

Based on this, electron irradiation at 360 keV is suggested for altering the structure and properties of metal powders. This can be used in 3D printing to reduce the sintering temperature of products, resulting in lower energy consumption and production costs.

REFERENCES

1. Ivanov G.V. Activated aluminum as a stored energy source for propellant s/ G.V. Ivanov, F. Tepper // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. – 1997. – Vol. 4, Iss. 1–6. – P. 636–645. (doi: 10.1615/IntJEnergeticMaterialsChemProp.v4.i1-6.600)
2. Biswas P. Nanoparticles and the Environment / P. Biswas & Y. W. Chang // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2005. – Vol. 55, No. 6. – P. 708–746.
3. Wunderlich B. The tribulations and successes on the road from DSC to TMDSC in the 20th century the prospects for the 21st century / B. Wunderlich // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2004. – No. 78. – P. 7–31 (https://doi.org/10.1023/B:JTAN.0000042150.03836.27)
4. Egorov I.S. The Astra repetitive-pulse electron accelerator / I.S. Egorov, M.I. Kaikanov, E.I. Lukonin et al. // Instruments Exp. Tech. – 2013. – Vol. 56, No. 5. – P. 568–570 (doi: 10.1134/S0020441213050035)
5. Ol'Khovik E. A method for determination of heat storage capacity of the mold materials using a differential thermal analysis: IOP Conference Series / E. Ol'Khovik // Materials Science and Engineering / IOP Publishing. – 2016. – Vol. 12, No. 1. – P. 012133. (doi: 10.1088/1757-899X/124/1/012133)
6. Mostovshchikov A.V. Effect of synchrotron radiation on thermochemical properties of aluminum micro- and nanopowders / A.V. Mostovshchikov, B.G. Goldenberg, O.B. Nazarenko // Materials Science and Engineering: Solid-State Materials for Advanced Technology. – 2022. – Vol. 285, No. 115961 (https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.115961)

СТРУКТУРА ПОТОКА ВОЗДУХА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ГАЗОВОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Ф.Ю. Салихов, С.О. Салагаев

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5БМ24*

Научный руководитель: В.И. Максимов, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Использование газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) имеет ряд преимуществ относительно традиционных систем отопления вследствие возможности создания локальных тепловых зон в крупногабаритных производственных помещениях [1–4].

Формирование полей температуры и скоростей воздуха осуществляется в результате нескольких взаимосвязанных процессов, образующихся в результате работы ГИИ: перенос теплоты излучением от излучающей поверхности ГИИ к поверхностям ограждающих конструкций и оборудования, смешанная конвекция в неравномерно прогретом воздухе.

Использование ГИИ в условиях крупных габаритов помещения с относительно малыми площадями, в которых находится работающий, влечет положительный экономический эффект из-за уменьшения капитальных затрат, связанных с проектированием системы отопления, и эксплуатационных за счет меньшей инерции нагрева необходимой области [5, 6].

Целью работы заключается в определении скорости и направления передвижения масс воздуха в локальной рабочей зоне.

Экспериментальные исследования проводились в помещении с размерами 4,4×5×10 м с наличием двух вентиляционных шахт: приточной и вытяжной. Использовались газовый инфракрасный излучатель светлого типа мощностью 5 кВт и горизонтальная панель, имитирующей рабочее пространство, размерами 1,2×0,6×0,05 м. Центр панели совмещен с проекцией

центра излучателя на плоскость YX при $x=3,29$ м, $y=3,13$ м. Измерения скоростного поля воздуха проводились PIV методом, для реализации которого использовались высокоскоростная камера, лазерная головка, система линз для создания плоскопараллельного луча и трасер для PIV метода – порошок тетрасиликата магния $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ с размером частиц 0,3–10 мкм. Обработка экспериментальных данных проводилась в ПО «MATLAB» с использованием инструмента «PIVlab» [7]. На рис. 1 представлена схема экспериментального бокса.

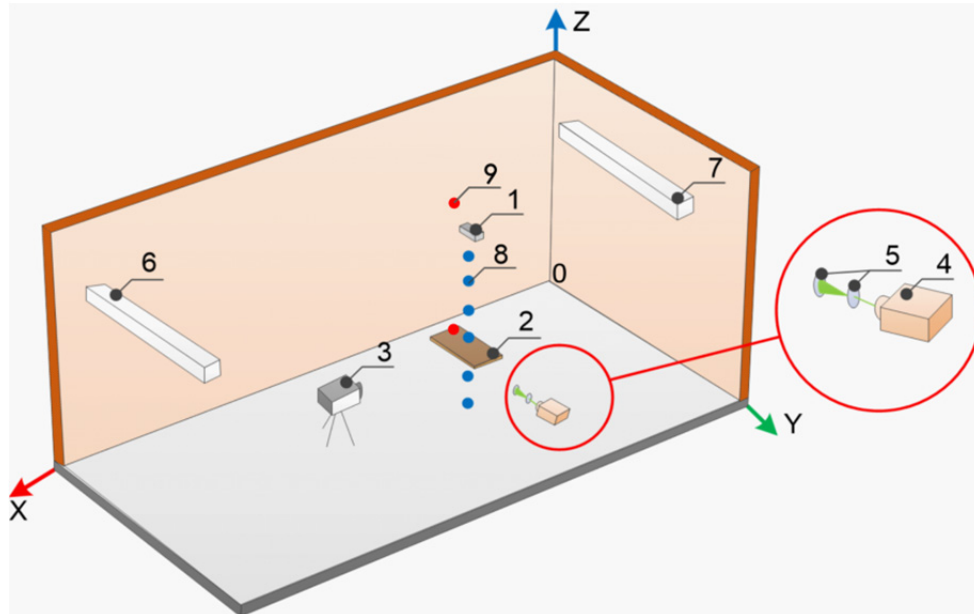


Рис. 1. Схема экспериментального бокса.

1 – ГИИ; 2 – горизонтальная поверхность; 3 – высокоскоростная камера; 4 – лазерная головка; 5 – система создания плоскопараллельного луча; 6 – область притока воздуха; 7 – область оттока воздуха; 8 – термопары; 9 – датчики концентрации CO_2

На рис. 2 представлены векторные и скоростные поля воздуха в плоскости ZX при Y равном 1 м после 60 минут работы ГИИ.

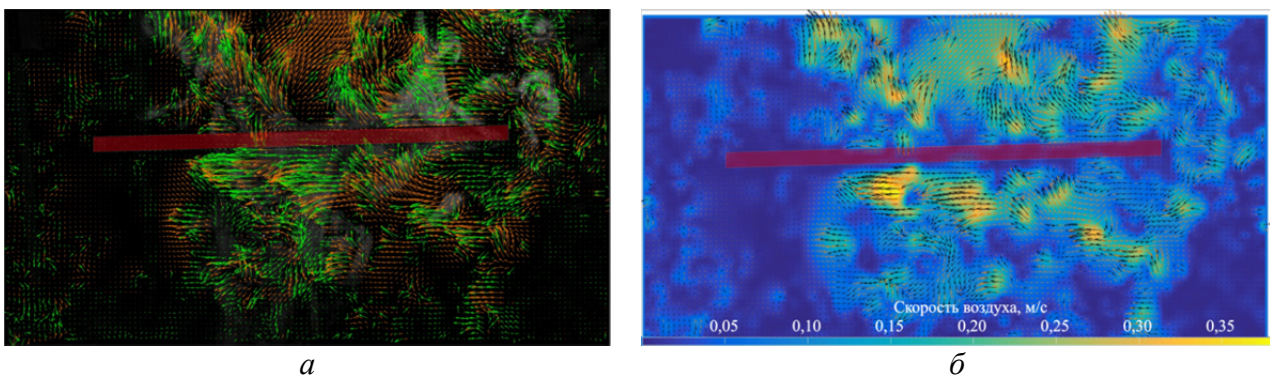


Рис. 2. Векторное поле (а), скоростное поле (б) воздуха в плоскости ZX при Y равном 1 м после 60 минут работы ГИИ

В условиях свободной конвекции воздушные массы двигаются справа налево и по мере нагрева от стола под действием термогравитационных сил начинают устремляться вверх. Максимальное значение скорости около 0,35 м/с. Сформированный тепловой факел остается в основном по центру горизонтальной панели. Далее представлен профиль скорости воздуха по высоте от рабочей поверхности в центральном сечении рис. 4.

На рис. 3 большую долю скорости занимает вертикальная составляющая. По мере увеличения высоты скорость воздушного потока больше, из-за того что он успевает разогнаться за счет теплоты, полученной от рабочей поверхности, а в приповерхностном слое скорость минимальна из-за притока более холодных масс, которые находятся почти в неподвижном положении до момента их нагрева.

Основное движение воздуха горизонтальное. По мере нагрева появляется и вертикальная составляющая скорости. Таким образом тепловой факел от горизонтальной поверхности формируется преимущественно налево. Максимальная скорость потока воздуха лежит в окрестностях значения 0,25 м/с. Распределение значений скорости по высоте в центральном сечении горизонтальной панели рис. 5.

Наблюдается такая же картина, как и на рис. 3, чем ближе к поверхности тем меньше скорость, а по высоте скорость растет.

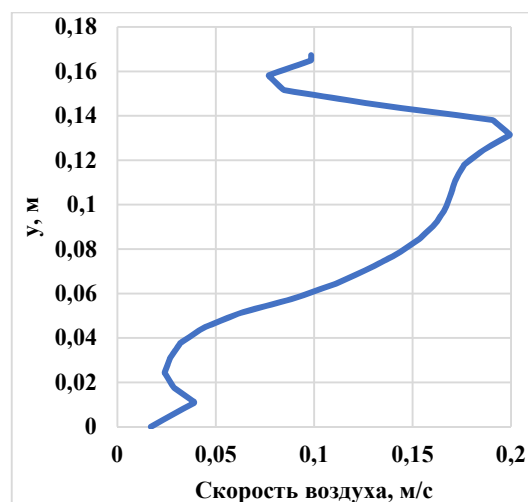


Рис. 3. Профиль скорости воздуха по высоте от рабочей поверхности после 60 минут работы ГИИ

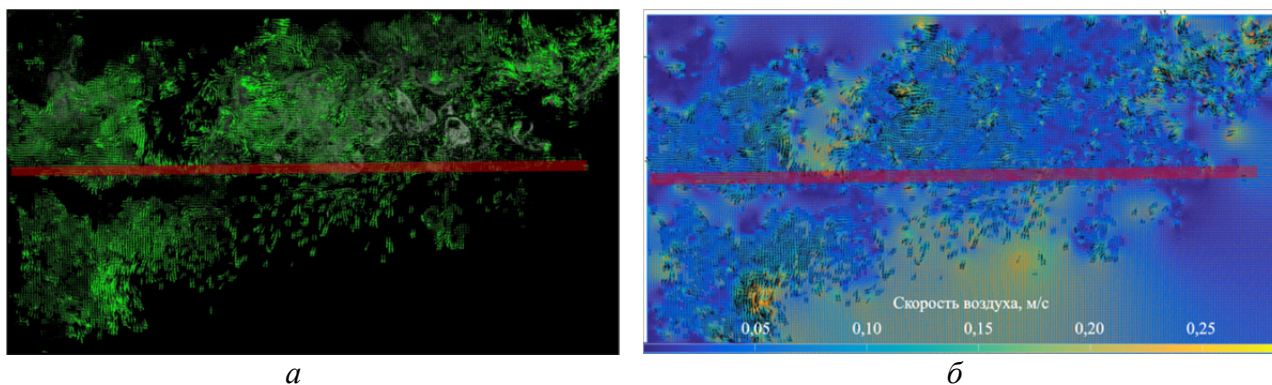


Рис. 4. Векторное поле (а), скоростное поле (б) воздуха в плоскости ZY при X равном 4,6 м после 60 минут работы ГИИ

Тепловой факел образованный от поверхности горизонтальной панели формируется в течении 60 минут работы ГИИ, с направлением влево вверх в плоскости ZY и остается в центре сечения ZX. Таким образом теплоту, полученную от рабочей поверхности, воздух уносит в стороны ближайшей ограждающей конструкции в данных условиях, это происходит из-за несимметричности постановки эксперимента. При горении газа в камере ГИИ создается тяга воздуха снизу вверх. Смесь воздуха и продуктов горения при столкновении с верхним перекрытием начинает радиально расходиться во все стороны. Поток воздуха нисходят вдоль вертикальных ограждающих конструкций из-за оттока теплоты и создаются основные вихревые структуры. Самый малый вихрь формируется у ближайшей сте-

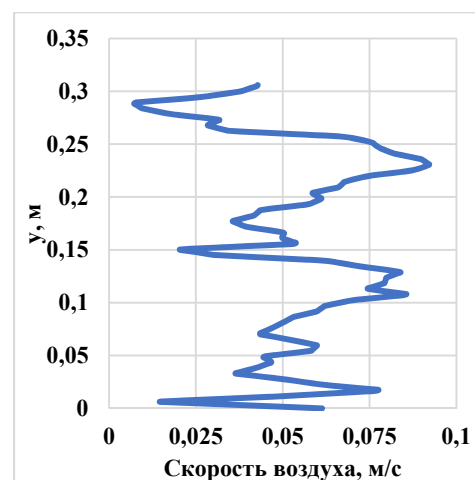


Рис. 5. Профиль скорости воздуха по высоте от рабочей поверхности после 60 минут работы ГИИ

ны. Из-за меньшего расстояния, этот вихрь образуется быстрее. И в его сторону подсасывается воздушный тепловой факел.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 20-19-00226).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maksimov V.I., Nagornova T.A., Kurilenko N.I., Voloshko I.V. Heat transfer under conditions of operation of a gas infrared emitter and an air exchange system // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2021. – Vol. 332, № 9. – P. 128–141.
2. Kobelev N., Emelyanov S., Kretova V., Morzhavin A., Amelin V., Kobelev V. Energy-saving Solution in the Heating System of Buildings // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 117. – P. 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.139>.
3. Shen P., Wang Z., Ji Y. Exploring potential for residential energy saving in New York using developed lightweight prototypical building models based on survey data in the past decades // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 66. – P. 102659. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102659>.
4. Nielsen S. Möller B. GIS based analysis of future district heating potential in Denmark // Energy. – 2013. – Vol. 57. – P. 458–468. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.05.041>.
5. Бодров В.И. Исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в промышленных помещениях с системами отопления на базе инфракрасных излучателей / В.И. Бодров, М.В. Бодров, А.А.Смыков // Приволжский научный журнал. – 2018. – № 2, no. 46. – С. 29–36.
6. Максимов В.И. Анализ преимуществ систем обеспечения теплового режима локальных рабочих зон на основе газовых инфракрасных излучателей по сравнению с традиционными конвективными системами отопления / В.И. Максимов, Т.А. Нагорнова, Н.И. Кириленко, И.В. Волошко // Известия томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – № 9. – С. 128–141.
7. Thielicke W., Sonntag R. Particle Image Velocimetry for MATLAB: Accuracy and Enhanced Algorithms in PIVlab // Journal of Open Research Software. – 2021. – Vol. 9, no. 1. – P. 12. [doi:10.5334/jors.334](https://doi.org/10.5334/jors.334).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГАЗОВОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Ф.Ю. Салихов, С.О. Салагаев

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5БМ24*

Научный руководитель: В.И. Максимов, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Комфортность условий работающего в локальных рабочих зонах крупногабаритных производственных помещений при использовании газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) как источников нагрева, оценивают по температуре воздуха и концентрации вредных веществ [1, 2]. Формирование полей температуры и концентрации газов осуществляется в результате трех взаимосвязанных процессов, определяющих перенос теплоты и антропогенных оксидов, образующихся в результате работы ГИИ: перенос теплоты излучением от излучающей поверхности ГИИ к поверхностям ограждающих конструкций и оборудования, смешанная конвекция в неравномерно прогретом воздухе и вынужденная конвекция в результате работы системы воздухообмена, перенос теплоты и загрязнений в результате смешанной конвекции и диффузии. Молекулярная диффузия достаточно медленный процесс и распространение CO₂ осуществляется главным образом конвекцией [3]. Необходимость работы системы воздухообмена, обеспечивающей движение воздуха при работе ГИИ светлого типа, объясняется поступлением продуктов сгорания непосредственно в воздух.