

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-10-63-72

Крюков И.В., *Чуриков А.С., ¹Питинова Д.С., ¹Комов Д.Д., Засыпкина А.М.*Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова***E-mail: churikov.toni@mail.ru*

ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИК-ОБОГРЕВАТЕЛЯ В НЕПОСТОЯННОМ РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Аннотация. В статье исследуется эффективность использования инфракрасных обогревателей для создания оптимального микроклимата на непостоянных рабочих местах в производственных помещениях. В качестве объекта изучения выбран инфракрасный обогреватель модели BALLU BIH-AP4-1.0-W, относящийся к классу длинноволновых излучателей. Основное внимание уделено анализу динамики нагрева, пространственного распределения теплового излучения и энергоэффективности устройства. Экспериментальные данные показали, что обогреватель достигает максимальной интенсивности излучения за 13 минут, а распределение тепла подчиняется закону обратных квадратов с коэффициентом ослабления 1.7–2.0 при горизонтальном смещении на 1.2 м от центра.

Исследование также выявило различия в нагреве материалов: дерево нагревается медленнее, но сохраняет тепло дольше, тогда как стальные поверхности быстро достигают высокой температуры, но подвержены колебаниям из-за высокой теплопроводности. На основе результатов предложены практические рекомендации по размещению обогревателей, регулированию мощности и мониторингу параметров микроклимата. Применение инфракрасных обогревателей позволяет снизить энергопотребление по сравнению с традиционными системами отопления, обеспечивая направленное и комфортное тепловое воздействие. Результаты работы могут быть полезны для проектирования систем локального обогрева в промышленных условиях.

Ключевые слова: инфракрасные обогреватели, микроклимат, энергоэффективность, тепловое излучение, производственные помещения, локальный обогрев.

Введение. В современных условиях одной из наиболее актуальных задач исследований в области «Теплогасоснабжение и вентиляция» является обеспечение оптимальных условий микроклимата помещений, в которых человек работает, проживает или ведет досуг. К основным параметрам микроклимата относят: относительную влажность, температуру, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения. Каждый из этих параметров имеет свои особенности, которые необходимо учитывать в зависимости от типа помещения, его назначения и местоположения. В данной работе внимание акцентируемо на температуре и интенсивности теплового излучения внутри помещений производственного назначения.

В настоящее время системы водяного отопления являются наиболее распространённым способом обогрева жилых и административных помещений благодаря своей эффективности, надёжности и способности обеспечивать равномерное распределение тепла в помещениях различной площади. Однако, обеспечение такими системами помещений производственного назначения не всегда является рациональным из-за больших объемов и сложности подведения коммуникаций к цехам, которые, как правило, находятся вдали от жилых зданий. При анализе методов обеспечения микроклимата по исследуемым

параметрам выделяется использование в качестве источника тепла инфракрасных обогревателей [1–3]. Принцип работы таких обогревателей основан на радиационном теплообмене, который минимизирует затраты энергии на обогрев всего объема помещений и направленно действует на объекты, расположенные в зоне действия инфракрасного обогревателя [4–6].

Классифицировать ИК обогреватели можно по типу источника энергии и в зависимости от диапазона излучения. По типу потребляемой энергии различают: газовые, бензиновые, водяные, электрические. В зависимости от диапазона выделяют следующие группы: коротковолновые, средневолновые и длинноволновые. Преимущество ИК обогревателей обусловлено совместимостью с возобновляемыми источниками энергии, возможностью регулирования мощности обогрева и времени работы, быстрым выходом на рабочую температуру, а также отсутствием необходимости межсезонных ремонтных работ [7, 8].

Исследуемым объектом является непостоянное рабочее место – камера пескоструйной обработки цеха по нанесению покрытий. Целью работы является исследование эффективности использования инфракрасных обогревателей для обеспечения параметров микроклимата на непостоянном рабочем месте в неотапливаемом помещении производственного назначения. Задачи

исследования: изучить принцип работы инфракрасных обогревателей и их особенности применения; провести экспериментальное исследование теплового режима в зоне действия инфракрасного обогревателя; оценить энергоэффективность использования инфракрасных обогревателей; сформулировать рекомендации по применению инфракрасных обогревателей в аналогичных условиях.

Материалы и методы. В качестве источника инфракрасного излучения использовали инфракрасный обогреватель модели BALLU BIH-AP4-1.0-W, который относится к классу длинноволновых инфракрасных обогревателей. Технические характеристики обогревателя представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики инфракрасного обогревателя модели BALLU BIH-AP4-1.0-W

Мощность, кВт	Основная площадь обогрева, м ²	Напряжение питания, Вт	Длина волны излучения, мкм	Степень защиты	Высота установки, м
1	10	230	5–15	IP20	2,5–3,5

В качестве помещения для исследования использовали неотапливаемый цех, с установленным инфракрасным обогревателем в секторе поста пескоструйной обработки на высоте 2,6 м от уровня пола. Для измерения интенсивности инфракрасного излучения использовали радиометр теплового излучения ИК-метр (ООО «НТМ-защита», Россия). Диапазон измерений энергетической яркости от 165 до 5000 Вт/м²·ср. Диапазон измерений плотности теплового потока (интенсивности теплового излучения) от 10 до 2500 Вт/м². Пределы допускаемой относительной погрешности ± 6.0 %. Скорость выхода инфракрасного обогревателя на рабочий режим определяли следующим образом, на расстоянии 300 мм от поверхности обогревателя произво-

дили съемку показаний интенсивности инфракрасного излучения, до включения и после включения с частотой 1 измерение в минуту до достижения стабильных значений.

Поле интенсивности инфракрасного излучения определяли методом съемки значений радиометра с разных точек под инфракрасным обогревателем при разных высотах. Всего было девять точек, отсчет начинали с края обогревателя противоположного к проводу подачи электрического тока, за вторую точку принимали середину и край, к которому организован подвод электричества приняли за третью точку соответственно. Точки под номерами 4, 5, 6 располагали таким же образом при смещении в сторону от обогревателя на 60 см, точки 7, 8, 9 на 120 см. Схематическое изображение расположения точек для съемки показаний радиометра представлены на рисунке 1.

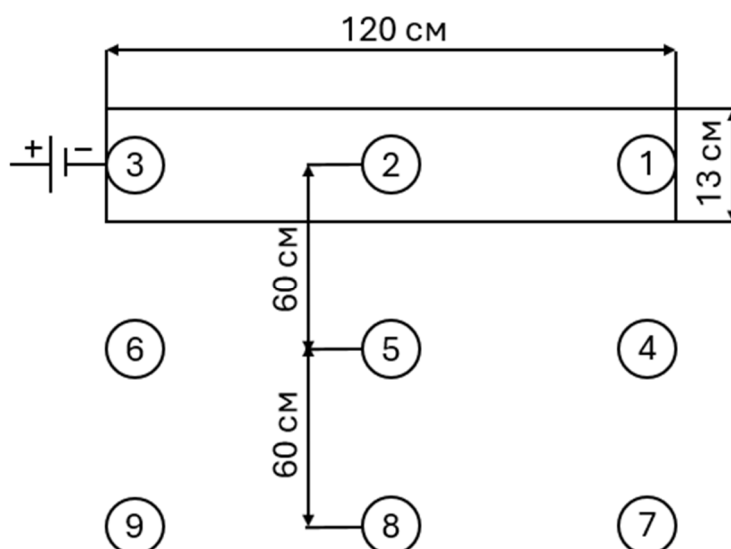


Рис. 1. Схема расположения точек в пространстве под инфракрасным обогревателем

Для обработки статистических данных для каждой точки было снято минимум 5 значений, с последующим анализом выбросов и определением относительной погрешности. Точность

съемки обеспечивали при помощи лазерной указки совмещаемой со щупом радиометра, таким образом детектор инфракрасного излучения

с большей вероятностью принимал тепловое излучение с одной и той же измеряемой точки обогревателя.

Для определения температуры поверхностей использовали тепловизор MLG 120 IR-Visual (Shenzhen Flus Technology Co., Ltd, Китай). Съемку показателей температуры производили методом расположения тепловизора по нормали к поверхности объекта нагрева на расстоянии, обеспечивающим четкое изображение и охват всей исследуемой области с учетом углового поля объектива (220x160 пикселей) и допускаемой погрешностью измерений $\pm 4^\circ\text{C}$ в соответствии с технической документацией.

Определение энергоэффективности обогревателя определяли методом наблюдения за изменением температуры различных объектов (дерево, сталь) расположенных на высоте 180 см от уровня пола при помощи тепловизора, с фиксацией показаний через каждые 5 минут до достижения стабилизации температуры нагреваемого объекта.

Основная часть. После включения инфракрасного обогревателя интенсивность теплового излучения достигла максимума за 13 минут и при условиях съемки составила 446 Вт/м^2 , динамика роста интенсивности представлена на рисунке 2.



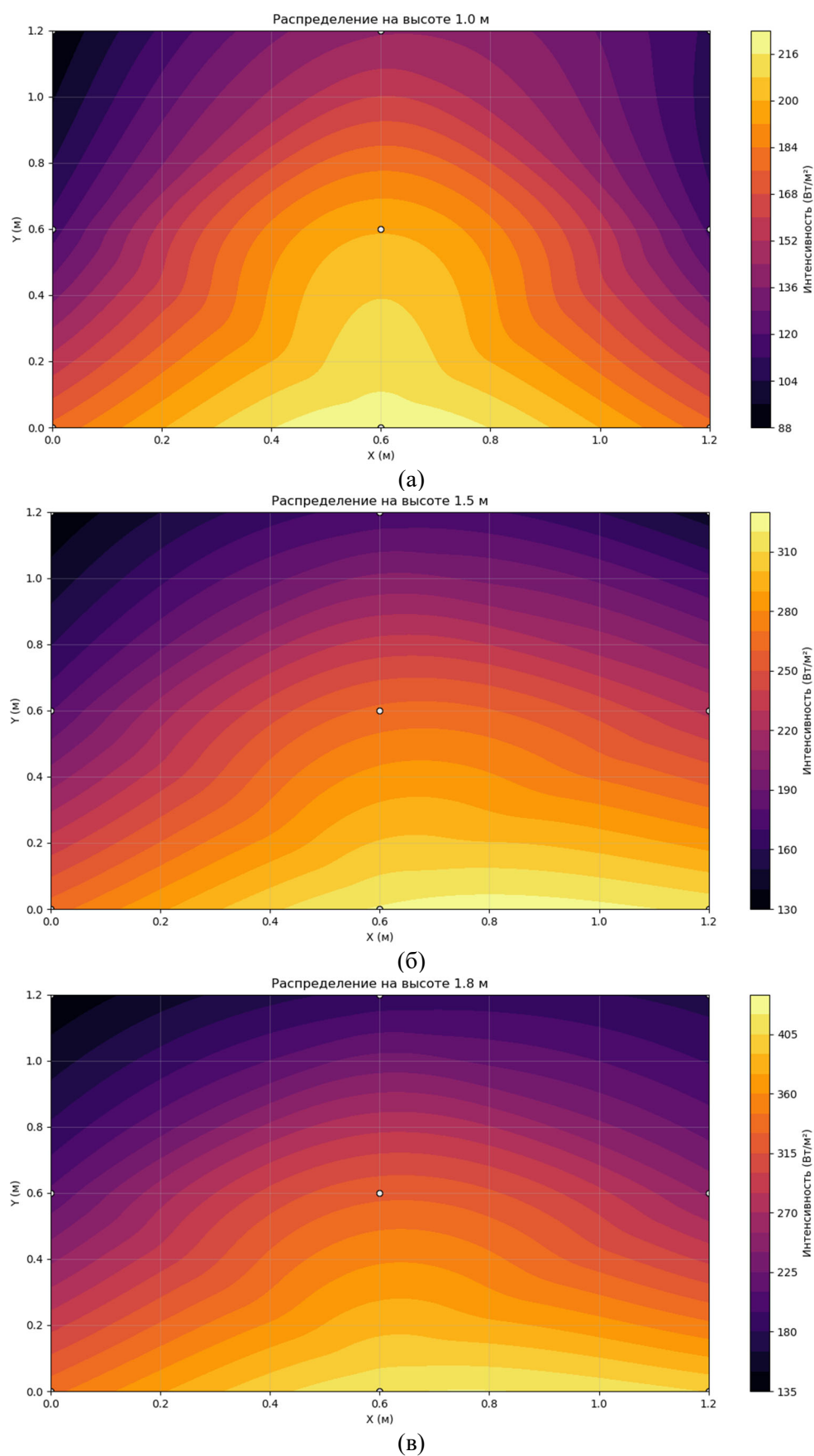
Рис. 2. Рост интенсивности излучения после включения обогревателя.

Аппроксимация полученных данных показала линейную зависимость ($R^2=0,984$), что говорит о высокой степени корреляции между временем после включения и ростом интенсивности инфракрасного излучения. В обзорной статье [9], приведена классификация инфракрасных излучателей (раздел Sources of IR Heating), где включены их параметры, включая время отклика (response time) для разных типов. Коротковолновые излучатели (галогеновые и кварцевые лампы) достигают 90% мощности излучения за 1 секунду, средневолновые (кварцевые трубки с металлическим нагревательным элементом) за 30 секунд, а длинноволновые (керамические и металлические панели), к которым относится исследуемый обогреватель согласно техническим характеристикам, за 300 секунд (5 минут). Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с теорией, так как соблюдается порядок времени выхода на рабочую температуру, а абсолютную разницу можно обосновать реальными условиями и различием методов определения данного параметра.

Для наглядности полученные данные снятые с разных точек пространства под обогревателем и при разной высоте оформили в виде тепловых карт распределения интенсивности теплового излучения.

Применение закона обратных квадратов к данным тепловых карт (Рис. 3) показало, что инфракрасный обогреватель BALLU BIH-AP4-1.0-W характеризуется направленным излучением с коэффициентом ослабления 1.7–2.0 при горизонтальном смещении на 1.2 м от центра. Это обусловлено конструкцией излучающей панели и углом рассеивания. Для точного расчета системы обогрева рекомендуется использовать экспериментальные зависимости интенсивности от расстояния, приведенные в работе.

Для оценки результатов исследования важно оценить падение интенсивности инфракрасного излучения в зависимости от отдаления от источника излучения. На рисунке 4 представлена зависимость интенсивности излучения от места снятия значений в продольном смещении вдоль инфракрасного обогревателя.



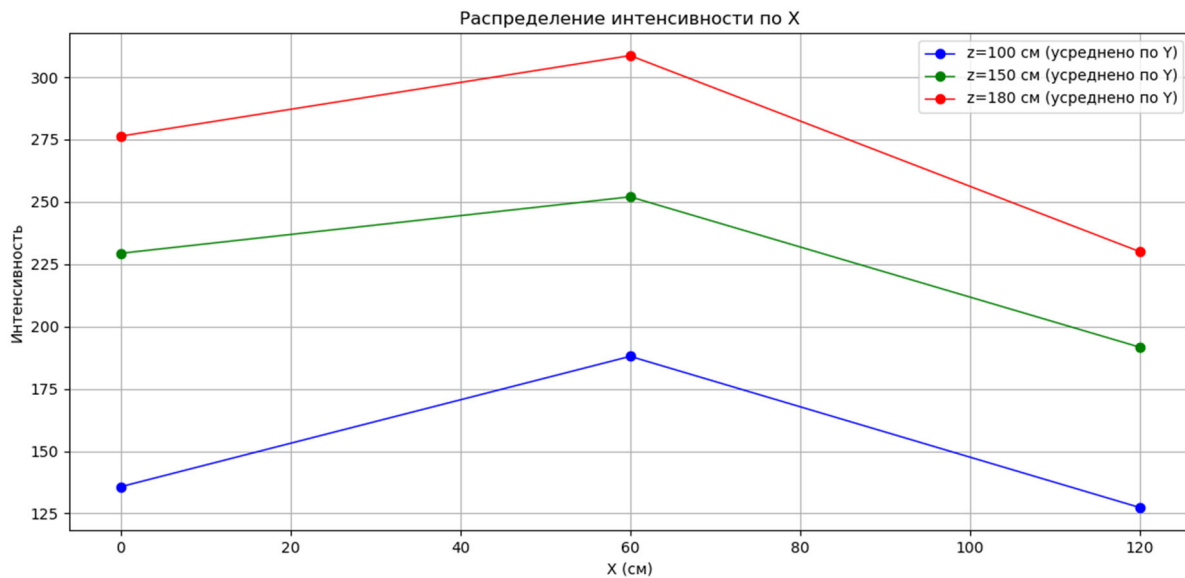


Рис. 4. Распределение интенсивности теплового излучения вдоль инфракрасного обогревателя

Анализ пространственного распределения интенсивности теплового излучения инфракрасного обогревателя выявил существенную неоднородность, проявляющуюся в разнице температурных показателей до 30°C между различными участками излучающей поверхности. Наблюдаемый градиент интенсивности обусловлен совокупностью физических факторов, связанных как с геометрией излучающей системы, так и с особенностями конструкции нагревательного элемента. В центральной зоне обогревателя регистрируется максимальная интенсивность излучения, что объясняется эффектом пространственного суммирования теплового потока от всей площади излучающей поверхности. Данное явление соответствует принципу суперпозиции тепловых полей, когда результирующая интенсивность в центральной точке определяется интегральным вкладом всех элементарных излучателей поверхности [10]. В периферийных областях вклад отдельных зон излучения уменьшается пропорционально квадрату расстояния (в соответствии с законом обратных квадратов) и изменению угла падения излучения (по закону Ламберта) [11]. Однако, выявленная асимметрия в распределении температуры между различными участками обогревателя, в частности, между зоной вблизи источника тока и удаленными участками, требует дополнительного объяснения с позиций электротепловых процессов. Конструктивной основой рассматриваемого обогревателя является резистивный нагревательный элемент спирального типа, тепловыделение в котором подчиняется закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1)$$

где Q – количество выделяемой теплоты, I – сила тока, R – сопротивление участка цепи, t – время.

Неравномерность температурного распределения вдоль спирали обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами: градиент электрического потенциала, терморезистивный эффект, граничные условия теплообмена и неоднородность материала. При протекании тока через распределенное сопротивление нагревательного элемента происходит постепенное падение напряжения вдоль спирали, что приводит к уменьшению плотности выделяемой мощности на единицу длины по мере удаления от точки подключения. Зависимость удельного сопротивления материала спирали от температуры создает положительную обратную связь – участки с изначально более высокой температурой обладают повышенным сопротивлением, что усиливает локальное тепловыделение [12–14]. Зоны вблизи токоподводов часто имеют иную конструктивную реализацию – увеличенное сечение проводников, наличие теплоотводящих элементов или принудительного охлаждения, что снижает их рабочую температуру по сравнению с центральными участками спирали. Технологические вариации диаметра проволоки, шага спирали или локальные изменения состава сплава по длине нагревателя создают микронеоднородности в распределении сопротивления [15].

Дополнительным фактором, влияющим на пространственное распределение теплового потока, является температурная зависимость излучательной способности (ε) материала нагревателя. Согласно закону Стефана-Больцмана, плотность излучаемого потока пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2)$$

где σ – постоянная Стефана-Больцмана, T – абсолютная температура.

Таким образом, даже сравнительно небольшие различия в температуре различных участков спирали (порядка 30 °С) приводят к существенной разнице в интенсивности излучения. Например, для температур 230 °С (503K) и 260 °С

(533K) отношение интенсивностей составит $(533/503)^4 \approx 1,24$, то есть 24 % разницы при 30 °С перепада.

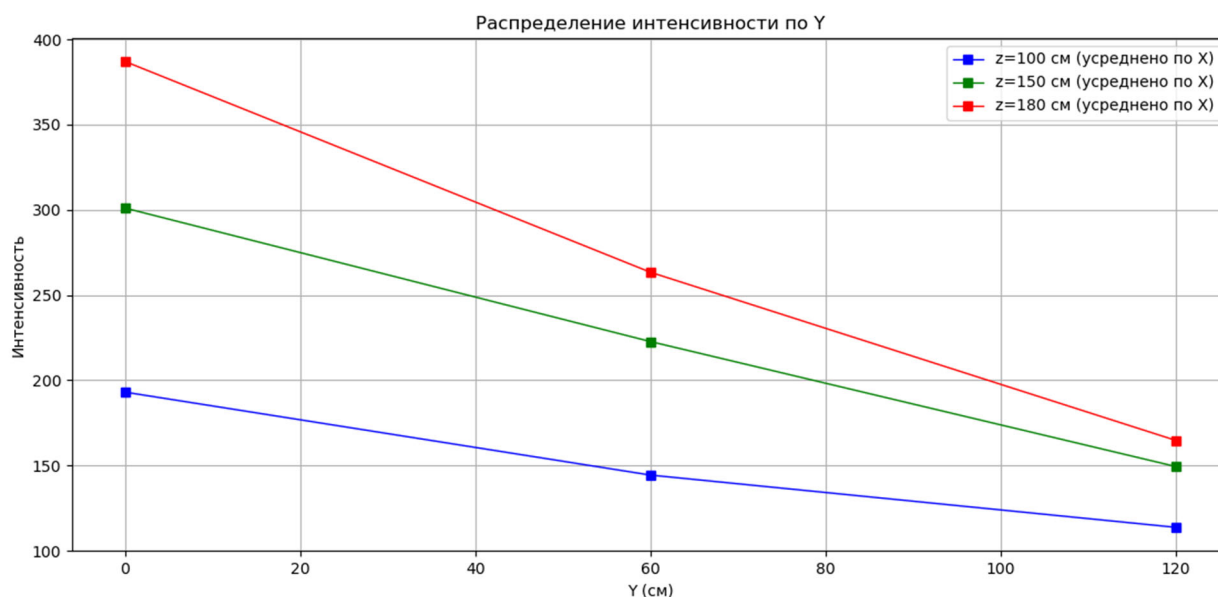


Рис. 5. Распределение интенсивности теплового излучения поперек инфракрасного обогревателя

Анализ экспериментальных данных демонстрирует линейное снижение интенсивности инфракрасного излучения при увеличении расстояния от источника обогрева. Данная зависимость наблюдается как при продольном (вдоль оси распространения излучения), так и при поперечном смещении относительно обогревателя. Полученные результаты согласуются с теоретическими ожиданиями, поскольку ослабление теплового потока в первом приближении подчиняется закону обратных квадратов, который в ограниченном диапазоне расстояний может аппроксимироваться линейной моделью. Установлено, что градиент падения интенсивности по вертикальной оси соответствует пропорциональному уменьшению плотности теплового потока с ростом расстояния. Линейный характер зависимости сохраняется с учетом инструментальных погрешностей измерений и статистической обработки данных. Незначительные отклонения от линейной аппроксимации могут быть обусловлены неравномерностью распределения температуры на поверхности излучателя, а также влиянием рассеяния и поглощения излучения в воздушной среде. Полученные результаты позволяют сделать вывод о доминирующем вкладе геометрического фактора (удаления от источника) в формирование пространственного распределения теплового потока.

Данная закономерность имеет важное практическое значение для проектирования систем

локального обогрева, так как позволяет прогнозировать уровень теплового воздействия на рабочих местах в зависимости от расстояния до источника излучения. Линейная аппроксимация упрощает инженерные расчеты при определении оптимального расположения обогревателей в производственных помещениях.

В ходе эксперимента изучалась энергоэффективность инфракрасного обогревателя на два материала: деревянную доску и стальную пластину марки Ст.3. Образцы располагались на расстоянии 80 см от источника тепла, а их температура фиксировалась каждые 5 минут с помощью термометра. Деревянная доска (размерами 20×658×96 мм) имела начальную температуру 14 °С. Через 5 минут нагрева её температура достигла 24,1 °С, через 10 минут – 25,5 °С, а через 15 минут – 26 °С, после чего дальнейшего роста не наблюдалось. Это свидетельствует о достижении равновесия между поглощением тепла и его отдачей в окружающую среду. Медленный нагрев и сравнительно небольшая конечная температура объясняются низкой теплопроводностью и высокой теплоёмкостью дерева, а также его способностью рассеивать тепло за счёт естественной конвекции.

Стальная пластина (25×25×4 мм) изначально имела температуру 15,5 °С, но уже через 5 минут нагрелась до 34,8 °С, а через 10 минут – до 37,7 °С. Однако дальнейшие измерения показали

нестабильность: температура колебалась в зависимости от точки замера, что связано с неравномерным поглощением ИК-излучения из-за различий в цвете и степени окисления поверхности металла. Сталь, обладая высокой теплопроводностью, быстро нагревалась, но также быстро отдавала тепло в окружающую среду, что привело к колебаниям показаний. Кроме того, малая толщина пластины (4 мм) способствовала её быстрому остыванию по краям, где теплоотдача была интенсивнее.

Для объективной оценки необходимо произвести сравнение с теоретическими данными, так согласно формуле поглощенной энергии:

$$Q = \alpha \cdot q \cdot A_{\text{обр}} \quad (3)$$

где α – коэффициент поглощения материала, $A_{\text{обр}}$ – площадь образца.

Если принять усредненную мощность теплового излучения из опыта и коэффициент поглощения для представленных материалов из табличных данных получим:

$$Q_{\text{дер}} = 0.8 \cdot 400 \text{ Вт/м}^2 \cdot 0.063 \text{ м}^2 = 20.2 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{стали}} = 0.4 \cdot 400 \text{ Вт/м}^2 \cdot 0.000625 \text{ м}^2 = 0.1 \text{ Вт}$$

Тогда по формуле нагрева материала:

$$T = \frac{Q \cdot t}{c \cdot m} \quad (4)$$

где c – удельная теплоемкость материала, m – масса образца

Если принять плотность дерева 600 кг/м^3 и стали 7850 кг/м^3 , а удельную теплоемкость дерева $2400 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ и стали $500 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ через 5 минут нагрева образцов получим:

$$T_{\text{дер}} = \frac{20.2 \text{ Вт} \cdot 300 \text{ с}}{2400 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0.756 \text{ кг}} = 3.3^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{стали}} = \frac{0.1 \text{ Вт} \cdot 300 \text{ с}}{500 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0.0196 \text{ кг}} = 3.1^\circ\text{C}$$

Расхождение данных связано как с простой теоретической модели в которой не учитывается поглощение атмосферы, переизлучение и не фактическое значение коэффициента поглощения материалов, так и погрешностью измерения температуры, где датчиком помимо температуры образца может сниматься отраженное излучение от обогревателя. При аппроксимации теоретических и полученных данных, можно сказать, что данный обогреватель мощностью в 1 кВт, за пять минут работы способен на примерно 5°C нагреть окружающую его древесину в рабочей области и примерно на 9°C стальные поверхности.

Выводы. Проведенное исследование эффективности инфракрасных обогревателей для отопления непостоянных рабочих мест в производственных помещениях позволило сделать ряд важных выводов. Экспериментальные данные подтвердили, что инфракрасный обогреватель модели BALLU BIH-AP4-1.0-W обеспечивает направленное тепловое воздействие с высокой энергоэффективностью. Время выхода обогревателя на рабочую температуру составило 13 минут, что соответствует характеристикам длинноволновых излучателей. Наблюдалась линейная зависимость роста интенсивности излучения от времени, что упрощает прогнозирование теплового режима. Распределение теплового потока подчиняется закону обратных квадратов, с коэффициентом ослабления 1.7–2.0 при смещении на 1.2 м от центра, что важно учитывать при проектировании систем обогрева.

Для обеспечения равномерного теплового воздействия рекомендуется устанавливать обогреватели на высоте 2.5–3.5 м, ориентируясь на центральную зону рабочего места. При необходимости обогрева больших площадей следует использовать несколько устройств с перекрытием зон излучения. Деревянные поверхности нагреваются медленнее, но сохраняют тепло дольше, тогда как металлические быстро достигают высокой температуры, но подвержены колебаниям из-за высокой теплопроводности. Это важно при выборе объектов для локального обогрева. Инфракрасные обогреватели целесообразно использовать в неотапливаемых помещениях, так как они минимизируют потери энергии на обогрев всего объема здания. Для снижения затрат рекомендуется регулировать мощность и время работы в зависимости от условий эксплуатации. Для поддержания комфортных условий необходимо регулярно измерять температуру, влажность и интенсивность излучения, используя радиометры и тепловизоры. Это позволит корректировать работу системы и избегать перегрева или недостаточного обогрева.

Результаты исследования демонстрируют, что инфракрасные обогреватели являются эффективным решением для создания комфортных условий на производственных объектах, особенно в условиях непостоянных рабочих мест. Их применение позволяет снизить энергопотребление по сравнению с традиционными системами отопления, а также обеспечивает гибкость в управлении тепловым режимом. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение долгосрочной экономической эффективности и разработку автоматизированных систем регулирования на основе полученных данных.

Источник финансирования. Исследования выполнены в рамках Комплексного проекта №30/22 от 12.10.22 г. в рамках Соглашения № 075-11-2025-026 от 27 февраля 2025 года «Создание высокотехнологичного производства композиционных режущих элементов машин и теплового оборудования для переработки продукции сельскохозяйственной отрасли» с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Radhi S.S., Al-Khafaji Z.S., Falah M.W. Sustainable heating system by infrared radiators // Heritage and Sustainable Development. 2022. Vol. 4 (1). Pp. 42–52. DOI: 10.37868/hsd.v4i1.82
2. Tang Y., H. Yu, K. Zhang, K. Niu, H. Mao, Luo M. Thermal comfort performance and energy-efficiency evaluation of six personal heating/cooling devices // Building and Environment. 2022. Vol. 217. 109069. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109069
3. Aboud S.A., Altemimi A.B., R. S. Al-Hilphy A., Yi-Chen L., Cacciola F. A Comprehensive Review on Infrared Heating Applications in Food Processing // Molecules. 2019. Vol. 24 (22). 4125. DOI: 10.3390/molecules24224125
4. Schulz O. Müller G., Lloyd M., Ferber A. Impact of environmental parameters on the emission intensity of micromachined infrared sources // Sensors and Actuators A: Physical. 2005. Vol. 121(1). C. 172–180. DOI: 10.1016/j.sna.2004.12.010
5. Borisov B.V. Vyatkin A.V., Kuznetsov G.V., Maksimov V.I., Nagornova T.A. Analysis of the influence of the gas infrared heater and equipment element relative positions on industrial premises thermal conditions // Energies. 2022. Vol. 15(22). 8749. DOI:10.3390/en15228749
6. Kimball B.A., Conley M.M., Wang S., LIN X., Luo C., Morgan J., Smith D. Infrared heater arrays for warming ecosystem field plots // Global Change Biology. 2008. Vol. 14 (2). Pp. 309–320. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01486.x
7. Питинова Д.С., Комов Д.Д., Засыпкина А.М. Анализ экономических показателей использования электроэнергии для теплоснабжения помещений при помощи инфракрасных обогревателей // Энергия знаний: сборника научных статей Международного научно-образовательного конгресса молодежи, Курск, 26 ноября 2024 года. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 191–194. EDN SFJLQT.
8. Roth K., Dieckmann J., Brodrick J. Infrared radiant heaters // Ashrae Journal. 2007. Т. 49. №. 6. 72.
9. Tyagi L., Sharma G. P., Verma R. C., Jain S. K., Murdia L. K., Mathur S. M. Infrared heating in food processing: An overview // IJCS. 2020. Vol. 8. №. 3. C. 327–336. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9248
10. Oh S. H., Lee E. H. A New Approach to Modeling Focused Infrared Heating Based on Quantum Mechanical Formulations // Applied Sciences. 2022. Vol. 12 (7). 3256. DOI: 10.3390/app12073256
11. Voudoukis N., Oikonomidis S. Inverse square law for light and radiation: A unifying educational approach // European Journal of Engineering and Technology Research. 2017. Vol. 2 (11). Pp. 23–27. DOI:10.24018/ejeng.2017.2.11.517
12. Patil M., Choubey R. K., Jain P. K. Influence of coil shapes on temperature distribution in induction heating process // Materials Today: Proceedings. 2023. Vol. 72. Pp. 3029–3035. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.08.376
13. Hardik B.K., Prabhu S.V. Boiling pressure drop, local heat transfer distribution and critical heat flux in helical coils with R123 // International Journal of Thermal Sciences. 2018. Vol. 125. Pp. 149–165. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.11.026
14. Glowacki J., Sun Y., Storey J. G., Huang T., Badcock R., Jiang Z. Temperature distribution in the field coil of a 500-kW HTS AC homopolar motor // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2021. Vol. 32(1). Pp. 1–8. DOI: 10.1109/TASC.2021.3128347
15. Gatzsche M., Lücke N., Großmann S., Kufner T., Freudiger G. Evaluation of electric-thermal performance of high-power contact systems with the voltage-temperature relation // IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology. 2016. Vol. 7(3). Pp. 317–328. DOI: 10.1109/TCPMT.2016.2587360

Информация об авторах

Крюков Илья Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: iliya.krakov@yandex.ru, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чуриков Антон Сергеевич, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии. E-mail: churikov.toni@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Питинова Дарья Сергеевна, бакалавр кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: dritinova01@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Комов Данила Дмитриевич, бакалавр кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: komov.danil2006@gmail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Засыпкина Александра Михайловна, бакалавр кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: aleksa@gmail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 18.05.2025 г.

© Крюков И.В., Чуриков А.С., Питинова Д.С., Комов Д.Д., Засыпкина А.М., 2025

Kryukov I.V., *Churikov A.S., Pitinova D.S., Komov D.S., Zasypkina A.M.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: churikov.toni@mail.ru*

STUDY OF THERMAL RADIATION INTENSITY FROM AN INFRARED HEATER IN A TEMPORARY WORKSTATION

Abstract. *The article examines the efficiency of using infrared heaters to create an optimal microclimate at temporary workplaces in industrial premises. The object of study was the infrared heater model BALLU BIH-AP4-1.0-W, which belongs to the class of long-wave emitters. The main attention is paid to the analysis of the heating dynamics, spatial distribution of thermal radiation and energy efficiency of the device. Experimental data showed that the heater reaches its maximum radiation intensity in 13 minutes, and the heat distribution obeys the inverse square law with an attenuation coefficient of 1.7–2.0 with a horizontal displacement of 1.2 m from the center.*

The study also revealed differences in the heating of materials: wood heats up more slowly, but retains heat longer, while steel surfaces quickly reach a high temperature, but are subject to fluctuations due to high thermal conductivity. Based on the results, practical recommendations are proposed for the placement of heaters, power regulation and monitoring of microclimate parameters. The use of infrared heaters allows to reduce energy consumption compared to traditional heating systems, providing targeted and comfortable thermal impact. The results of the work can be useful for designing local heating systems in industrial conditions.

Keywords: *infrared heaters, microclimate, energy efficiency, thermal radiation, industrial premises, localized heating.*

REFERENCES

1. Radhi S.S., Al-Khafaji Z.S., Falah M.W. Sustainable heating system by infrared radiators. *Heritage and Sustainable Development*. 2022. Vol. 4. No. 1. Pp. 42–52. DOI: 10.37868/hsd.v4i1.82
2. Tang Y., Yu H., Zhang K., Niu K., Mao H., Luo M. Thermal comfort performance and energy-efficiency evaluation of six personal heating/cooling devices. *Building and Environment*. 2022. Vol. 217. 109069. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109069
3. Aboud S.A., Altemimi A.B., Al-Hilphy R.S., Yi-Chen L., Cacciola F.A Comprehensive Review on Infrared Heating Applications in Food Processing. *Molecules*. 2019. Vol. 24. No. 22. 4125. DOI: 10.3390/molecules24224125
4. Schulz O., Müller G., Lloyd M., Ferber A. Impact of environmental parameters on the emission intensity of micromachined infrared sources. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2005. Vol. 121. No. 1. Pp. 172–180. DOI: 10.1016/j.sna.2004.12.010
5. Borisov B.V., Vyatkin A.V., Kuznetsov G.V., Maksimov V.I., Nagornova T.A. Analysis of the influence of the gas infrared heater and equipment element relative positions on industrial premises thermal conditions. *Energies*. 2022. Vol. 15. No. 22. 8749. DOI: 10.3390/en15228749
6. Kimball B.A., Conley M.M., Wang S., Lin X., Luo C., Morgan J., Smith D. Infrared heater arrays for warming ecosystem field plots. *Global Change Biology*. 2008. Vol. 14. No. 2. Pp. 309–320. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01486.x
7. Pitinova D.S., Komov D.D., Zasypkina A.M. Analysis of economic indicators of electricity use for space heating with infrared heaters. *Energy of Knowledge: Collection of scientific articles of the International Scientific and Educational Youth Congress, Kursk, November 26, 2024. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2024. Pp. 191–194. EDN SFJLQT. (rus)*

8. Roth K., Dieckmann J., Brodrick J. Infrared radiant heaters. *Ashrae Journal*. 2007. Vol. 49. No. 6. P. 72.
9. Tyagi L., Sharma G.P., Verma R.C., Jain S. K., Murdia L.K., Mathur S.M. Infrared heating in food processing: An overview. *IJCS*. 2020. Vol. 8. No. 3. Pp. 327–336. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9248
10. Oh S.H., Lee E.H. A New Approach to Modeling Focused Infrared Heating Based on Quantum Mechanical Formulations. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12. No. 7. 3256. DOI: 10.3390/app12073256
11. Voudoukis N., Oikonomidis S. Inverse square law for light and radiation: A unifying educational approach. *European Journal of Engineering and Technology Research*. 2017. Vol. 2. No. 11. Pp. 23–27. DOI: 10.24018/ejeng.2017.2.11.517
12. Patil M., Choubey R.K., Jain P.K. Influence of coil shapes on temperature distribution in induction heating process. *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 72. Pp. 3029–3035. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.08.376
13. Hardik B.K., Prabhu S.V. Boiling pressure drop, local heat transfer distribution and critical heat flux in helical coils with R123. *International Journal of Thermal Sciences*. 2018. Vol. 125. Pp. 149–165. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.11.026
14. Glowacki J., Sun Y., Storey J. G., Huang T., Badcock R., Jiang Z. Temperature distribution in the field coil of a 500-kW HTS AC homopolar motor. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2021. Vol. 32. No. 1. Pp. 1–8. DOI: 10.1109/TASC.2021.3128347
15. Gatzsche M., Lücke N., Großmann S., Kufner T., Freudiger G. Evaluation of electric-thermal performance of high-power contact systems with the voltage-temperature relation. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*. 2016. Vol. 7. No. 3. Pp. 317–328. DOI: 10.1109/TCPMT.2016.2587360

Information about the authors

Kryukov, Ilya V. PhD. E-mail: iliya.kryukov@yandex.ru, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Churikov, Anton S. Postgraduate student. E-mail: churikov.toni@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Pitinova, Darya S. Bachelor's degree. E-mail: dpitinova01@mail.ru Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Komov, Danila D. Bachelor's degree. E-mail: komov.danil2006@gmail.ru Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Zasyapkina, Mikhailovna Z. Bachelor's degree. E-mail: aleksa@gmail.ru Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Received 18.05.2025

Для цитирования:

Крюков И.В., Чуриков А.С., Питинова Д.С., Комов Д.Д., Засыпкина А.М. Изучение интенсивности теплового излучения ИК-обогревателя в непостоянном рабочем месте // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 10. С. 63–72. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-10-63-72

For citation:

Kryukov I.V., Churikov A.S., Pitinova D.S., Komov D.S., Zasyapkina A.M. Study of thermal radiation intensity from an infrared heater in a temporary workstation. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2025. No. 10. Pp. 63–72. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-10-63-72