошириш мақсадида маълум сатҳда қайта тақсимлаш учун мўлжалланган гелиотехник концентрлаш тизимининг хусусиятларидан аниқланади. Жараёнда куёшнинг аниқ тасвирини олиш бирламчи масала сифатида қаралмайди. Куёш нурланиш концентратор тизимлари устида назарий тадқиқотлар олиб бориш масаласи, бу тизимлардаги нурланиш оқимининг узатилиш жараёнини тасвирлаш услубини танлашга нисбатан, асосан уларнинг энергетик тавсифномаларини ҳисобланишига боғлиқ [1-9].

Маълумки, оптик тизимларнинг энергетик тавсифномаларини таҳлил қилиш назарий фотометрика усулидан фойдаланиб амалга оширилади [10-12]. Гелиотехник концентрациялаш тизимларини лойиҳалаштиришда фотометрик усулни қўлланиши ҳисобий баҳолаш ишларида юқори аниқликни таъминлаши амалиётда исботланган [13]. Буларнинг барчаси куёш нурланиш оқимини концентрлаш жараёнини тасвирлашда фотометрик ёндошув афзал эканлигига асос бўлиб хизмат қилади.

Назарий фотометрияда нур оқимининг узатилиши ва уларнинг нур алмашинувида иштирок этадиган жисм сиртида ўзаро таъсирлашуви феноменологик нуқтаи назардан кўриб чиқилади. Фотометрик асослар геометрик оптика қонуниятларига деярли мос келади, фақат нур оқими тўлқинсимон юзага нормал бўйича йўналтирилмаган, балки бир-бирини кесувчи йўналишдаги кўплаб оқимлар, яъни кичик кўндаланг кесимли нурларнинг физик боғлами кўринишида бўлади деб қаралади [14]. Бундан ташқари, ораларидан нур тарқаладиган

элементар майдонларнинг характерли ўлчамлари тушадиган нур узунлигига нисбатан кўплаб узун нур тўлқинлари ва майдонлар орасидаги кичик масофаларга эга деб фараз қилинади. Бу фаразларнинг биринчиси фотометрик ёндашув доирасида дифракцион ҳодисаларни ҳисобга олмаслик имконини беради, иккинчи фараз эса нурларнинг физик боғламини тушувчи ёки тарқалувчига алмаштириш имконини беради (1-расм). Бироқ ушбу ҳолатда, тушувчи ёки тарқалувчи нур боғламлари қабул қилгич сатҳида концентрацияланмайди, балки элементар майдон юзалари бўйлаб тарқалиб кетади. Қисқа тушувчи ёки тарқалувчи нур боғламларини ингичка ва параллел йўналган боғламлар билан алмаштириш мумкин (1,г-расм), яъни бундай нур боғлами физик боғламнинг умумий энергиясини узатиши ҳам мумкин [15].

Тизимда нурланиш энергиясини узатиши жараёнини таҳлил қилишда фойдаланиладиган асосий фотометрик катталикларга – вақт бирлиги ичида тушадиган нурланиш оқими сарфини ифодаловчи радиация миқдори ёки нурланиш қуввати Φ_e ; нурланиш кучи $I_e = d\Phi_e/d\omega$, бу ерда $d\omega$ – тушадиган (қайтадиган) нурланиш оқимининг аниқ йўналишда тарқалишини кўрсатувчи элементар ўткир бурчак; нурланиш ёки нурланганлик оқимининг юза бирлигидаги зичлиги $E_e = d\Phi_e/dS$, бу ерда dS – нурланиш оқими тушадиган элементар юза майдони; энергетик ёрқинлик $L_e = d^2\Phi/d\Omega dS \cdot \cos\vartheta$, бу ерда $d\Omega$ - нурланиш нуқтасидан қайтадиган элементар ўткир бурчак, ϑ – нурланиш тарқалиш йўналиши ва dS юза нормали орасидаги бурчак кабилар киради [7,9,14,15].



1-расм. 1 ва 2 элементар юзалар орасида нурланиш оқимининг узатилишини фотометрик тасвири

Элементар ўткир бурчак, нурлантирувчи ва нурланувчи (акслантирувчи) юзалар орасидаги l масофада $d\omega = dS \cdot \cos\vartheta / l^2$ ифодадан аниқланишини ҳисобга олиб асосий фотометрик ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$dE_e = dl \cos \frac{\vartheta}{l^2}. \tag{1}$$

Назарий фотометриканинг асосий қонуни бошқача талқинида dE_e учун ифодани қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$dE_e = L_e \cos \vartheta d\Omega, \tag{2}$$

Агар нур қабул қилгич юзасидаги битта нуқта катта ўлчамли манбадан нурланса, яъни нур узатилиши кўп сонли элементар нурлантиргичлар орқали амалга ошириладиган бўлса, бу нуқтадаги нур оқимининг тўлиқ юзавий зичлиги қуйидагича аниқланади:

$$E_e = \iint_{S_k} dl \cdot \cos\vartheta / l^2, \tag{3}$$

$$E_e = \iint_{\Omega_k} L_e \cdot \cos\vartheta \cdot d\Omega, \tag{4}$$

бу ерда S_k – нур қабул қилиш юза майдони; $d\Omega$ – бутун радиацион (акс этирувчи) сиртни қоплайдиган кўриб чиқиладиган нуқтада учга эга бўлган каттик бурчак.

ҚНЭ тизимида нурий иссиқлик узатиш жараёнини фотометрик усулда ёритиш бўйича тавсифномаларни яқунлаш билан ушбу усулда нур қабул қилувчи юзада кечадиган микро жараёнларни характерловчи махсус физик катталиклар ва функциялардан фойдаланиш талаб этилишини кўрсатиб ўтиш зарур. Қаралаётган концентрация жараёни учун ойна сиртида қуёш нурларининг аксланиш коэффициенти R_s ва нурланиш кучини нур оқими йўналишига нисбатан боғлиқлигидан аниқланадиган нурланиш кучи индикацияси $f(\varphi) = dI(\varphi)/dI(0)$ кабилар шундай катталиклар ҳисобланади. Аксланиш коэффициенти, ойнада ютилиш билан боғлиқ энергия исрофларини, индикация катталиги эса – аксланган нурланишни атроф-муҳитга тарқалишини ҳисобга олади. Ушбу катталиклар учун аниқ формулалар ва миқдорий қийматларга тажрибалар ўтказиш ёки квант нурланиш назарияси асосида эришилади.

Бундан ташқари, ушбу усулдан қуёш нурланишининг интеграллашган оқимлари ва унинг исталган спектрал ташкил этувчиси учун бир хил даражада фойдаланиш мумкин.

Фотометрик ёндошув асосида қуёш нурланиш концентрациясини аниқлаш масаласини шакллантириш учун, энг аввало, тизимнинг барча элементлари учун умумий тушунчаларни шакллантириш зарур. Бунда қуёш – концентрация тизими элементларида ва нур қабул қилиш юзасида аксланадиган бирламчи радиация манбаи ҳисобланади.

Маълумки қуёш – сирти бўйлаб тенг тақсимланган нурланиш зичлигига эга ҳажмий сферик ёруғлик ва иссиқлик радиациясини тарқатиш манбаи ҳисобланади. Бироқ, қуёш ва ер орасидаги узок масофа туфайли ($149597870 \pm 1,6$ км) фотометрик ифодалаш усулида радиация манбаини чексиз узокликда жойлашган дисксимон нурлантргич манба деб, бу манбанинг ҳар бир нуқтасидан концентраторнинг нур қайтариш юзасига айлана конуссимон нур оқими тушади деб қараш мумкин (2-расм) [9,15]. Бу нурлар юза бирлигига тушадиган нуқтасидан қайтувчи кесмаларга эга нур оқимларига айланади. Барча оқимлар ўқи бир-бирига параллел йўналган.

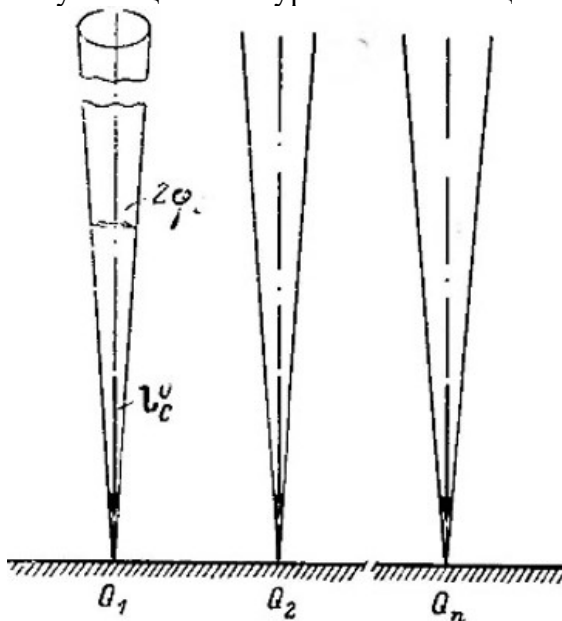
Нур оқимининг $2\varphi_c$ очилиш бурчаги қуёш дискининг бурчак диаметридан аниқланади, яъни $2\varphi_c \approx D_q/L_q$.

Оқимнинг фазавий ҳолати унинг координаталар тизими белгиланган I_q^0 ўқининг бирлик вектори билан характерланади:

$$I_q^0 = l_{qx}^0 \cdot i + l_{qy}^0 \cdot j + l_{qz}^0 \cdot k, \tag{5}$$

бу ерда $l_{qx}^0, l_{qy}^0, l_{qz}^0$ – тўғри бурчакли координаталар тизими ўқида вектор проекциялари.

Оқимдаги нурланиш кучининг кўрсаткичи нурланиш манбаининг фотометрик тавсифномасини асоси бўлиб ҳисобланади. Радиация оқими зичлиги турлича бўлишидан қатъий назар қуёш диски юзаси бўйлаб ҳажмий нурланиш тенг тақсимланган деб қаралади.



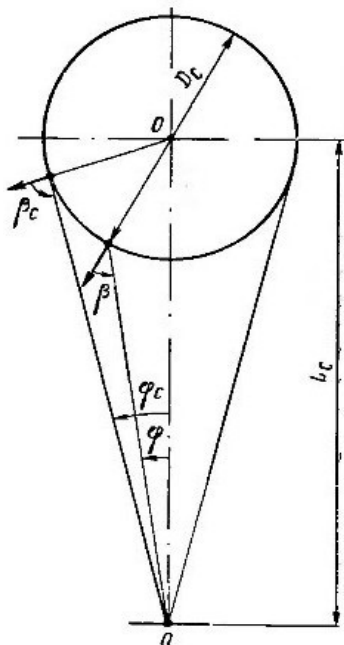
2-расм. Концентраторнинг акслантирувчи юзасига қуёш нурларининг тушиши схемаси

Нур оқими йўналиши ва қуёш сфераси нурланиш юзаси нормали орасидаги β бурчак функциясида ёруғлик тақсимоти қуйидаги эмпирик формула ёрдамида ифодаланади (3-расм):

$$f^*(\beta) = \frac{1+1,564 \cdot \cos \beta}{2,564}. \tag{6}$$

Боғлам ичидаги нур йўналишини характерловчи β ва φ бурчаклари орасидаги боғланиш қуйидагича аниқланади:

$$\beta \approx \arccos \sqrt{1 - (\varphi/\varphi_c)^2}. \tag{7}$$



3-расм. Куёшнинг нурланиш манбаи сифатидаги характеристикаларини аниқлаш.

(6) ва (7) ифодалар асосида ёруғлик ва нурланиш кучлари орасидаги боғланишларни ҳисобга олиб тушаётган куёш нурларининг нурланиш кучи кўрсаткичини (радиацияни) куйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$f_c(\varphi) = \frac{dl(\varphi)}{dl(0)} = \frac{\sqrt{1 - (\varphi/\varphi_c)^2} + 1,564 \cdot [1 - (\varphi/\varphi_c)^2]}{2,564}, \tag{8}$$

ифодада $0 \leq \varphi \leq \varphi_c$.

Агар у ёки бу сабабга кўра, куёш дискининг нотекис нурланишини эътиборсиз қолдириш мумкин бўлса, унда, $f_c(\varphi) = 1$ бўлади.

Куёш радиацияси спектрининг турли интервалларида диск бўйлаб ёруғлик тақсимооти турлича бўлади, масалан спектрал нурланиш интервали 1,45-0,5 мкм бўлганда, ёруғлик диск четига томон 50 % гача пасаяди, 0,7-1,0 мкмда эса пасайиш 30 %га тенглашади. Бу ҳолатни селектив кўзгули концентрация тизимини ҳисоблашда эътиборга олиш зарур. Спектрал ёруғликни Куёш диски бўйлаб тақсимооти учун олинган ярим эмпирик боғлиқлик [16, 18-21] ишда олинган.

Келтирилган фотометрик характеристикалар ўлчамсиз локал концентрация коэффицентини аниқлаш учун етарли ҳисобланади. Бироқ, концентрланган нурланиш оқимини локал зичлигининг абсолют қийматини топиш учун тизимга кирадиган куёш нурланиш зичлигининг интеграл ва спектрал қийматларини белгилаб олиш лозим. Бу кўрсаткичлар куёшгача бўлган масофага, атмосфера ҳолатига ва метео омилларга боғлиқ. Куёш нурланиш спектрида атмосфера орти энергия тақсимооти $T_k \approx 5770$ К ҳароратдаги абсолют қора жисми спектрига яқин, нурланишнинг нормал юзавий зичлиги ёки ерга яқин атмосферадаги куёш доимийси йил давомидаги ўртача $E_k \approx 1360$ Вт/м² қиймат билан тавсифланади [6,7,17].

Концентрациялаш тизимларининг кўзгули элементлари нур қайтариш юзаларининг хусусиятлари уларнинг энергетик тавсифномаларига сезиларли таъсир кўрсатади. Концентрациялаш тизимлари асосан, куёш нурлари оқими йўналишини маълум соҳага ўзгартириш ва локализациялаш ҳисобига оқим зичлигини оширилишини таъминлайди. Шунга мувофиқ, нур қайтариш юзасининг шакли ва идеал тузилишдан фарқланишлари концентрланган нурланиш оқими зичлигини тақсимоотига таъсир кўрсатади.

АДАБИЁТЛАР

1. New concepts and applications of solar PV systems. Mohammadreza Aghaei, ... Juan M. Castañón, in Photovoltaic Solar Energy Conversion, 2020. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/solar-concentrators>
2. Solar Energy Utilization and Its Collection Devices. Hongfei Zheng, in Solar Energy Desalination Technology, 2017.
3. "How CSP Works: Tower, Trough, Fresnel or Dish". *SolarPACES*. 12 June 2018. Retrieved 29 November 2019.
4. Boerema, Nicholas; Morrison, Graham; Taylor, Robert; Rosengarten, Gary (1 November 2013). "High temperature solar thermal central-receiver billboard design". *Solar Energy*. **97**: 356–368. Bibcode:2013SoEn...97..356B. doi:10.1016/j.solener.2013.09.008.
5. Law, Edward W.; Prasad, Abhnil A.; Kay, Merlinde; Taylor, Robert A. (1 October 2014). "Direct normal irradiance forecasting and its application to concentrated solar thermal output forecasting – A review". *Solar Energy*. **108**: 287–307. Bibcode: 2014SoEn..108..287L. doi:10.1016/j.solener.2014.07.008.
6. "Integrated Solar Thermochemical Reaction System". U.S. Department of Energy. Retrieved 11 April 2013.
7. Jump up to:^a ^b ^c "Blue Book of China's Concentrating Solar Power Industry, 2021" (PDF). Retrieved 16 June 2022.
8. Deign, Jason (24 June 2019). "Concentrated Solar Power Quietly Makes a Comeback". *GreenTechMedia.com*.
9. "As Concentrated Solar Power bids fall to record lows, prices seen diverging between different regions". Retrieved 23 February 2018.
10. Гершун А. А. Избранные труды по фотометрии и светотехнике М.: Физматгиз, 1958. 548 с.
11. Сапожников Р. А. Теоретическая фотометрия. М.: Энергия, 1977. 264 с.
12. Слюсарев Т. Г. Методы расчета оптических систем. Л.: Машиностроение, 1969. 348 с.
13. Захидов Р. А. Зеркальные системы концентрации лучистой энергии. Ташкент: ФАН, 1986. 176 с.
14. Захидов Р. А., Умаров Г. Я., Вайнер А. А. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем. Ташкент: ФАН, 1977. 144 с.
15. ГОСТ 26148-84. Фотометрия. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов. 1984. 24 с.
16. Аннаниязов К. О., Баум И. В., Мамедиязов С. О. Распределение яркости по солнечному диску // Изв. АН ТССР. Сер. физ-техн., хим. и геол. наук. 1979. № 5. С. 26-29.
17. Поток энергии Солнца и его изменения. М.: Мир, 1980. 560 с.
18. Х.А. Алмарданов, И.А. Хатамов, З.Б. Тураев, Р.Э. Юсупов. Применение солнечных концентраторов для приема альтернативного топлива через устройство гелиопиролиза. *Universum: технические науки*, 2021, 8-12 ст.
19. Ш.Б. Имомов, Х.А. Алимардонов. Heat mode solar heating systems based on flat reflectors, sets on the north side of the building. *Молодой ученый*, 2015, 335-336 ст.
20. Davlonov X.A., Almardanov H.A., Toshboyev A.R., Umirov F.B. Method of Thermal Processing of Biomass With Heliopyrolysis Device. 2021, *International Journal of Human Computing Studies*, 3(2), 149-151.
21. Алмарданов Х. А., Новик А. В., Чулиев С. Э. Тепловой расчет гелиопиролизного устройства-концентратора. – 2022.