

УДК 621.1:628.984

О.О. Єршомін <sup>(1)</sup>, зав., кафедри, д.т.н., професорЮ.М. Радченко <sup>(1)</sup>, доцент, к.т.н.О.В. Біла <sup>(1)</sup>, доцент, к.т.н.В.К. Тарасов <sup>(2)</sup>, доцент, к.т.н.С.В. Заболотний <sup>(3)</sup>, гол. інженерВ.О. Дозоров <sup>(3)</sup>, начальник відділу**ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ У МЕТАЛУРГІЇ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ**<sup>(1)</sup> Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ,<sup>(2)</sup> Запорізька державна інженерна академія,<sup>(3)</sup> ТОВ «Тесла-Зет», м. Дніпропетровськ

Рассмотрены вопросы влияния освещенности рабочих мест на условия труда в металлургии и вероятность появления несчастных случаев. Выполнены экспериментальные исследования работоспособности промышленного светодиодного светильника для условий, близких к условиям его работы на металлургическом производстве. Предложены мероприятия по повышению надежности и стабильности работы данных светильников, что способствует улучшению условий труда в металлургических цехах.

Ключевые слова: металлургия, условия труда, освещенность, отвод теплоты, экранирование излучения, энергосбережение

Розглянуто питання впливу освітленості робочих місць на умови праці у металургії та ймовірність появи нещасних випадків. Виконано експериментальні дослідження працездатності промислового світлодіодного світильника для умов, близьких до умов його роботи на металургійному виробництві. Запропоновано заходи щодо підвищення надійності та стабільності роботи зазначених світильників, що сприяє поліпшенню умов праці у металургійних цехах.

Ключові слова: металургія, умови праці, освітленість, відведення теплоти, екранування випромінювання, енергозбереження

Questions of luminosity influence of work places on the working conditions at metallurgy and probability of occurrence accidents have been considered. Experimental researches of operating capacity of industrial lightemitting-diode lamp at the conditions for like to conditions of its work at metallurgical production have been executed. Measures on the increase of reliability and stability of work of these lamps that is promoted to improvement of working conditions metallurgical shops have been offered.

Keywords: metallurgy, working conditions, luminosity, taking of warmth, screening of radiation, energy-savings

*Вступ.* Умови праці у металургії з огляду на освітленість робочої зони підприємств є дуже складними. На рівномірність і стабільність освітлення робочих місць негативно впливають наявність пилу; виділення різних за кольором і температурою газів і безперервний або періодичний рух біля стаціонарних світильників технологічних машин і механізмів, таких як мостові крани, платформи з ковшами, що містять рідкий метал або шлак, які є джерелами теплового та світлового випромінювання, конвеєри із сипким матеріалом; залізничний транспорт та ін.

Світло є одним із важливіших чинників, що діють не тільки на функції зору працівника, але і на діяльність його організму в цілому. Відомо, що за недостатнім станом освітлення робочої зони відбувається швидке стомлення працівника, зниження

продуктивності його праці, зростає потенційна небезпека помилкових дій та нещасних випадків. Встановлено, що до 5 % травм спричинює недостатнє або нерациональне освітлення робочих місць. Зорове сприйняття працівників: акомодация (пристосування очей до зрозумілого бачення предметів на різних відстанях від людини); адаптация (пристосування очей до змінювання умов освітлення – рівня освітленості); конвергенция (здатність ока займати таке положення під час розгляду близьких предметів, коли його зорові осі перетинаються на предметі), – залежить від напруженості процесів, які вони виконують.

Погане освітлення може призвести до професійних захворювань працівника (короткозорість, спазми акомодациї). Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість навколишніх предметів призводить до частоті преадаптації очей та швидкого стомлення органів зору.

З урахуванням розглянутих чинників та санітарних вимог промислове освітлення повинно забезпечувати як рівномірність освітленості, так і наблизений до природного спектральний склад світла та мінімальну втому зору; а також виключати можливість осліплення та наявність відблисків робочої поверхні [1,2].

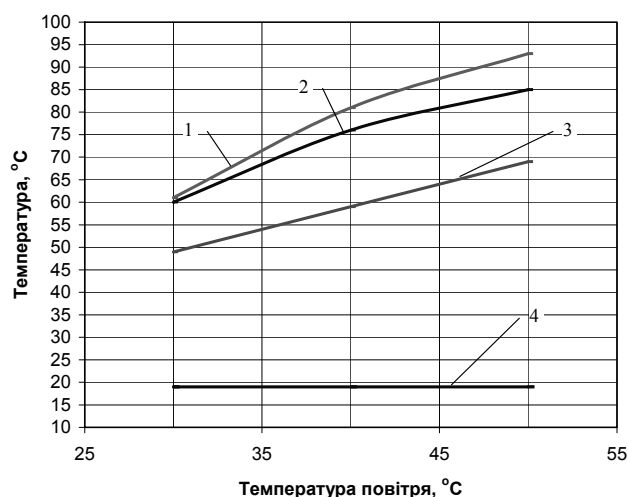
Аналіз роботи різнопланових освітлюваних приладів, які використовують у металургії, свідчить про перевагу використання світлодіодів. Порівняно з лампами розжарювання та більш сучасними газорозрядними лампами високого тиску типу ДРЛ і натрієвими ДНаТ світлодіодні світильники дозволяють рівномірно освітлювати значні виробничі площі, спрямовуючи більшу частину світла на робочу зону. Сучасна конструкція таких світильників забезпечує захист їх поверхні від накопичення пилу та вологи, а прозорість скла у найбільшій мірі співпадає із природним світлом.

*Постановка завдання.* У ТОВ «Тесла-Зет» розроблено оригінальну конструкцію промислового світлодіодного світильника в герметичному алюмінієвому корпусі. Під час випробування пілотного зразка приладу було виявлено серйозний недолік – перегрівання трансформатора та, як наслідок, періодичне спрацювання теплового захисту, що призводить до відключення освітлення. Згідно технічної документації на комплектування, трансформатор і світлодіоди мають певні діапазони робочої температури експлуатації, які гарантують їх безперебійну роботу. У разі підвищення температури трансформатора понад 90 °С відбувається спрацювання його теплового захисту та відключення трансформатора. За підвищенням температури світлодіодів більше ніж 110 °С такі прилади можуть вийти із ладу [3]. У зв'язку з цим виконували комплекс досліджень, спрямованих на визначення теплового режиму приладу та розробку заходів щодо вдосконалення його конструкції.

*Основна частина.* Досліджували експериментальний зразок світильника потужністю 126 Вт. Температуру окремих елементів приладу вимірювали за допомогою термоелектричних перетворювачів типу ХА з реєстрацією значень термоелектрорушійної сили цифровим мультиметром. Гарячі спай зазначених перетворювачів зачеканювали у корпусі світильника або щільно притискували у місцях, зручних для монтажу. Температуру трансформатора вимірювали, використовуючи технологічний отвір, який закривають пробкою.

Зібраний дослідний зразок розташовували у камері, де підтримували задану температуру повітря (довкілля). Випробування виконували для трьох значень температури довкілля: 30, 40 і 50 °С. Згідно з результатами промислових досліджень умов праці кранових машиністів у зоні розташування світильників для гарячих металургійних цехів на висоті

більше ніж 10 м температура повітря звичайно не перевищувала 50 °С за винятком найбільш гарячих днів улітку. Взимку та восени рівень зазначеної температури був значно меншим. Для цехів підготовки шихти, холодного прокатування металу, ремонтно-механічних цехів зазначений рівень температури не зафіксовано і літом. Після переведення світильника у стаціонарний тепловий стан фіксували значення температури його окремих елементів. Температурну діаграму дослідження базової конструкції приладу подано на рис. 1.



1 - трансформатор; 2 - світлодіоди; 3 - корпус; 4 - перепад температури «корпус-довкілля»

**Рисунки 1** – Температурна діаграма дослідження базового світильника

Під час проведення досліджень встановлено, що світлодіодні елементи мають допустимий рівень температури у всьому досліджуваному діапазоні температури довкілля (30...50 °С), проте відведення теплоти від трансформатора є недостатнім. За температури довкілля вище за 40 °С спостерігають нагрівання трансформатора до температури 81...93 °С та спрацювання його теплового захисту.

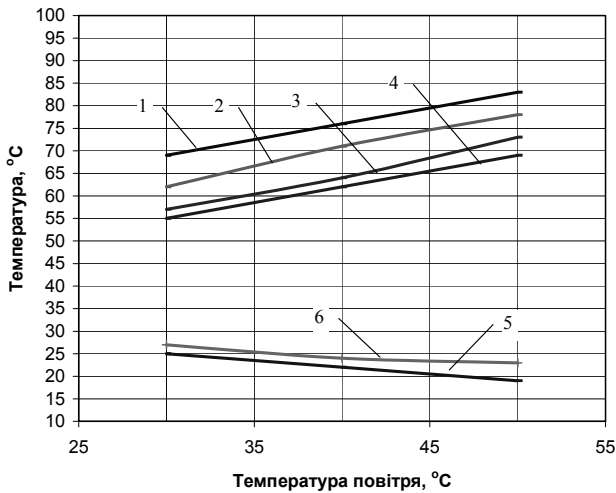
Тепловіддавання від зовнішньої поверхні корпусу світильника до довкілля не є лімітуючою ланкою під час відведення теплоти від трансформатора, оскільки перепад температури між корпусом і довкіллям складає 18...19 °С, тобто для пониження температури трансформатора потрібна установка на його поверхні радіатора, що відводить теплоту.

З конструктивних міркувань як тепловий радіатор запропоновано використання верхньої знімної місце розташування трансформатора у корпусі приладу: здійснили його прикріплення до зазначеної панелі, причому для поліпшення теплового контакту використовували термопасту.

Після внесення до конструкції світлодіодного світильника змінювань було виконано новий цикл

досліджень за аналогічною програмою. Температурну діаграму дослідження вдосконаленої конструкції приладу наведено на рис. 2.

Для оцінки ефективності застосування теплового радіатора було здійснено інженерний розрахунок тепловіддавання від корпусу світильника до довкілля.



1 - світлодіоди; 2 - трансформатор; 3 - радіатор; 4 - корпус; 5 - перепад температури «корпус-довкілля»; 6 - перепад температури «радіатор-довкілля»

**Рисунок 2** – Температурна діаграма дослідження модернізованого світильника

Величину теплового потоку від ділянки поверхні корпусу, що є радіатором для трансформатора  $Q_{\text{зад}}$ , розраховували за формулою:

$$Q_{\text{зад}} = \sigma_0 \cdot \varepsilon \cdot \left[ \left( \frac{T_k}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_d}{100} \right)^4 \right] \cdot F_p + \alpha_{\text{конв}} \cdot (T_k - T_d) \cdot F_p, \quad (1)$$

де  $\sigma_0$  – коефіцієнт випромінювання, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $\varepsilon$  – ступінь чорноти корпусу, для неполірованого алюмінію  $\varepsilon = 0,07$  [2];  $F_p$  – площа ділянки тепловіддавання, у нашому разі  $F_p = 0,0135$  м<sup>2</sup>;  $T_k$ ,  $T_d$  – відповідно температура корпусу світильника та довкілля, К;  $\alpha_{\text{конв}}$  – коефіцієнт тепловіддавання конвекцією, Вт/(м<sup>2</sup>·К), для горизонтальної поверхні використовували формулу [3]

$$\alpha_{\text{конв}} = 3,3(T_k - T_d)^{0,25}. \quad (2)$$

Результати розрахунків подано у табл. 1.

Випробування модернізованого приладу та виконані розрахунки свідчать, що під час використання як радіатора трансформатора знімної кришки світильника покращуються умови його роботи. Так, за температури довкілля 30 °С температура корпусу трансформатора не перевищує 62 °С, за температу-

ри довкілля 40 °С – рівня 71 °С, а за температури 50 °С – рівня 78 °С. Температура ділянки кришки, що

**Таблиця 1** – Ефективність використання кришки-радіатора

Температура довкілля, °С	Тепловий потік від поверхні ділянки кришки, Вт:						Змінювання теплового потоку, Вт
	з трансформатором			без трансформатора			
	випр.	конв.	сум.	випр.	конв.	сум.	
30	0,124	1,767	1,891	0,184	2,742	2,926	1,035
40	0,223	1,767	1,990	0,170	2,366	2,536	0,546
50	0,243	1,767	2,010	0,185	2,244	2,429	0,419

служить тепловим радіатором, підвищується та забезпечує більший перепад температури між радіатором і довкіллям, а, отже, і поліпшення умов відведення теплоти від трансформатора. Величина теплового потоку від поверхні теплового радіатора трансформатора збільшилася у робочому інтервалі температури до 2,43...2,93 Вт (на 0,42...1,04 Вт), що забезпечує пониження температури трансформатора на 10...15 °С. При цьому величина променистої складової теплового потоку охолодження від поверхні світильника у довкілля значно менше його конвективної складової, що пов'язано з низькою мірою чорноти матеріалу корпусу та рівнем температури тіл, що беруть участь у теплообміні.

У разі відкладення пилу та попадання прямого сонячного випромінювання на корпус світильника, а також на ділянку радіатора трансформатора є можливим зниження ефективності відведення теплоти та, як наслідок, підвищення температури трансформатора до критичної величини (90 °С).

#### Висновки.

1. Впровадження світлодіодних світильників суттєво підвищує рівномірність і стабільність освітлення робочої зони, додержує спектральний склад і кольорову гаму світла, що сприяє покращенню умов праці у металургії та зниженню ризику нещасних випадків.

2. Лабораторні дослідження свідчать про надійність роботи світильників за температури довкілля до 50 °С.

3. Встановлено, що використання світлодіодних світильників є можливим у гарячих металургійних цехах у зоні помірного клімату або для холодного чи перехідного періоду року, а в цехах холодної прокатки, ремонтно-механічних, підготовки шихти та допоміжних цехів – для любого періоду року.

**Бібліографічний список**

1. **Третьяков, О. В.** Охорона праці [Текст] : навч. посібник / О. В. Третьяков, В. В. Зацарний, В. Л. Безсонний ; під ред. К. Н. Ткачука. – Київ : Знання, 2010. – 167 с. – Бібліогр.: с. 165-166. – 300 прим. – ISBN 978-966-346-605-7.
2. **ДБН В.2.5-28-2006.** Природне і штучне освітлення. – Мінбуд України. : Київ, 2006.
3. **Полещук, А.** Концепция применения светильников со светодиодами в целях реализации программы энергосберегающего освещения [Текст] / А. Полищук, А. Туркин // Компоненты и технологии. – 2007. – № 11. – С. 92-95. – Библиогр.: с. 95.
4. **Казанцев, Е. И.** Промышленные печи [Текст] : учеб. пособие / Е. И. Казанцев; 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1975. – 367 с. – Библиогр.: с. 359-363. – 17000 экз.
5. **Свинолобов, Н. П.** Теоретические основы теплотехники [Текст] : учебн. пособие / Н. П. Свинолобов, В. Л. Бровкин. – Днепропетровск : Пороги, 2002. – 226 с. – Библиогр.: с. 221-222. – 300 экз.

Стаття надійшла до редакції 26.09.2014 р.  
Рецензент, проф. М.В. Губинський

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука  
<http://www.zgia.zp.ua>