

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.

При создании тепловых зон для работающего целесообразны регламентные тепловые условия (микроклимат) [5–9]. Для их обеспечения необходимо поддерживать в заданных пределах совокупность таких параметров как температура, скорость перемещения и состав воздуха. Согласно [5] в составе воздуха для помещений, в которых находятся люди среднестатистическое значение концентрации CO_2 не должно превышать 1000 ppm (табл. 1).

Целью данной работы является определение концентраций CO_2 в реперных точках рабочей области при свободной и смешанной конвекции и анализ формирования потоков диоксида углерода в крупногабаритном помещении.

Таблица 1. Классификация воздуха в помещении (ГОСТ 30494-2011) [1, 2]

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO_2^* , ppm
	Оптимальное	Допустимое	
1	Высокое		400 и менее
2	Среднее		400–600
3		Допустимое	600–1000
4		Низкое	1000 и более

* Допустимое содержание CO_2 в помещении принимают сверх содержания CO_2 в наружном воздухе за пределами помещения, ppm

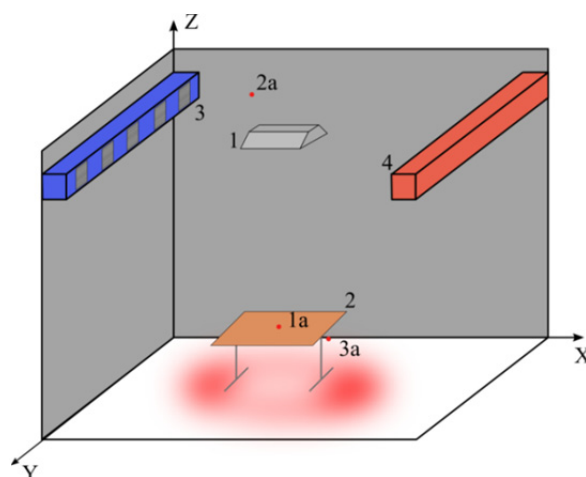


Рис. 1. Схема экспериментального бокса:

1 – ГИИ, 2 – горизонтальная поверхность; 3 – область притока воздуха;
4 – область оттока воздуха; 1а, 2а, 3а – датчики концентрации CO_2

Таблица 1. Расположение датчиков концентраций CO_2

Вариант расположения датчика	X, м	Y, м	Z, м
1а	1,26	3,29	0,78
2а	1	3,29	3,6
3а	1,26	0	0

На рис. 2 представлены график изменения концентрации CO_2 в условиях естественной конвекции при расположении датчика в точке 3а.

С течением времени концентрация CO_2 возрастает линейно. Вследствие отсутствия притока и оттока воздуха, концентрации продолжают возрастать с течением времени до тех пор, пока весь кислород не будет израсходован в процессе горения. Далее представлен график изменения концентрации CO_2 в условиях естественной конвекции при расположении датчиков в точках 1а и 2а.

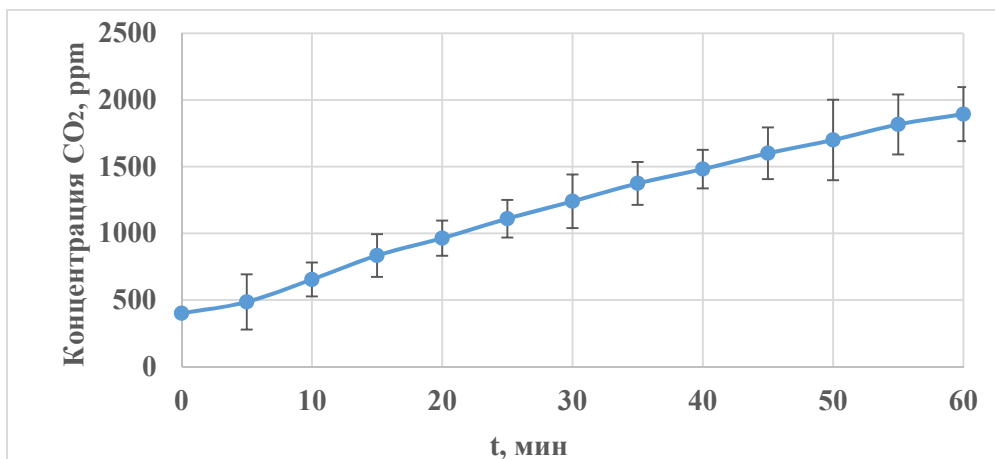


Рис. 2. График изменения концентраций CO₂ при расположении 3a

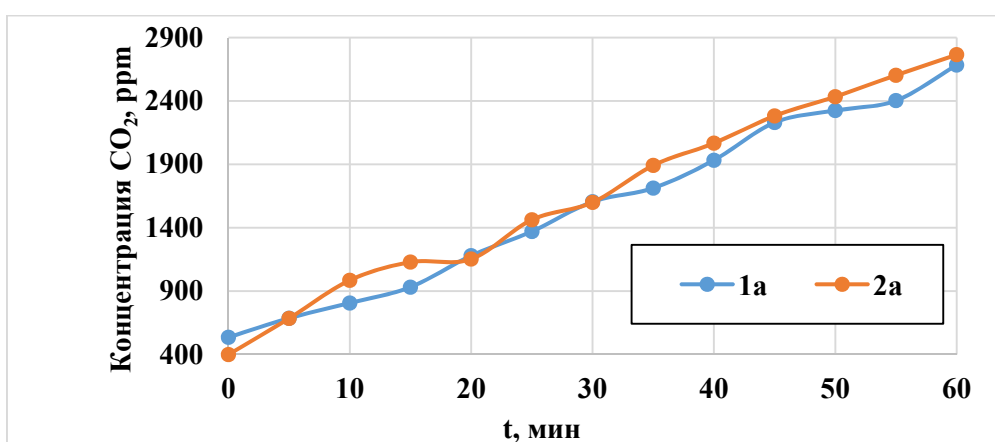


Рис. 3. График изменения концентраций CO₂ при расположении 1a и 2a

Исходя из рис. 3 можно сделать вывод, что в условиях естественной конвекции концентрации CO₂ значения концентраций в точках 1a и 2a практически идентичны. В конечном итоге концентрации продолжают возрастать, как было описано в предыдущем случае. Рассматривая рис. 2 и 3 совместно, можно заметить, что в условиях естественной конвекции рост концентраций диоксида углерода имеет линейный характер. Далее на рис. 4 представлен график изменения концентрации CO₂ в условиях смешанной конвекции при расположении датчиков в точках 1a и 2a.

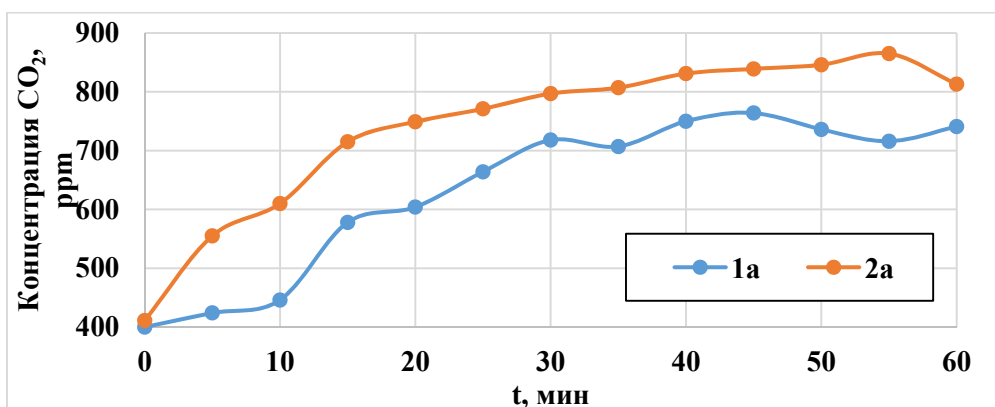


Рис. 4. График изменения концентраций CO₂ при расположении 1a и 2a в условиях смешанной конвекции

При смене режима течения воздуха отчётливо заметно как уменьшение уровня концентрации CO_2 , так и характер изменения за счёт притока свежего воздуха. Можно отметить, что это не повлияло на перепад концентрации CO_2 по высоте в точках 1а и 2а. Среднее значение перепада в случае естественной конвекции составляет 107 ppm, в то время как значение перепада при смешанной конвекции составляет 105 ppm.

По итогам работы определено, что изменение режима течения воздуха оказывает значительное влияние на формирование полей концентраций CO_2 . При использовании системы воздухообмена уровень загрязнения снижается в среднем на 50 %, при этом не оказывая влияния на перепад по высоте. Скорость увеличения концентрации диоксида углерода в условиях естественной в 4,5 раза больше чем при смешанной конвекции. Важно также отметить, что максимальное значение концентрации CO_2 при смешанной конвекции не превышало допустимого значения в 1000 ppm в данных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GOST 30494-2011. Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures.
2. ASHRAE 55-2017. Standard 55-2017—Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI/ASHRAE Approved). ASHRAE: Atlanta, GA, USA, 2017.
3. Majumdar D., Chatterjee S. Modelling accumulation of respiratory- CO_2 in closed rooms leading to decision-making on room occupancy // MAPAN-Journal of metrology society of India. – 2020. – Vol. 35(3). – P. 323–332. <https://doi.org/10.1007/s12647-020-00372-7>.

СОУДАРЕНИЕ КАПЕЛЬ И ЧАСТИЦ КОМПОНЕНТОВ ВОДОМАСЛЯНЫХ СУСПЕНЗИЙ

С.А. Шуляев

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5ВМ31*

Научный руководитель: А.Г. Исламова, к.ф.-м.н., доцент ИШФВП ТПУ

Закономерности взаимодействия капель жидкостей и твердых частиц изучаются на протяжении многих лет в связи с их широким применением в технических приложениях. Взаимодействие между каплями жидкости и твердой частицей или массивной поверхностью встречается в таких областях, как напыление, покраска и печать [1], плазменное напыление, охлаждение распылением в металлургической промышленности, испарение в двигателях внутреннего сгорания, охлаждение лопаток турбин, охлаждение активной зоны ядерных реакторов и испарение сырья в кипящем слое [2]. Опубликованы результаты исследований процессов взаимодействия капель воды [3], растворов [4], суспензий [5] с различными материалами, такими как металлы [6], стекло [7] и др.

Большинство исследовательских работ в данной области сосредоточены на соударении капель с плоскими твердыми поверхностями. К настоящему времени определены основные факторы и параметры, влияющие на режимы столкновения капель жидкости с твердыми поверхностями, в частности, скорость движения капли, угол столкновения, свойства поверхности. Также значимую роль в процессе взаимодействия капли с частицей играют свойства жидкости (вязкость, плотность, поверхностное натяжение). Известно ограниченное количество результатов исследований, посвященных изучению столкновения капель с твердыми частицами [8, 9]. Данных результатов недостаточно для проведения достоверного прогно-