



LED yoritish qurilmasining harorat rejimini ANSYS Workbench muhitida dinamik termik tahlil qilish

Ikromjon U. Raxmonov^{1,a}, Muhammadxon T. Toirov¹

^{1,a} DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; ilider1987@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

¹ Tayanch doktorant., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; muhammadxon.toirov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8535-3942>

Dolzarbli: LED yoritish qurilmasida issiqlikning tarqalishi uning konstruksiyasi, materiallarning termofizik xossalari va ish rejimiga bog'liq. O'rtacha haroratni baholash platadagi lokal qizish hududlarini to'liq aniqlashga imkon bermaydi. Shu sababli haroratning fazoviy taqsimoti va vaqt bo'yicha o'zgarishini birgalikda hisoblash tok orqali termik yuklanishni kamaytirish imkoniyatini baholash uchun zarur.

Maqsad: LED yoritish qurilmasining uch o'Ichamli nostatsionar harorat maydonini hisoblash hamda nominal va tok kamaytirilgan rejimlarni qiyoslash orqali tokni rostlashning termik samarasini miqdoriy baholash.

Usullari: ANSYS Workbench dasturining Transient Thermal modulida chekli elementlar usuli qo'llanildi. Modelda konstruktiv elementlar orqali issiqlik o'tkazuvchanlik, tashqi muhit bilan konvektiv issiqlik almashinuvi va hajmiy ichki issiqlik ajralishi hisobga olindi. Ikki ish rejimi yagona geometriya, materiallar va chegaraviy shartlarda 5400 s davomida hisoblandi. Maksimal haroratning ichki issiqlik ajralishiga bog'liqligi parametrik tahlil qilindi.

Natijalar: 5400 s da LED chiplar joylashgan platadagi maksimal harorat nominal rejimda 69,142 °C, tok kamaytirilgan rejimda 63,938 °C bo'ldi. Termik samara 5,204 °C ni tashkil etdi. Platadagi maksimal va minimal haroratlari farqi 0,265 °C dan 0,237 °C gacha kamaydi. Natijalar ichki issiqlik ajralishini kamaytirish orqali platadagi haroratni pasaytirish mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: LED yoritish qurilmasi, harorat rejimi, dinamik termik tahlil, ANSYS Workbench, Transient Thermal, konveksiya, ichki issiqlik ajralishi, lokal qizish, tokni rostlash.

Динамический тепловой анализ температурного режима светодиодного осветительного устройства в среде ANSYS Workbench

Икромжон У. Рахмонов^{1,a}, Мухаммадхон Т. Тоиров¹

^{1,a} DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; ilider1987@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

¹ Докторант базовой докторантуры., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; muhammadxon.toirov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8535-3942>

Актуальность: распространение тепла в светодиодном осветительном устройстве зависит от его конструкции, теплофизических свойств материалов и режима работы. Оценка средней температуры не позволяет полностью выявить локальные области нагрева на плате. Поэтому совместный расчёт пространственного распределения температуры и её изменения во времени необходим для оценки возможности снижения тепловой нагрузки посредством регулирования тока.

Цель: рассчитать трёхмерное нестационарное температурное поле светодиодного осветительного устройства и количественно оценить тепловой эффект регулирования тока путём сравнения номинального режима и режима с пониженным током.

Методы: в модуле Transient Thermal программной среды ANSYS Workbench применён метод конечных элементов. В модели учтены теплопроводность конструктивных элементов, конвективный теплообмен с окружающей средой и объёмное внутреннее тепловыделение. Два режима рассчитаны в течение 5400 с при одинаковых геометрии, материалах и граничных условиях. Выполнен параметрический анализ зависимости максимальной температуры от внутреннего тепловыделения.

Результаты: при 5400 с максимальная температура платы с установленными светодиодами составила 69,142 °C в номинальном режиме и 63,938 °C при пониженном токе. Тепловой эффект составил 5,204 °C. Разность максимальной и минимальной температур платы уменьшилась с 0,265 до 0,237 °C. Результаты показали возможность снижения температуры платы посредством уменьшения внутреннего тепловыделения.

Ключевые слова: светодиодное осветительное устройство, температурный режим, динамический тепловой анализ, ANSYS Workbench, Transient Thermal, конвекция, внутреннее тепловыделение, локальный нагрев, регулирование тока.

For citation: Raxmonov I.U., Toirov M.T. Transient thermal analysis of an LED lighting device in ANSYS Workbench. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 3 (1), pp. 1-7.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23464187>

Received: 11.03.2026

Revised: 08.04.2026

Accepted: 23.04.2026

Published: 19.10.2026

Copyright: © Ikromjon U. Raxmonov, Muhammadxon T. Toirov, 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Transient thermal analysis of an LED lighting device in ANSYS Workbench

Ikromjon U. Rakhmonov^{1, a}, Muhammadkhon T. Toirov¹

^{1, a} DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; ilider1987@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

² Doctoral student, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; muhammadxon.toirov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8535-3942>

Relevance: Heat transfer in an LED lighting device depends on its construction, material properties and operating conditions. An average temperature estimate cannot fully identify local hot spots on the LED board. Evaluating the spatial temperature distribution together with its time evolution is therefore necessary to assess whether current adjustment can reduce the thermal load.

Aim: To calculate the three-dimensional transient temperature field of an LED lighting device and quantify the thermal effect of current adjustment by comparing nominal and reduced-current operating conditions.

Methods: The finite element method was applied in the Transient Thermal module of ANSYS Workbench. The model included conduction through the device components, convection to the surroundings and volumetric internal heat generation. Both operating conditions were simulated for 5400 s using the same geometry, materials and boundary conditions. A parametric analysis evaluated the dependence of maximum temperature on internal heat generation.

Results: At 5400 s, the maximum temperature of the board carrying the LEDs was 69.142 °C under nominal conditions and 63.938 °C under reduced-current conditions, giving a reduction of 5.204 °C. The difference between the maximum and minimum board temperatures decreased from 0.265 to 0.237 °C. The results showed that reducing internal heat generation can lower the board temperature.

Keywords: LED lighting device, thermal operating conditions, transient thermal analysis, ANSYS Workbench, Transient Thermal, convection, internal heat generation, hot spot, current adjustment.

1. Kirish (Introduction)

LED yoritish qurilmasining harorat rejimi elektr quvvatining issiqlikka aylanishi va ushbu issiqlikning konstruktiv elementlar orqali tashqi muhitga uzatilishi bilan shakllanadi. Haroratning ortishi yorug'lik manbaining ishlash xususiyatlariga ta'sir qiladi. Shu sababli LED qurilmasini loyihalash va uning ish rejimini tanlashda termik holatni baholash alohida hisoblash vazifasini tashkil etadi [1, 2].

Harorat maydoni qurilmaning barcha nuqtalarida bir xil bo'lmaydi. LED chiqlar joylashgan plata, issiqlikni uzatuvchi elementlar va tashqi korpusning geometriyasi hamda material xossalari lokal maksimumlarning shakllanishiga ta'sir qiladi [4]. LED modullarini termik tadqiq qilishda tajriba va sonli hisoblashlarning birgalikda qo'llanishi plata, issiqlik tutashuvi va radiator parametrlarining rolini baholash imkonini beradi [5]. Uch o'lchamli model konstruksiyaning qaysi hududida eng yuqori harorat shakllanishini aniqlash uchun zarur.

Ushbu ishda LED yoritish qurilmasining dinamik termik tahlil usuli ishlab chiqilib, ANSYS Workbench muhitida sonli amalga oshirildi. Usulning uslubiy xususiyati nominal va tok kamaytirilgan rejimlarni bir xil geometrik model, materiallar va chegaraviy shartlarda hisoblashdan iborat. Vaqt bo'yicha hisoblash sikli qizish jarayonini, rejimlar bo'yicha sikl esa ichki issiqlik ajralishining o'zgarishi bilan bog'liq termik farqni aniqlaydi.

Tadqiqotning maqsadi LED chiqlar joylashgan platadagi maksimal harorat, harorat maydonining fazoviy notekisligi va ikki ish rejimi orasidagi harorat farqini aniqlashdir. Baholanayotgan natija platadagi haroratni ifodalaydi. Bu ko'rsatkichni yarimo'tkazgichning p-n o'tish harorati sifatida bevosita talqin qilish uchun alohida issiqlik qarshiligi modeli yoki tegishli o'lchash usuli talab etiladi [5].

2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Hisoblash obyekti yorug'likni tarqatuvchi qoplama, LED chiqlar joylashgan plata, radiator va tashqi korpusdan tashkil topgan yoritish qurilmasidir. Konstruktiv qismlarning o'zaro joylashuvi 1-rasmda ko'rsatilgan. Modelda issiqlikning qattiq jismlar orqali o'tkazilishi va tashqi sirdan atrof muhitga konvektiv uzatilishi hisobga olindi. Har bir konstruktiv element materialining issiqlik o'tkazuvchanligi, zichligi va solishtirma issiqlik sig'imi alohida parametrlar bilan tavsiflanadi [3].



1-rasm. LED yoritish qurilmasining konstruktiv tuzilishi.
Fig.1. Construction of the LED lighting device.

Hisoblashda $j = 0$ nominal rejimni, $j = 1$ esa tok kamaytirilgan rejimni bildiradi. Birinchi rejimda $I_0 = I_{nom}$, ikkinchisida $I_1 < I_{nom}$ deb olinadi. Har bir rejim uchun modelga beriladigan issiqlik quvvati $P_{th,j}$ orqali ichki issiqlik manbai belgilanadi. Taqqoslashda geometriya, materiallar, boshlang'ich harorat va konvektiv shartlar bir xil saqlanadi. Hisoblash davomiyligi 5400 s ni tashkil etadi.

1-rasmda blok-sxemadan ham ko'rinib turibdiki, tarmoq kuchlanishining nosimmetrikligi, fazalar ketma-ketligi buzilishi hamda bir fazaning uzilishi natijasida manfiy ketma-ketlik toklari I_2 paydo bo'ladi. Manfiy ketma-ketlik toklari rotorda qo'shimcha induksion toklar va issiqlik yo'qotishlarini keltirib chiqarib, izolyatsiya degradatsiyasini tezlashtiradi va avariya xavfini oshiradi (1-jadval). Shu sababli, manfiy ketma-ketlik toklari uch fazali elektr dvigatellar ishonchligiga jiddiy ta'sir etuvchi energetik diagnostik ko'rsatkich hisoblanadi. [5]

1-jadval. Sonli termik modelning asosiy parametrlari.

Table 1. Main parameters of the numerical thermal model.

Parametr	Belgilanishi	Birligi
Issiqlik o'tkazuvchanlik	λ_i	W/(m·K)
Material zichligi	ρ_i	kg/m ³
Solishtirma issiqlik sig'imi	c_i	J/(kg·K)
Boshlang'ich va tashqi muhit harorati	T_0, T_{amb}	°C
Konvektiv issiqlik almashinuvi koeffitsiyenti	h	W/(m ² ·K)
Rejimga mos issiqlik quvvati	$P_{th,j}$	W
Issiqlik manbai berilgan soha hajmi	V_h	m ³
Hajmiy ichki issiqlik ajralishi	$q_{v,j}$	W/m ³
Hisoblash vaqti	t	0–5400 s

1-jadvalda LED yoritish qurilmasining sonli termik modelida qo'llaniladigan asosiy parametrlar, ularning belgilanishlari va o'lchov birliklari keltirilgan. Ushbu parametrlar materiallarning termofizik xossalari, boshlang'ich va tashqi muhit haroratlari, konvektiv issiqlik almashinuvi hamda ichki issiqlik ajralishini hisobga olib, 0–5400 s oralig'ida haroratning vaqt bo'yicha o'zgarishini hisoblashga xizmat qiladi.

Nostatsionar harorat maydoni i konstruktiv element uchun issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi bilan ifodalanadi [3]:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T_i(r,t)}{\partial t} = \nabla \cdot [\lambda_i \nabla T_i(r,t)] + q_{v,j} \quad (1)$$

bu yerda $T_i(r,t)$ harorat maydoni, r fazoviy koordinatalar vektori, t vaqt, ρ_i zichlik, c_i solishtirma issiqlik sig'imi, λ_i issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti va $q_{v,j}$ hajmiy ichki issiqlik ajralishidir. Manba faol issiqlik ajraladigan sohada beriladi. Boshlang'ich shart sifatida qurilma elementlarida bir xil harorat qabul qilinadi:

$$T_i(r, 0) = T_0 \quad (2)$$

Tashqi sirtida atrof muhit bilan konvektiv issiqlik almashinuvi Nyuton sovitish qonuni asosida beriladi [3]:

$$-\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} = h(T_s - T_{amb}) \quad (3)$$

bu yerda n tashqi normal yo'nalishi, T_s sirt harorati va T_{amb} tashqi muhit haroratidir. (3) shart ANSYS muhitida Convection sifatida kiritiladi. Issiqlik manbai berilgan soha uchun hajmiy ajralish quyidagicha hisoblanadi:

$$q_{v,j} = \frac{P_{th,j}}{V_h} \quad (4)$$

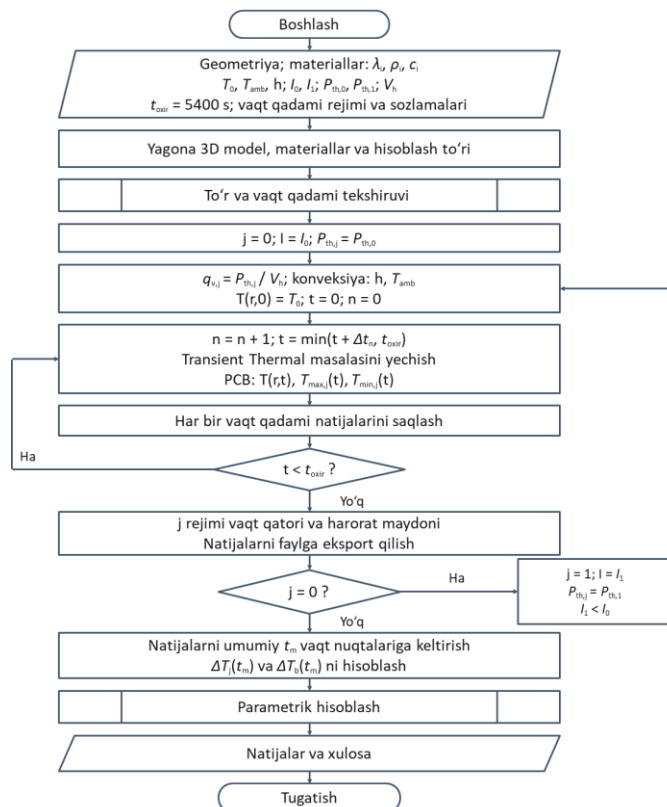
$P_{th,j}$ modeldagi manbaga biriktirilgan issiqlik quvvatini bildiradi. Ushbu kattalik va V_h birgalikda $q_{v,j}$

ni belgilaydi. Hajmiy ichki issiqlik ajralishi birlik vaqt davomida birlik hajmda hosil bo'ladigan issiqlik energiyasi bilan tavsiflanadi va W/m^3 birlikda ifodalanadi [32]. Shuning uchun modelga kiritiladigan qiymat issiqlik quvvati hamda issiqlik manbai berilgan soha hajmi asosida aniqlanadi. Elektr quvvatidan foydalanilganda uning issiqlikka aylanadigan ulushi alohida hisobga olinishi lozim [4].

(1)–(4) tenglamalar chekli elementlar usuli bilan diskretlashtiriladi. Ushbu modelning tugun haroratlari bo'yicha tizimi quyidagi matritsali ko'rinishda ifodalanadi:

$$C_T \frac{d\theta}{dt} + K_T \theta = f_{q,j} + f_h(T_{amb}) \quad (5)$$

bu yerda θ tugun haroratlari vektori, C_t issiqlik sig'imi matritsasi, K_t issiqlik o'tkazuvchanlik va konvektiv sirt hissalarini birlashtiruvchi matritsa, $f_{q,j}$ ichki issiqlik manbai vektori, f_h esa tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi hissasidir. Ushbu tizim Transient Thermal modulida vaqt bo'yicha yechiladi.



2-rasm. Ikki ish rejimining termik holatini sonli baholash algoritmi.

Fig. 2. Algorithm for the numerical thermal assessment of two operating conditions.

Usulning amalga oshirish ketma-ketligi 2-rasmda keltirilgan. Dastlab umumiy geometrik model va hisoblash to'ri yaratiladi. Har bir rejim uchun (4) orqali issiqlik manbai berilib, vaqt siklida harorat maydoni hisoblanadi. Birinchi rejim natijalari saqlangandan keyin ikkinchi rejim hisoblanadi. So'ng ikki rejimning harorat ko'rsatkichlari taqqoslanadi va q_v ni o'zgartirish orqali parametrik bog'liqlik baholanadi.

Natijalarni baholash uchun har bir rejimdagi harorat maydoni notekisligi va tokni kamaytirish hisobiga erishilgan harorat pasayishi alohida hisoblanadi:

$$\Delta T_j(t) = T_{max,j}(t) - T_{min,j}(t) \quad (6)$$

$$\Delta T_b(t) = T_{max,0}(t) - T_{max,1}(t) \quad (7)$$

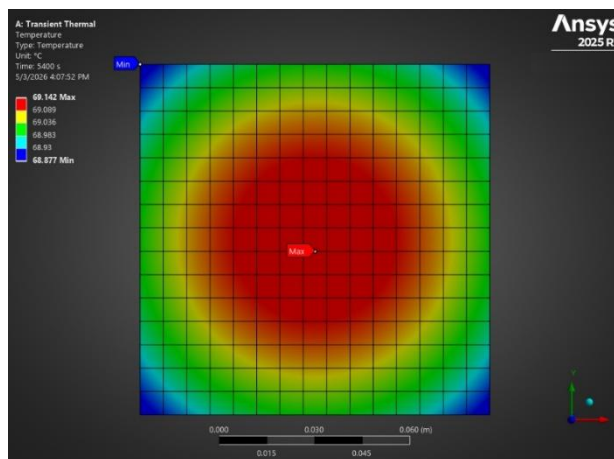
(6) ifoda bir rejim ichidagi fazoviy harorat farqini, (7) esa ikki rejim orasidagi termik samarani tavsiflaydi. Bu ikki ko'rsatkichning alohida olinishi plataning qizish darajasi va harorat taqsimotining tekisligini mustaqil baholash imkonini beradi.

2-rasmda LED qurilmasining boshqaruvsiz va Bosharuvli ish rejimlaridagi harorat holatini baholash algoritmi keltirilgan. Dastlab qurilmaning geometriyasi, materiallarning termik xususiyatlari, boshlang'ich va tashqi muhit haroratlari, konvektiv issiqlik almashinuvi koeffitsiyenti hamda issiqlik quvvati belgilanib, yagona uch o'lchamli model va hisoblash to'ri shakllantiriladi. Har bir rejim uchun hajmiy issiqlik ajralishi $q_{v,j} = \frac{P_{th,j}}{V_h}$ orqali aniqlanadi. Boshlang'ich va chegaraviy shartlar asosida ANSYS Transient Thermal muhitida harorat maydoni hamda LED chiplar joylashgan PCB sohasining maksimal va minimal haroratlari hisoblanadi. Hisoblash 5400 s gacha davom ettirilib, vaqt bo'yicha natijalar saqlanadi.

Nominal rejimdan ($j = 0$) so'ng tok kamaytirilgan rejim ($j = 1$) uchun mos issiqlik quvvati berilib, hisoblash bir xil boshlang'ich va tashqi muhit sharoitlarida takrorlanadi. Natijalar asosida har bir rejimdagi haroratning fazoviy farqi $\Delta T_j(t) = T_{\max,j}(t) - T_{\min,j}(t)$ hamda ikki rejim orasidagi maksimal harorat farqi $\Delta T_b(t) = T_{\max,0}(t) - T_{\max,1}(t)$ aniqlanadi. Yakunda hajmiy issiqlik ajralishi bo'yicha parametrik hisoblash bajarilib, 5400 s dagi maksimal haroratning q_v ga bog'liqligi baholanadi va xulosalar shakllantiriladi.

3. Natijalar (Results)

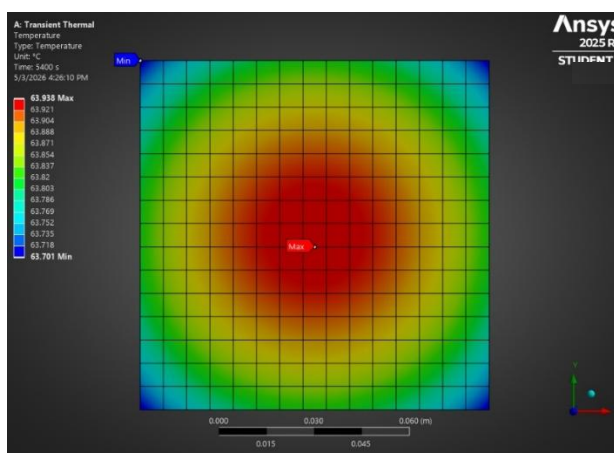
Nominal rejimning $t = 5400$ s dagi harorat taqsimoti 3-rasmda ko'rsatilgan. Plataidagi maksimal harorat markaziy hududda $69,142^\circ\text{C}$ ga yetgan, minimal harorat esa chetki hududlarda $68,877^\circ\text{C}$ ni tashkil etgan. Shunday qilib, aynan tasvirlangan plata sohasi uchun fazoviy harorat farqi $0,265^\circ\text{C}$ bo'lgan. Markaziy maksimum issiqlik ajralishi va uning chetki hududlarga tarqalishi bilan bog'liq lokal qizish hududini ko'rsatadi.



3-rasm. Boshqaruvsiz rejimda platadagi harorat taqsimoti, $t = 5400$ s.

Fig. 3. Board temperature distribution under uncontrolled conditions at $t = 5400$ s.

Boshqarilgan rejimning harorat maydoni 4-rasmda keltirilgan. Bunda maksimal harorat $63,938^\circ\text{C}$, minimal harorat $63,701^\circ\text{C}$ bo'ldi. Lokal maksimumning markaziy joylashuvi saqlangan holda haroratning umumiy darajasi pasaydi. Rasmlarning rang shkalalari har bir rejim uchun alohida berilgan; miqdoriy taqqoslash harorat qiymatlari orqali bajarildi.



4-rasm. Boshqarilgan rejimda platadagi harorat taqsimoti, $t = 5400$ s.

Fig. 4. Board temperature distribution under controlled conditions at $t = 5400$ s.

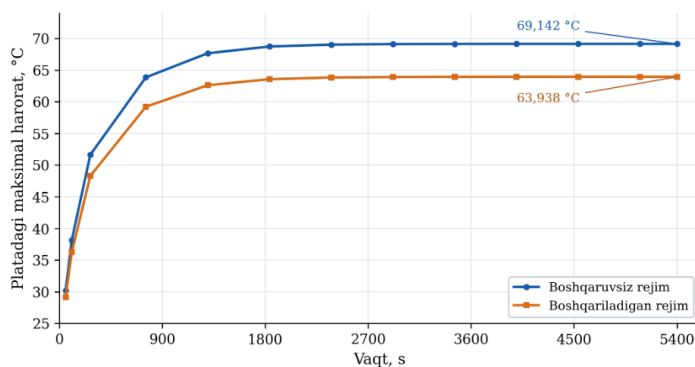
2-jadval. 5400 s dagi plata harorat ko'rsatkichlarini taqqoslash.

Table 2. Comparison of board temperature indicators at 5400 s.

Ko'rsatkich	Boshqaruvsiz holat	Boshqaruv bilan holat
Maksimal harorat, $^\circ\text{C}$	69,142	63,938
Minimal harorat, $^\circ\text{C}$	68,877	63,701
Fazoviy harorat farqi, $^\circ\text{C}$	0,265	0,237
Hot-spot holati	Yuqori	Kamaygan
Termik xavf darajasi	Yuqori	Past

2-jadvalga ko'ra, maksimal haroratning pasayishi $69,142 - 63,938 = 5,204$ °C ni tashkil etadi. Fazoviy harorat farqi esa $0,028$ °C ga, ya'ni boshlang'ich $0,265$ °C qiymatga nisbatan $10,57$ % ga kamaygan. Ushbu foiz harorat taqsimotining notekisligi kamayishini ifodalaydi. Asosiy termik natija platformaning maksimal harorati $5,204$ °C ga pasayganidir.

Ikki rejimning vaqt bo'yicha harorat dinamikasi ANSYS jadval ma'lumotlaridagi 13 ta nazorat nuqtasi asosida 5-rasmda birlashtirildi. Har ikkala rejimda dastlab harorat tez ko'tarilgan, keyin o'sish sur'ati pasaygan. Boshqaruvsiz rejimda $t = 54$ s da $30,198$ °C, $t = 270$ s da $51,643$ °C va $t = 1296$ s da $67,662$ °C qayd etilgan. Mos ravishda boshqariladigan rejimda $29,135$ °C, $48,299$ °C va $62,615$ °C olingan.



5-rasm. Boshqaruvsiz va Boshqariladigan rejimlarda maksimal plata haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi.

Fig. 5. Time evolution of maximum board temperature under nominal and reduced-current conditions.

3-jadval. Maksimal plata harorati dinamikasining qiyosiy qiymatlari.

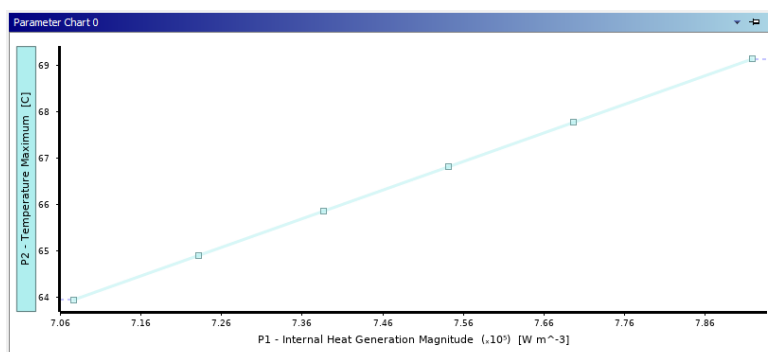
Table 3. Comparative values of maximum board temperature during heating.

Vaqt, s	Nominal rejim, °C	Tok kamaytirilgan rejim, °C	Farq, °C
54	30,198	29,135	1,063
270	51,643	48,299	3,344
1296	67,662	62,615	5,047
1836	68,727	63,568	5,159
3456	69,133	63,930	5,203
5400	69,142	63,938	5,204

3-jadval nominal va tok kamaytirilgan rejimlar orasidagi harorat farqi qizish davomida ortganini ko'rsatadi. Dastlabki 54 s da farq $1,063$ °C bo'lgan bo'lsa, 1296 s da $5,047$ °C va 5400 s da $5,204$ °C ga yetgan. Bu holat rejimlar orasidagi farqning issiqlik inersiyasi ta'sirida vaqt davomida shakllanishini ko'rsatadi. Tokni o'zgartirish natijasini baholashda haroratning o'tkinchi jarayoni ham hisobga olinishi kerak.

3456–5400 s oralig'ida maksimal harorat nominal rejimda $69,133$ °C dan $69,142$ °C gacha, tok kamaytirilgan rejimda esa $63,930$ °C dan $63,938$ °C gacha o'zgargan. Yakuniy 1944 s davomida o'sish mos ravishda $0,009$ °C va $0,008$ °C bo'lgan. Shuning uchun hisoblash oxirida ikkala rejim ham olingan natijalar aniqligi doirasida barqaror holatga yaqinlashgan deb baholanadi.

Parametrik hisoblashda hajmiy ichki issiqlik ajralishi o'zgartirilib, maksimal haroratning q_v ga bog'liqligi tahlil qilindi (6-rasm). Ko'rsatilgan diapazonda q_v taxminan $7,1 \cdot 10^5$ W/m³ dan $7,9 \cdot 10^5$ W/m³ gacha ortganda maksimal harorat taxminan 64 °C dan 69 °C gacha oshgan. Grafikda bog'liqlik deyarli chiziqli ko'rinishga ega. Ushbu xulosa faqat tadqiq etilgan parametrlar oralig'iga tegishli.



6-rasm. Maksimal haroratning hajmiy ichki issiqlik ajralishiga bog'liqligi.

Fig. 6. Dependence of maximum temperature on volumetric internal heat generation.

Olingan bog‘liqlik ish rejimi ta’sirini $I_j \rightarrow P_{th,j} \rightarrow q_{v,j} \rightarrow T(r,t)$ ketma-ketligi bilan talqin qilishga imkon beradi. Tok o‘zgarganda issiqlik manbai quvvati ham o‘zgaradi va bu platadagi harorat maydoniga ta’sir ko‘rsatadi. Ikki rejimni bir xil konstruktiv va konvektiv shartlarda hisoblash termik farqni ish rejimi bilan bog‘liq holda baholashni ta’minlaydi.

Mazkur natijalar tadqiq etilgan konstruksiya va hisoblash shartlari doirasidagi sonli bahodir. Tokni kamaytirishning yoritish sifatiga ta’sirini baholashda yorug‘lik oqimi va elektr ko‘rsatkichlari ham tekshirilishi kerak. Xizmat muddati yoki nosozlik ehtimoli haqidagi miqdoriy xulosalar uchun alohida ishonchlilik modeli va tajriba tekshiruvi zarur. Termik tahlil esa kelgusida haroratni oldindan hisoblaydigan boshqaruv modelini shakllantirishga xizmat qiladi.

4. Xulosa (Conclusion)

LED yoritish qurilmasining konstruktiv elementlari, issiqlik o‘tkazuvchanlik, konvektiv issiqlik almashinuvi va hajmiy ichki issiqlik ajralishini birgalikda hisobga oluvchi dinamik termik tahlil usuli ANSYS Workbench muhitida sonli amalga oshirildi. Yagona modelda nominal va tok kamaytirilgan rejimlarni qiyoslash natijasida 5400 s da LED chiplar joylashgan platadagi maksimal harorat 69,142 °C dan 63,938 °C gacha pasaygani, termik samara 5,204 °C ni tashkil etgani aniqlandi. Harorat maydonining fazoviy notekisligi 0,265 °C dan 0,237 °C gacha kamaydi. Parametrik hisoblash ichki issiqlik ajralishi bilan maksimal harorat o‘rtasida tadqiq etilgan diapazonda deyarli chiziqli bog‘liqlik borligini ko‘rsatdi. Natijalar LED qurilmasining harorat rejimiga tok orqali ta’sir etish imkoniyatini sonli jihatdan asoslaydi va prediktiv boshqaruv modeli uchun termik hisoblash asosini beradi.

ADABIYOTLAR

1. Yurtseven M.B., Mete S., Onaygil S. The effects of temperature and driving current on the key parameters of commercially available high-power white LEDs // *Lighting Research & Technology*. – 2016. – Vol. 48, No. 8. – P. 943–965. – DOI: 10.1177/1477153515576785.
2. Lasance C.J.M., Poppe A. (eds.). *Thermal Management for LED Applications*. – New York: Springer, 2014.
3. Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. – 8th ed. – Hoboken: Wiley, 2017. – 992 p.
4. Rózwicz A., Wachta H., Baran K., Leśko M., Rózwicz S. Arrangement of LEDs and Their Impact on Thermal Operating Conditions in High-Power Luminaires // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – Art. 8142.
5. Sümer Y., Karaman O., Karaman C. Design and Thermal Analysis of High Power LED Light // *European Mechanical Science*. – 2021. – Vol. 5, №1. – P. 28–33.

REFERENCES

1. Yurtseven M.B., Mete S., Onaygil S. The effects of temperature and driving current on the key parameters of commercially available high-power white LEDs // *Lighting Research & Technology*. – 2016. – Vol. 48, No. 8. – P. 943–965. – DOI: 10.1177/1477153515576785.
2. Lasance C.J.M., Poppe A. (eds.). *Thermal Management for LED Applications*. – New York: Springer, 2014.
3. Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. – 8th ed. – Hoboken: Wiley, 2017. – 992 p.
4. Rózwicz A., Wachta H., Baran K., Leśko M., Rózwicz S. Arrangement of LEDs and Their Impact on Thermal Operating Conditions in High-Power Luminaires // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – Art. 8142.
5. Sümer Y., Karaman O., Karaman C. Design and Thermal Analysis of High Power LED Light // *European Mechanical Science*. – 2021. – Vol. 5, №1. – P. 28–33.