

УДК 614.89:669

С.Ю. РАГИМОВ

ГВУЗ "Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры"

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ НОМОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Рассматривается построение универсальных номограмм для оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах.

инфракрасное излучение, радиационное излучение, энергетическая освещенность

Актуальность. На сегодняшний день в Украине более 3 млн. человек работают в условиях, не удовлетворяющих требованиям санитарно-технических норм, которые приводят к массовым профессиональным заболеваниям. Оценка негативного влияния инфракрасного излучения на работающих и защита от него является одной из важнейших задач охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах показал, что применяемые приборы и оборудование и сам процесс измерения из-за конструктивных недостатков и влияния теплового поля имеет значительные погрешности. Поэтому нами проведены исследования оценки интенсивности облучения рабочих мест и выведены универсальные номограммы, которые должны упростить процесс измерений.

Цель работы. Разработать универсальные номограммы для оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах, которые упростят процесс измерений.

Методика исследования. Используя допущения о том, что размеры теплового излучения принимаем максимальные 6х6 метров, а минимальные – 0,2х0,2 м, интенсивности теплового облучения $E_{0max} = 16000 \text{ Вт/м}^2$; $E_{0min} = 100 \text{ Вт/м}^2$; расстояния от источника до точки замера не более 20 м, получаем значение $A_{max} = 2900000$; $A_{min} = 10,0$; $\Delta A = 100000$.

$$\varphi_{1max} = 58^\circ; \quad \varphi_{1min} = 1^\circ; \quad \max \Delta\varphi = 1^\circ$$

Внешний цикл расчета меняется A с шагом ΔA .

Внутренний цикл расчета меняется φ_1 с шагом 1° .

На рис. 1 получено семейство кривых, характеризующих источники теплового излучения. Однако пользоваться ею не очень удобно, особенно в области от 30° до 0° и $E_0 = 7 \times 10^3 \text{ Вт/м}^2$ до 0 . Высокая насыщенность и близость расположения кривых друг от друга усложняет работу и вносит существенную погрешность.

Согласно разработанной схемы измерения выбираем точки замеров h_1 и h_2 .

Следующей важной характеристикой моделирования является влияние зависимости углов зрения φ_1 и φ_2 от отношения δ расстояний точки замеров h_1 до искомой точки замера h_2 .

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

Для построения этого семейства кривых принимаем:

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

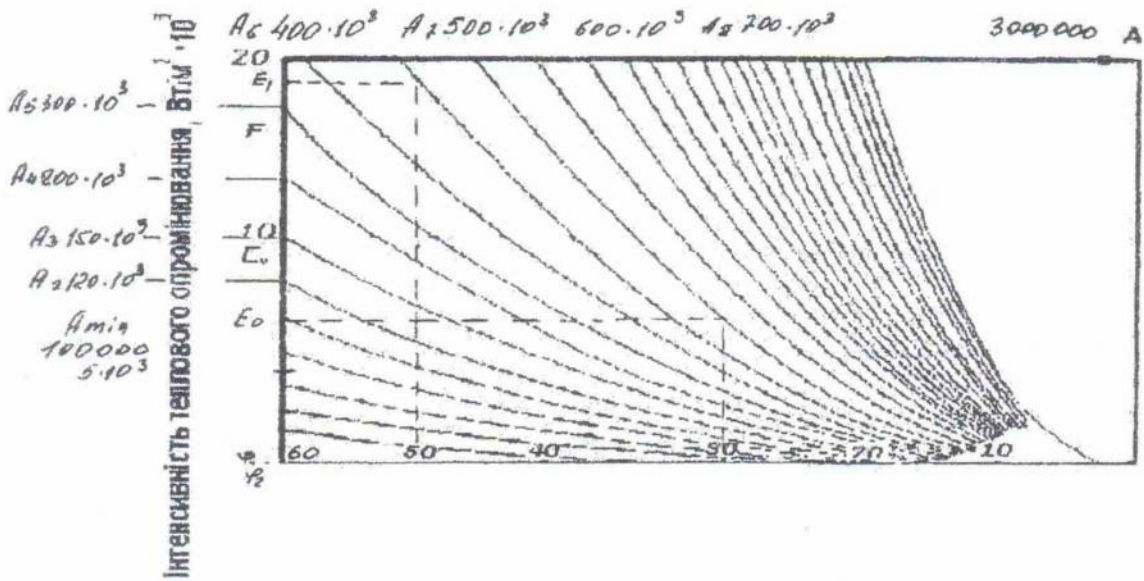
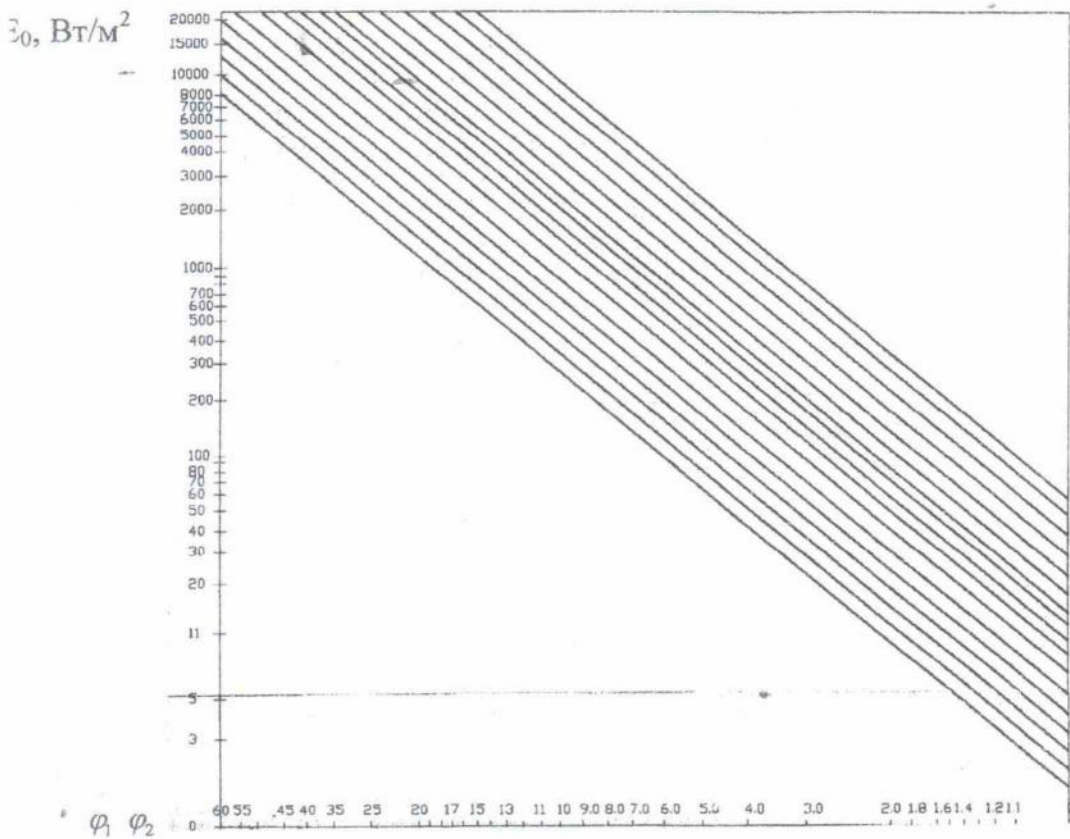


Рисунок 1 — Зависимость изменения величины A от угла зрения φ.

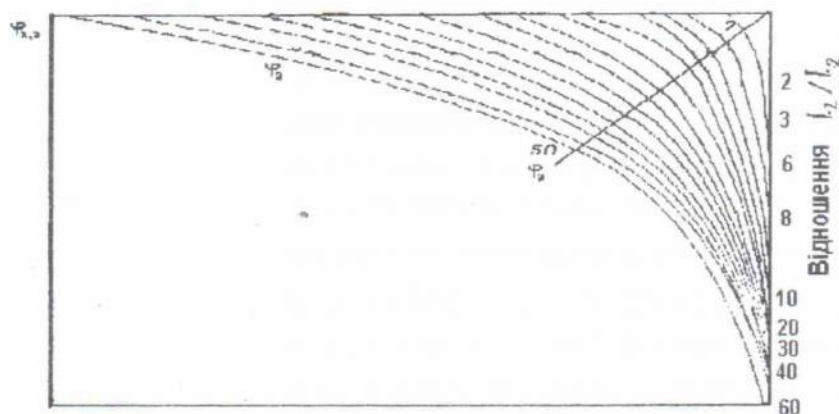
$$\varphi_{1\max} = 60^{\circ}; \varphi_{1\min} = 1^{\circ}; \Delta\varphi_1 = 1^{\circ}.$$

ь мы так же сталкиваемся с проблемой погрешности колебания на участке φ_1, φ_2 от 10° до 0 : и δ 0 до 60 . Аналогично зависимости приведенной на рис. 2.

аем эту проблему аналогично с предыдущими рисунками и переводим значения кривых на логарифмический масштаб и получаем рис. 4.



сунк 2 — Зависимость изменения величины A от угла зрения φ_1 и φ_2 в логарифмическом масштабе.

Рисунок 3 – Зависимость изменения углов ϕ_1 и ϕ_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.

Проверка экспериментальных данных светового моделирования, экспериментальных замеров производственных условиях и теоретических расчетных данных по номограмме показывают хорошую сходимость. Теоретические кривые адекватно описывают терморрадиационный процесс. Проверка на адекватность проводилась по критерию Фишера и корреляционному отношению. Корреляционное отношение не ниже 0,98. Проверка на нормативность распределения проводилась по критерию X_u – квадрат.

Корреляционные отношения R рассчитывались по формуле

$$R = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - x_p)^2}{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}},$$

x_p – расчетное значение облученности точки.

Критерий Фишера рассчитывали по формуле:

$$F = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 * \left[\sum_{i=1}^k (x_i - x_p)^2 \right]^{-1}.$$

Полученная номограмма позволяет оперативно, точно определять интенсивность типового сечения на любом расстоянии от источника теплового излучения и создавать безопасные условия труда для исследователей.

Для пользования номограммой в случае сложности и опасности измерения величины теплооблученности необходимо от значения E_b (рис. 2) провести горизонталь до пересечения с углом зрения источника излучения ϕ_1 , от точки пересечения восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямыми. Прямые характеризуют безотносительные кривые характеризующие источник излучения. Затем определяем отношение величин – $\delta = \frac{l_1}{l_2}$ от точки δ проводим горизонталь до пересечения с прямой пересечения ϕ_2 ; точка пересечения покажет угол ϕ_2 от точки пересечения δ и ϕ_2 , восстанавливаем перпендикуляр до линии A , с которой пересеклась линия E_b , определяем искомое значение.

Для определения погрешностей расчета, подставив ранее полученные выражения, получим:

$$\left(\frac{4 + 4 \cos \phi_1}{\sin \phi_1} \right)^2 + 1 = \frac{4L_1^2 + a}{a^2}.$$

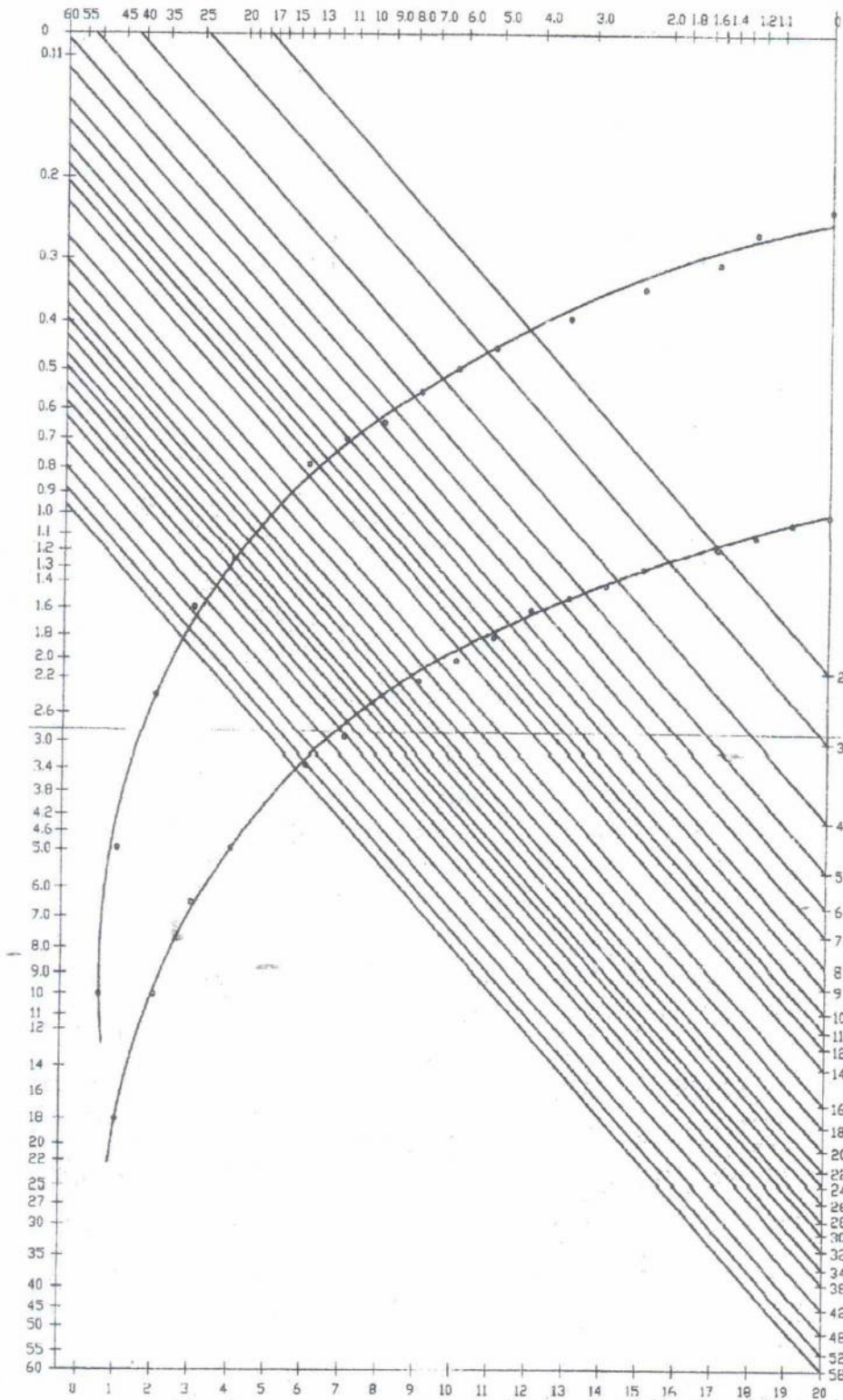


Рисунок 4 — Зависимость изменения углов φ_1 и φ_2 от отношения δ в логарифмическом масштабе.

$$A = E_0 \frac{\sqrt{4L_1^2 + a^2}}{a \cdot \arctg \frac{1}{\sqrt{4L_1^2 + a^2}}} \quad (4)$$

ставляя значение A в формулу, получим окончательную зависимость:

$$E = E_0 \frac{\sqrt{4L_1^2 + a^2} \operatorname{arctg} \frac{a}{\sqrt{4L_2^2 + a^2}}}{\sqrt{4L_2^2 + a^2} \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{4L_2^2 + a^2}}} = E(E_0; L_1; L_2; a), \quad (5)$$

где E — искомая величина.

примем:

$\Delta L_2 = 0$, т.к. L_2 конкретно задано без изменения;

$\Delta E_0 = 0,05$, т.е. погрешность радиометра $\pm 5\%$;

$\Delta L_1 = 0,01$; т.к. точность определения расстояния $\pm 0,01$ м;

$\Delta \varphi_1 = 0,003$ т.к. точность измерения угла $\pm 1^\circ$ или 0,01.

тогда

$$\Delta E = \left| \frac{de}{de_0} \right| \Delta E_0 + \left| \frac{de}{dL_1} \right| \Delta L_1 + \left| \frac{de}{da} \right| \Delta a,$$

обозначим

$$\sqrt{4L_1^2 + a^2} = b_1; \quad \sqrt{4L_2^2 + a^2} = b_2,$$

$$\operatorname{arctg} \frac{a}{\sqrt{4L_2^2 + a^2}} = C_1; \quad \operatorname{arctg} \frac{a}{\sqrt{4L_1^2 + a^2}} = C_2$$

δ_0 — погрешность измерения E_0 , тогда после преобразования общая погрешность будет равна:

$$\delta = \frac{b_1}{b_2} * \frac{c_2}{c_1} \delta_0 + \frac{c_2}{b_2 c_1^2} \left[\frac{4L_1}{b_1} c_1 + \frac{4aL_1}{4L_1^2 + 2a^2} \right] \Delta L_1 +$$

$$+ \left| \frac{\left[\frac{a}{b_1} c_1 + \frac{4L_1^2 b_1}{(4L_1^2 + 2a^2) b_2} \right] b_2 c_1 - \left[\frac{a}{b_2} c_1 + \frac{4L_1^2 b_1}{(4L_1^2 + 2a^2) b_1} \right] b_1 c_1}{b_2^2 L_2^2} \right| \Delta a$$

где $\Delta a = \Delta l_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} + \frac{L_1}{2 \cos^2 \frac{\varphi_1}{2} * \Delta \varphi}$.

Из выражения 7 видно, что максимальная погрешность будет при $L = \max$; $L_2 = \min$; $a = \min$; $\varphi_1 = \min$. Представим себе наихудшее стечение неблагоприятных факторов при измерении:

$$l_1 = 20 \text{ м}; \quad l_2 = 1 \text{ м}; \quad a = 0,5 \text{ м}; \quad \varphi_{\min} = 4 + 6^\circ;$$

тогда максимальная погрешность определения интенсивности теплового облучения по номограмме будет:

$$\delta_{\max} = 0,082, \text{ т.е. } 8,2\%.$$

Выводы. Предложенная методика позволяет наиболее точно производить оценку термической напряженности на рабочем месте по сравнению с существующими методиками [1-5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Методические рекомендации по применению теплозащитных средств в горячих цехах металлургической промышленности. — К.: — Минздрав УССР. — 1983. — 33 с.
- Крикунов Г. Н., Беликов А. С., Шлыков Н. Ю., Кияница А. О. Снижение пожароопасности объектов в проектных решениях. — Сб. науч. тр. "Экономика, менеджмент, маркетинг, управление проектами, организация". — Дн-ск: Наука и образование. — 2003. — Вып. №3. — С.89-92.
- Беликов А. С. Кияница А. А., Шлыков Н. Ю. Рабич Е. В. Нормирование и оценка теплового излучения на рабочих местах. — Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. Научн. трудов. — Днепропетровск: ПГАСиА, — 2005. — Вып. 33. — С. 99-109.
- ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. — К.: МОЗ, — 1999.
- Герашенко О. А. Царенко Н. В., Сажина С. А., Грабовский В. В. Измерения лучистой составляющей в диапазоне спектра 1-8 мкм. Вестник Киевского политехнического института. Серийного приборостроения. — 1977. — Вып. 7. — С.40-42.

С. Ю. РАГИМОВ

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНИХ НОМОГРАМ ДЛЯ ОЦІНКИ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва і архітектури"

Розглядається побудова універсальних номограм для оцінки інтенсивності теплового опромінення на робочих місцях.

інфрачервоне випромінювання, радіаційне випромінювання, енергетична освітленість

S. YU. RAGIMOV

DEVELOPMENT OF UNIVERSAL NOMOGRAMM FOR THE ESTIMATION OF INTENSITY OF THERMAL IRRADIATION ON WORKPLACES

SHEE "Prydniprov's'k State Academy of Civil Engineering and Architecture"

The construction of universal nomogramm is examined for the estimation of intensity of thermal irradiation on workplaces.

infra-red radiation, radiation, power luminosity

гімов Сергій Юсубович — підполковник служби цивільного захисту науково-дослідного інституту пожежної безпеки Міністерства з надзвичайних ситуацій України. Наукові інтереси: пожежна безпека і охорона праці.

гімов Сергей Юсубович — подполковник служби гражданской защиты научно-исследовательского института жарной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Украины. Научные интересы: пожарная безопасность и охрана труда.

gimov Sergey Yusubovich — a lieutenant colonel of Service of Civil Defense of the Research Institute of Fire Safety of Ministry on the Extraordinary Situations in Ukraine. Scientific interests: fire safety and labour protection.