

УДК 612.591+628.586

## ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ НОМОГРАММ

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
РАГИМОВ С. Ю.<sup>2</sup>, *к.т.н., доц.*,  
РАБИЧ Е. В.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*,  
ШАРАНОВА Ю. Г.<sup>4</sup>, *ст. преп.*

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: [sergragimov@mail.ru](mailto:sergragimov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>3</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [elena.rabich@gmail.com](mailto:elena.rabich@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

<sup>4</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-я, 49600, Днепр, Украина, 49600, тел. 067 995-38-77, e-mail: [Sharanova2013@mail.ua](mailto:Sharanova2013@mail.ua), ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

**Аннотация.** *Цель.* Повышение безопасности условий труда на рабочих местах с повышенным тепловым излучением. *Методика.* При проведении экспериментальных замеров в производственных условиях и теоретических расчетных построена номограмма, которая позволяет определять интенсивность теплового излучения на рабочих местах. *Результаты.* Проведенные исследования показали, что на рассмотренных рабочих местах горячих производств, металлургических комплексах и стройиндустрии для повышения безопасности обследования условий труда от теплового излучения была создана специальная номограмма и программное обеспечение. Это позволило определять интенсивность теплового излучения на рабочих местах всего по одному – двум замерам на безопасном для исследователя расстоянии от источника теплового излучения и получить пространственную характеристику тепловых полей источника избыточного теплового излучения. *Научная новизна.* Впервые на основании исследований создана методика по оценке теплового излучения на рабочих местах. *Практическая значимость.* В результате экспериментальных и аналитических исследований разработана методика и построена номограмма, а также создано программное обеспечение, которое позволяет определять интенсивность теплового излучения на рабочих местах.

*Ключевые слова:* безопасность условий труда; номограмма; интенсивности теплового излучения.

## ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ З ЗАСТОСУВАННЯМ УНІВЕРСАЛЬНИХ НОМОГРАМ

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
РАГИМОВ С. Ю.<sup>2</sup>, *к.т.н., доц.*,  
РАБИЧ О. В.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*,  
ШАРАНОВА Ю. Г.<sup>4</sup>, *ст. викл.*

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 7563-4-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського 94, 61023, Харків, Україна, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: [sergragimov@mail.ru](mailto:sergragimov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>3</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [elena.rabich@gmail.com](mailto:elena.rabich@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

<sup>4</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпро, Україна, 49600, тел. 067 995-38-77, e-mail: [Sharanova2013@mail.ua](mailto:Sharanova2013@mail.ua), ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

**Анотація. Мета.** Підвищення безпеки умов праці на робочих місцях з підвищеним тепловим випромінюванням. **Методика.** При проведенні експериментальних вимірів у виробничих умовах та теоретичних розрахункових була побудована номограма, що дозволило визначати інтенсивність теплового випромінювання на робочих місцях. **Результати.** Проведені дослідження показали, що на робочих місцях гарячих виробництв, металургійних комплексах і будівництва для підвищення безпеки обстеження умов праці від теплового випромінювання, була створена спеціальна номограма і програмне забезпечення. Це дозволяє визначати інтенсивність теплового випромінювання на робочих місцях всього поодиноці – двом вимірам на безпечній для дослідника відстані і отримати просторову характеристику теплових полів джерела надлишкового теплового випромінювання. **Наукова новизна.** Вперше на підставі досліджень створена методика, яка дозволяє визначити оцінку теплового випромінювання на робочих місцях. **Практичне значення.** В результаті експериментальних і аналітичних досліджень розроблена методика та побудована номограма, створене програмне забезпечення, яке дозволяє визначати інтенсивність теплового випромінювання на робочих місцях.

*Ключові слова:* безпека умов праці; номограма; інтенсивність теплового випромінювання.

## ESTIMATION OF INTENSITY OF THERMAL RADIATION ON WORKPLACES WITH THE USE OF UNIVERSAL NORMOGRAPH

BELIKOV A. S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
RAHIMOV S. Yu.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
RABICH H. V.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
SHARANOVA U. G.<sup>4</sup>, *Sen. Teach.*

<sup>1</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: [sergragimov@mail.ru](mailto:sergragimov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>3</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: [elena.rabich@gmail.com](mailto:elena.rabich@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5600-0470

<sup>4</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-57, [Sharanova2013@mail.ua](mailto:Sharanova2013@mail.ua), ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

**Abstract. Aim.** Improving the safety of working conditions in workplaces with increased thermal radiation. **Methodology.** The normograph allows one to determine the intensity of thermal radiation at workplaces by carrying out experimental measurements in production conditions and theoretical calculations. **Results.** The conducted researches showed that at the workplaces of hot industries, metallurgical complexes and construction industry considered above, a special nomogram and software was created to increase the safety of inspection of working conditions from thermal radiation. This made it possible to determine the intensity of thermal radiation at workplaces by only one or two measurements at a safe distance from the source of thermal radiation for the researcher and obtain a spatial characteristic of the thermal fields of the source of excess thermal radiation. **Scientific novelty.** A method for estimating thermal radiation in the workplace has been developed for the first time on the basis of research. **Practical significance.** A methodology was developed and a normograph was built as a result of experimental and analytical studies. Also was created software that allows to determine the intensity of thermal radiation at workplaces.

*Key words:* safety of working conditions; normograph; intensity of thermal radiation.

### Введение

Проведенный анализ условий труда в целом ряде отраслей промышленности: металлургической, химической и строительной индустрии, показал, что на многих производствах присутствует целый ряд негативных факторов (шум, вибрация, запыленность, загазованность, повышенная температура и т.д.). Как показал анализ условий труда в этих отраслях, одним из наиболее неблагоприятных факторов является,

избыточное тепловое излучение, которое, снижает работоспособность и сказывается на здоровье работающих. Установлено, что тепловое излучение влияет на внутренние органы и центральную нервную систему. Поэтому оценка терморadiационной опасности является важной актуальной задачей.

**Цель**

Целью работы является разработка упрощенной методики для оценки термодинамической напряженности на рабочих местах.

**Материал**

На основе проведенных исследований была построена зависимость изменения величины интенсивности излучения.

На рис.1. представлены кривые изменения интенсивности  $E$  от угла  $\varphi_2$ : изменяя значение яркости источника (аналог интенсивности  $E$ ) мы будем увеличивать кривизну линий (A).

Таким образом, задав значения  $E_0$  от  $100 \text{ Вт/м}^2$  до  $E_0 = 16000 \text{ Вт/м}^2$  и изменяя точки замеров от  $\varphi_2 = 1$  до  $\varphi_2 = 58^\circ$ : при неизменном размере окна, получим семейство кривых рис. 1. со значениями  $E_0$ ;  $\varphi_2$  и  $A$  от 10 до 2900000. Для удобства работы и интерполяции промежуточных значений был представлен рис. 1. в логарифмический масштаб рис. 2. [4, 7].

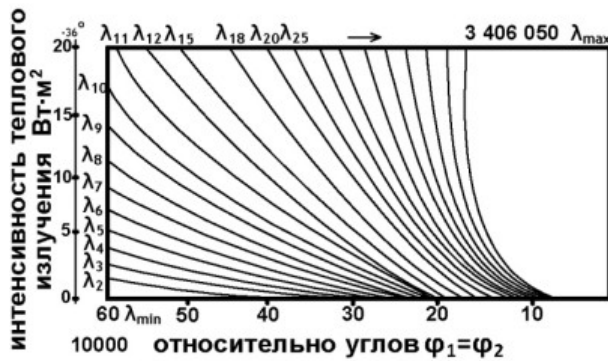


Рис. 1. Изменение интенсивности от  $\varphi_2$  – угла зрения источника от точки замера / Change in intensity with  $\varphi_2$ , an angle of view of source from the indication point

Следующей важной характеристикой моделирования является влияние зависимости углов зрения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  от отношения  $\delta$  расстояний точки замеров  $h_1$  до искомой точки замера  $h_2$ .

$$\delta = \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{tg } \frac{\varphi_2}{2}}{\text{tg } \frac{\varphi_1}{2}}$$

Для построения этого семейства кривых принимаем:

$$\varphi_{2\max} = 60^\circ ; \varphi_{2\min} = 0^\circ ; \Delta\varphi_2 = 2^\circ$$

$$\varphi_{1\max} = 60^\circ ; \varphi_{1\min} = 1^\circ ; \Delta\varphi_1 = 1^\circ$$

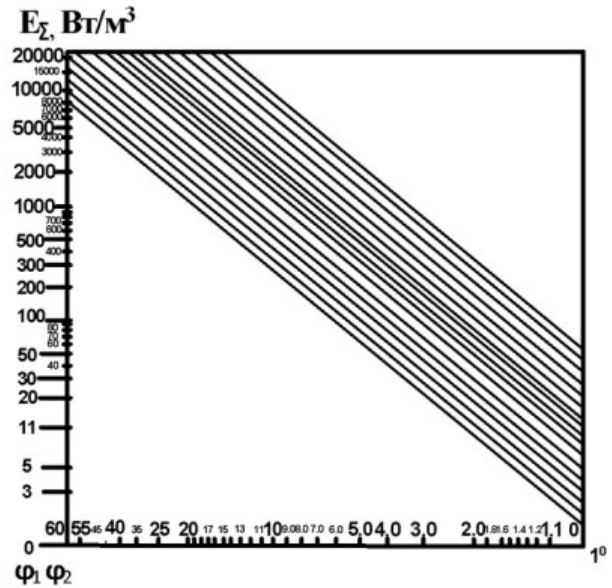


Рис. 2. Зависимость изменения величины  $A, E_0$  от угла зрения  $\varphi_2$  в логарифмическом масштабе / Change in value  $A, E_0$  with the angle of view  $\varphi_2$ , drawn at the logarithmic scale

Здесь мы сталкиваемся с проблемой погрешности колебания на участке  $\varphi_2$  и  $\varphi_1$  от  $10^\circ$  до  $0^\circ$  и  $\delta$  – от 10 до 60. Аналогично зависимости приведенной на рис. 1.

Решаем эту проблему аналогично с предыдущими рисунками 1, 2 и переведем значения кривых на рис. 3 в логарифмический масштаб и получим рис. 4, что облегчит работу с номограммой.

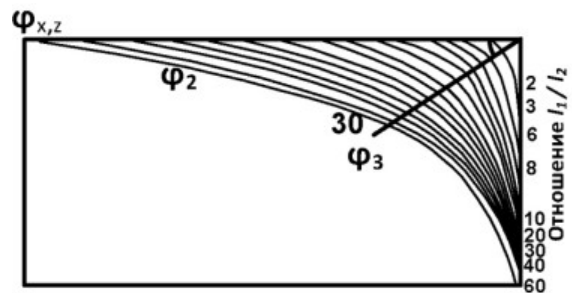


Рис. 3. Зависимость изменения углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  / Variation graph of  $\varphi_1$  and  $\varphi_2$

Для удобства работы объединим оба рисунка рис. 2 и рис. 4, выполненных в логарифмическом масштабе и получим универсальную номограмму, полученную на основе экспериментальных замеров по световому моделированию и кривых построенных на основе расчетов рис. 5.

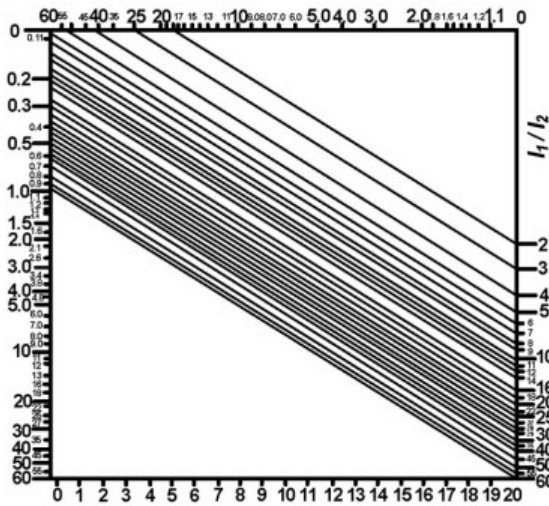


Рис. 4. Зависимость изменения углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  от отношения  $\delta$  в логарифмическом масштабе / Change in angles  $\varphi_1$  and  $\varphi_2$  with the ratio of  $\delta$ , drawn at the logarithmic scale

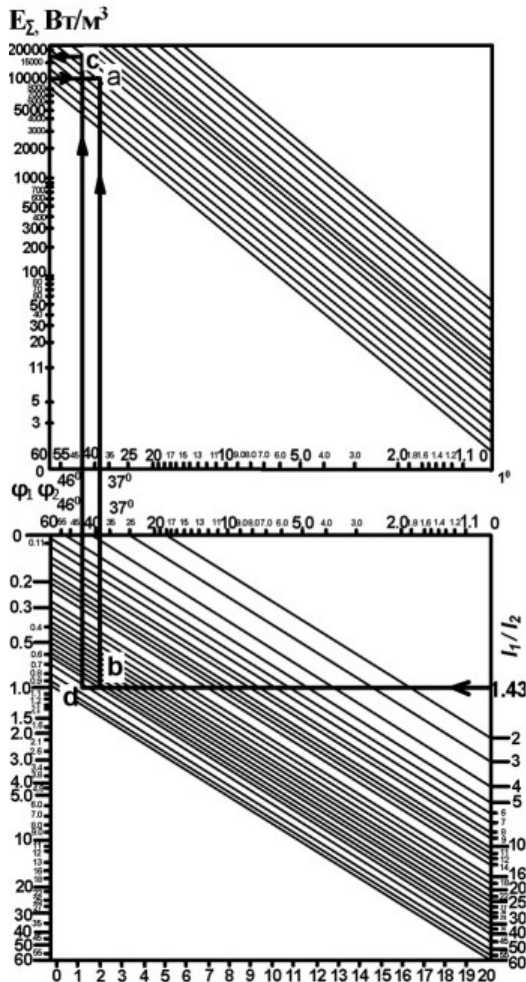


Рис. 5. Универсальная номограмма зависимости изменения углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  от отношения  $\delta$  / Universal nomograph of change angles  $\varphi_1$  and  $\varphi_2$  with the ratio of  $\delta$

Проверка экспериментальных данных светового моделирования, экспериментальных замеров в производственных условиях и теоретических расчетных данных по номограмме показывают хорошую сходимость. Теоретические кривые адекватно описывают терморadiационный процесс. Проверка на адекватность проводилась по критерию Фишера и корреляционному отношению. Корреляционные отношения не ниже 0,98. Проверка на нормативность распределения проводилась по критерию  $\chi^2$  – квадрат.

### Результаты

Проведенные исследования показали, что на рассмотренных рабочих местах горячих производств, металлургических комплексах и стройиндустрии для повышения безопасности обледования условий труда от теплового излучения была создана специальная номограмма и программное обеспечение. Это позволило определять интенсивность теплового излучения на рабочих местах всего по одному – двум замерам на безопасном для исследователя расстоянии от источника теплового излучения и получить пространственную характеристику тепловых полей источника избыточного теплового излучения.

### Научная новизна и практическая ценность

Впервые на основании исследований создана методика по оценке теплового излучения на рабочих местах. В результате экспериментальных и аналитических исследований разработана методика и построена номограмма, а также создано программное обеспечение, которое позволяет определять интенсивность теплового излучения на рабочих местах.

### Выводы.

1. На основании физического моделирования установлены закономерности изменения термической напряженности в зависимости от точки измерения и угла излучения.
2. На основании экспериментальных исследований разработана универсальная номограмма для оценки интенсивности теплового излучения на рабочих местах.
3. Разработано программное обеспечение для построения карт размещения тепловых полей от технологического оборудования и неорганизованных источников избыточного теплового излучения.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жирнова Г.Е. ИЖ излучение на производстве и роль спектрального состава, его воздействие на организм человека. М.: Госмедиздат, 1955.
2. Левицкий В.А. Проблема лучисто-конвекционной теплоты. Гигиена труда и техника безопасности, 1934, №6, с.22-31.
3. Курляндская Ю.Б. К механизму действия лучистой энергии. Автореф. дис. канд. мед. наук. М., 1959, С.2-55.
4. Рагимов С.Ю. Разработка универсальных номограмм для оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель та споруд. – Макіївка, - 2010.- Вип.5(85).- С.406-411.
5. Познанская И.Б. Кожная чувствительность к видимому и ИК облучению. Физиол.ж. СССР, 1938, с.24, в.4, С.474-783.
6. Зайдшнур И. А. Материалы по механизму действия на организм человека ИК радиации. В кн. физические факторы внешней среды. М., 1960, С.282-290.
7. Рагимов С.Ю. Нормирование теплового излучения на рабочих местах / А.С. Беликов, С.Ю. Рагимов, В.А. Шаломов, Ю.Ф. Стаценко // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. – Дніпропетровськ, - 2009.- Вип.49.- С.183-187.

## REFERENCES

1. Zhirnova G.E. *Infrakrasnoe izluchenie na proizvodstve i rol' spektral'nogo sostava ego v dejstvii na organizm cheloveka: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Infrared radiation in the industry and the role of its spectral composition in effect on the human body: author's abstract of PhD dissertation]. Kiev. med. in-t im. akad. A.A. Bogomol'ca [Kiev Medical Institute named after A.A. Bogomolec]. Kiev: [s. n.], 1955, 10 p. (in Russian).
2. Levickij V.A. *Problema luchisto-konvekcionnoj teploty* [The problem of radiant-convection heat]. *Gigiena i bezopasnost' truda* [Hygiene and work safety]. 1934, no. 6, pp. 22–31. (in Russian).
3. Kurlyandskaya Yu.B. *K mexanizmu dejstviya luchistoj energii: avtoref. dis. kand. med. nauk* [To the mechanism of of radiant energy effect: the dissertation author's abstract of Cand. Sc. (Med.)]. Moskva, 1959. (in Russian).
4. Ragimov S.Yu. Development of universal normogramph for the estimation of intensity of thermal irradiation on the workplaces of // *Visnik Donbas'ko nazional akadem budivniztva arhitektur* – Makivka, - 2010.- Vip.5(85).- S.406-411.
5. Poznanskaya I.B. *Kozhnaya chuvstvitel'nost' k vidimomu i IK obluchenyu* [Skin sensitivity to the visible and infrared radiation]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova* [The physiological journal of the USSR named after I.M. Sechenov]. 1938, vol. 24, iss. 4, pp. 474–783. (in Russian).
6. Zajdshnur I.A. *Materialy po mexanizmu dejstviya na organizm cheloveka infrakrasnoj radiacii* [Materials on the mechanism of infrared radiation effect on the human body]. *Fizicheskie faktory vneshnej sredy* [The environment physical factors]. In-t gigieny truda i prof. zabolevanij akad med. nauk SSSR [Institute of Occupational Health and Occupational Diseases of the Academy of Medical Sciences of the USSR]. Moskva: [s. n.], 1960, pp. 282–290. (in Russian).
7. Ragimov S.Yu. Setting of norms of thermal radiation on workplaces / A.S. Belikov, S.Yu. Ragimov, V.A. Shalomov, Yu.F. Statsenko // *Budivnitstvo, materialovedenie, mashinostroenie*. – Dnipropetrovs'k, - 2009.- Vip.49.- S.183-187.

*Стаття рекомендована до публікації д-ром. техн. наук, проф. С. З. Поліщук (Україна).*

Стаття поступила до редколегії 25.04.2017