



УДК 628.81:629.48

Результаты моделирования смешанной конвекции для оценки целесообразности использования тепловых пушек в обогреве сварочного поста локомотивного депо

И. Г. Киселев, М. Ю. Кудрин, С. Б. Комиссаров, Д. Я. Монастырский

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Киселев И. Г., Кудрин М. Ю., Комиссаров С. Б., Монастырский Д. Я. Результаты моделирования смешанной конвекции для оценки целесообразности применения тепловых пушек в обогреве сварочного поста локомотивного депо // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 4. — С. 891–901. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-4-891-901

Аннотация

Цель: Численное исследование процесса смешанной конвекции с целью оценки возможности применения тепловых пушек для локального обогрева сварочных постов локомотивных депо при наличии системы механической локализирующей вентиляции. **Методы:** Исследование проведено при помощи метода конечных разностей в программном комплексе COMSOL Multiphysics с постановкой задачи смешанной конвекции и приведением области расчета к двумерной плоскости. **Результаты:** В результате исследования получены температурные поля и карты скоростей для рабочих мест при различных условиях и положениях тепловой пушки. Анализ результатов позволил предложить варианты использования тепловых пушек и места их установки, а также уточнить воздействие их работы на микроклимат рабочей зоны. Определены условия, в которых применение тепловых пушек целесообразно и безопасно. **Практическая значимость:** Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы для организации или оптимизации систем местного отопления сварочных постов локомотивных депо, а также схожих по устройству рабочих мест.

Ключевые слова: Местная вентиляция, системы теплоснабжения, воздушное отопление, организация сварочных постов, локомотивное депо.

Введение

Известно, что при организации системы отопления крупных производственных объектов возникают затруднения в области обеспечения оптимального температурного режима на рабочих местах в больших по объему помещениях. К таким помещениям в том числе относятся

сварочные посты локомотивных депо, вагоноремонтных и вагоностроительных предприятий.

Наиболее распространенными технологическими способами при восстановлении изношенных деталей и узлов локомотивов и вагонов являются сварка и наплавка. Оба способа сопровождаются интенсивным выделением

пыли, газов, теплоты и токсичных паров. Объем выделяемых вредностей зависит от количества используемых сварочных материалов, но применение локализирующей вентиляции позволяет значительно снизить уровень воздействия вредных веществ на организм человека. При этом обеспечение допустимых параметров микроклимата на рабочих местах, в больших по объему помещениях, как правило, сопровождается рядом сложностей. К ним относятся обеспечение кратности требуемого воздухообмена и ограничение скорости воздуха в рабочей зоне не более 0,9 м/с. При этом используемое инженерное оборудование должно поддерживать концентрацию вредных примесей в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005—88, а содержание посторонних элементов в воздухе рабочей зоны на расстоянии 4 м от места проведения работ не должно превышать предельные допустимые концентрации.

Основные геометрические характеристики помещений и особенности технологических процессов в локомотивных депо привели к распространению потолочного и воздушного отопления [1–4]. Описанные выше требования безопасности не позволяют организовать отопление непосредственно над сварочным постом, что понижает тепловой комфорт сварщика. Подобные затруднения также наблюдаются на других рабочих местах производственных и вспомогательных помещений локомотивного депо.

Санитарные нормы допускают возможность поддерживать температуру рабочего места на минимальной отметке [5]. Однако нахождение персонала в течение рабочего дня при пониженной температуре может оказывать негативное влияние на общее состояние человека, на его внимательность и самочувствие, что, в свою очередь, сказывается на производительности и безопасности труда [6].

Для обеспечения оптимального температурного режима на рабочих местах, в соответствии

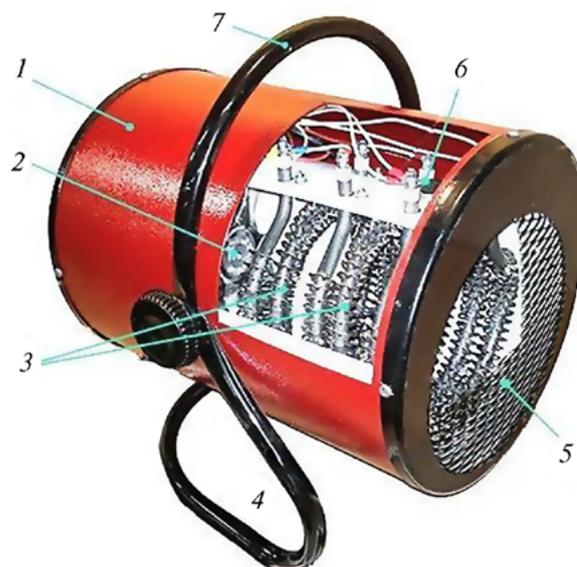


Рис. 1. Состав тепловой пушки:
 1 — корпус; 2 — осевой вентилятор;
 3 — электронагревательный элемент;
 4 — стойка; 5 — металлическая
 фильтровальная сетка; 6 — блок
 управления; 7 — ручка для
 транспортировки

с требованиями безопасности, широко используются локальные системы отопления. Одним из наиболее распространенных вариантов является установка тепловых пушек. Исходя из удобства монтажа и обслуживания, наибольшее распространение получили портативные электрические тепловые пушки с принудительным обдувом [7].

Конструктивные особенности тепловой пушки, представленной на рис. 1, гарантируют эффективность ее работы в замкнутых областях [8], однако проблема использования подобных устройств в больших по объему помещениях для обогрева рабочих мест, особенно с учетом наличия в рабочей зоне локализирующей вытяжной вентиляции, остается малоизученной.

Электрические тепловые пушки подключаются к сети 220 В и не требуют дополнительного или вспомогательного оборудования, не выбрасывают в окружающую среду продукты сгорания топлива и просты в эксплуатации. Для нагрева воздуха в качестве нагревательного элемента применя-

ются открытые спирали, керамические пластины, игольчатые (СТИЧ) и трубчатые (ТЭН) электронагреватели. Наиболее распространены модели с открытыми спиралями и ТЭНами (рис. 1).

Мощность доступных в широком обращении бытовых тепловых пушек редко превышает 5 кВт. Обычно у тепловых пушек три режима, переключаемые с помощью механического термостата — режим полной нагрузки, половины нагрузки и без нагрузки. В последнем варианте тепловая пушка работает как вентилятор без подогрева воздуха. Тепловые пушки в базовой комплектации устанавливаются на горизонтальных поверхностях в непосредственной близости к рабочему месту.

Постановка задачи

В настоящей работе представлены результаты численного моделирования температурного режима и поля скоростей движения вентилируемого воздуха в рабочей зоне производственного цеха крупного промышленного предприятия. Моделирование проводилось с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics.

Целью работы является численное исследование процесса смешанной конвекции с целью оценки эффективности применения тепловых пушек для локального обогрева рабочих зон крупного производственного объекта при наличии системы локализирующей вентиляции. Полное моделирование всего производственного помещения нецелесообразно из-за несоразмерности здания и исследуемой зоны [9]. В данном случае достаточным условием является выделение рабочей зоны и задание корректных граничных условий. Однако для подобной зоны возникает проблема описания полости, в которой рассматриваются тепломассообменные процессы, так как она не представляет собой замкнутую геометрическую фигуру.

В задаче исследуются распределения тепловых потоков в рабочей зоне при стационарном режиме.

Уровень чистого пола в зоне неизменен. Постановка задачи подразумевает, что подаваемый тепловой пушкой нагретый воздух с относительно высокой скоростью распространяется вдоль нижней границы зоны, а в горизонтальном направлении движение воздуха более интенсивно, чем в вертикальном. Ввиду сложной геометрии зоны, для упрощения постановки краевой задачи и анализа результатов, принято решение о приведении области расчета к двумерной плоскости с рассмотрением двухмерного температурного поля.

Протяженность всех границ исследуемой области принята $l = 2$ м. Исследуемая плоскость приводится к прямоугольному виду, а в исследуемую область попадет только непосредственно зона возможного нахождения людей. Таким образом, задача сводится к моделированию турбулентного течения в кубоиде с двумя открытыми гранями в двумерном приближении. Область решения и граничные условия представлены на рис. 2.

Предполагается, что в рабочей зоне и на ее границах к моменту начала исследования устанавливается температурный режим, а теплофизические свойства среды (воздуха) линейны и не зависят от температуры. Воздух принят вязкой и теплопроводной жидкостью, удовлетворяющей приближению Буссинеска. Скорость движения воздуха варьируется в пределах от 0,2 до 0,5 м/с. Расчет ведется с учетом наиболее холодной температуры в климатической зоне, где расположено здание цеха (Ленинградская область). Начальные условия для исследуемой среды представлены в таблице.

При моделировании использовалась полуэмпирическая модель турбулентности Уилкокса, также известная как модель $k-\omega$ (кей-омега), исходя из ее оптимальности для моделирования протекания воздуха вдоль сильно искривленных границ [10]. Другим важным элементом модели является возможность учесть тепловые эффекты при турбулентном движении потоков воздуха. Модель Уилкокса основана на модели переноса

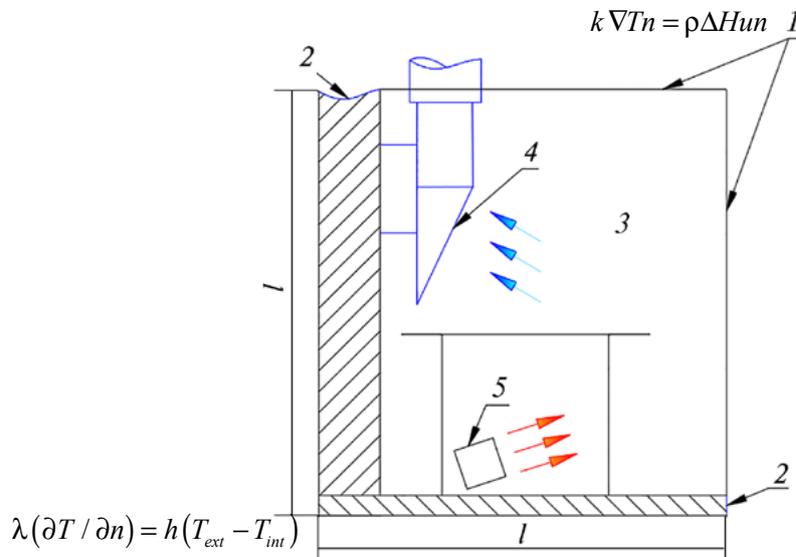


Рис. 2. Область решения:

1 — граница контакта воздуха области с внешним объемом воздуха; 2 — теплопроводная утепленная стена помещения; 3 — воздушная среда; 4 — вытяжная панель; 5 — тепловая пушка

Начальные условия для исследуемой среды

Начальные условия		
Величина	Единицы измерения	Значение
Давление, P	Па	101 325
Температура воздуха в помещении, T _{int}	К	291,15
Температура наружного воздуха, T _{ext}	К	247,15
Коэф. теплопередачи, h ₁ (стена)	Вт/(м ² · град)	0,6
Коэф. теплопередачи, h ₂ (пол)	Вт/(м ² · град)	0,49
Расход воздуха через вытяжную панель	м ³ /ч	2550
Ширина панели	м	0,9
Высота панели	м	0,585
Подача тепловой пушки	м ³ /ч	200–300
Диаметр тепловой пушки	м	0,2
Температура воздуха, подаваемого тепловой пушкой	К	303,15

кинетической энергии с учетом удельной диссипации, то есть перехода кинетической энергии турбулентного (вихревого) потока во внутреннюю энергию потока газа:

$$\varepsilon = C_{\mu} k \omega, \quad (1)$$

где ε — внутренняя энергия потока;

C_{μ} — коэффициент турбулентной вязкости;

k — кинетическая энергия;

ω — удельная диссипация, 1/с.

Подход Уилкокса позволяет рассмотреть процессы турбулентности в очень малых масштабах длины с учетом процессов, в результате которых кинетическая энергия завихрений переходит от больших вихрей к меньшим вихрям.

Условие термической изоляции задается как условие отсутствия потока теплоты через поверх-

ность (нулевой кондуктивный поток); аналогичным образом задаются границы, где возможна утечка теплоты вместе со воздушной средой:

$$-nq = 0, \tag{2}$$

где q — тепловой поток через твердую стенку, вычисляемый на основе моделирования, Вт/м²;
 n — направление потока.

Окончательное уравнение по модели k - ω , описывающее передачу теплоты в воздухе рабочей зоны, примет вид:

$$\begin{aligned} d_z \rho c_p u \nabla T_2 + \nabla q &= d_z Q + q_0 + d_z Q_p + d_z Q_{vd}; \\ q &= -d_z k_b \nabla T_2; \quad -nq = d_z q_0, \end{aligned} \tag{3}$$

где T_2 — заданная температура среды;
 ρ — плотность воздуха, кг/м³;
 c_p — теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг · К);
 u — скорость, м/с;
 ∇ — градиент;
 d_z — толщина слоя потока, м;
 q_0 — тепловой поток от электронагревателя тепловой пушки, Вт/м²;
 k_b — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м · К);
 Q_{vd} — вязкая диссипация Вт/м³;
 Q — объемные тепловыделения от источника, Вт/м³.

Из уравнения (3) определим граничные условия для исследуемой области:

– потери теплоты через границу твердой стенки с условием нулевой скорости воздуха на границе:

$$q_0 = h(T_2 - T_{int}), \tag{4}$$

где h — коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · К);
 $(T_{ext} - T_{int})$ — разность между температурой внутри и снаружи помещения;

– потери теплоты через границу соприкосновения воздуха исследуемой области с внешним объемом воздуха остального помещения при отсутствии фазового перехода и свободным течением воздуха на границе:

$$k \nabla T n = \rho \Delta H u n, \tag{5}$$

где ΔH — характеристика процесса, изменение энтальпии вещества при изменении температуры без совершения веществом фазового перехода.

Итоговая система уравнений по модели Уилкокка, описывающая характер движения воздуха в зоне с учетом диссипации и влияния гравитации на перемешивание потоков:

$$\begin{aligned} \rho (u_2 \nabla) u_2 &= \nabla [-p_2 l + K] + F + \rho g; \\ \nabla (\rho u_2) &= 0; \\ K &= (\mu + \mu_T) \left(\nabla_{u_2} + (\nabla_{u_2})^T \right) - \\ &- \frac{2}{3} (\mu + \mu_T) (\nabla u_2) l - \frac{2}{3} \rho k_2 l; \\ \rho (u_2 \nabla) k_2 &= \nabla \left[(\mu + \mu_T \sigma_k^*) \nabla_{k_2} \right] + p_k - \beta_0^* \rho \omega k_2; \\ \rho (u_2 \nabla) \omega &= \nabla \left[(\mu + \mu_T \sigma_\omega^*) \nabla_\omega \right] + \\ &+ \alpha \frac{\omega}{k_2} P_k - \rho \beta_0 \omega^2, \end{aligned} \tag{6}$$

где μ_T — турбулентная вихревая вязкость, Па · с;
 l — турбулентная длина, связанная с шириной области перемешивания потоков воздуха;
 F — сила Архимеда, Н/м³; также в уравнении представлен ряд вспомогательных числовых констант [11].

Исследование проводится при помощи метода конечных разностей. Одна из основных про-

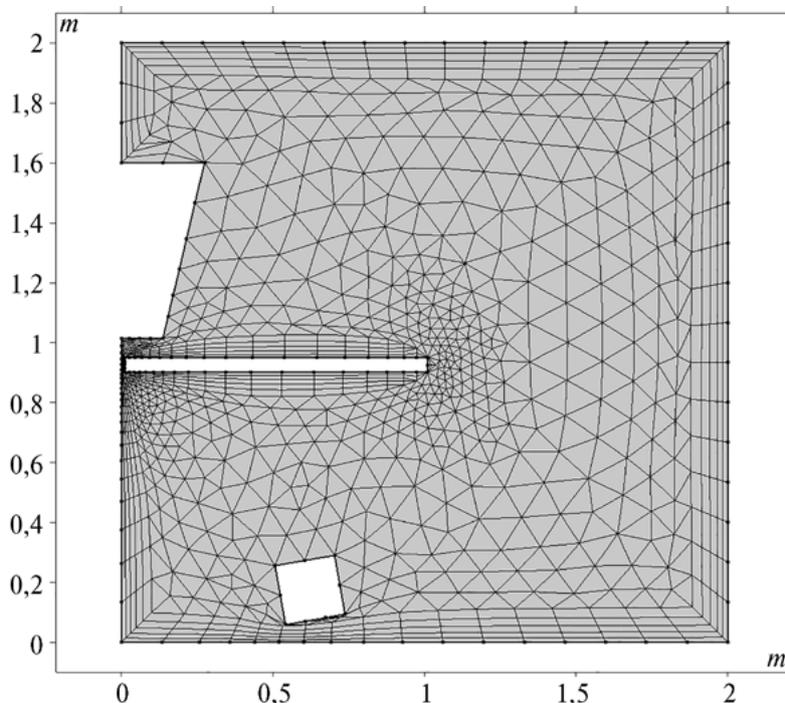


Рис. 3. Расчетная сетка области решения

блем при исследовании подобных областей — составление расчетной сетки. При исследовании смешанной конвекции слишком крупная сетка приводит к искажению результатов, особенно в областях обтекания потоком препятствий и в областях столкновения с жесткими стенками. Также необходимо минимизировать количество ячеек со слишком большим соотношением площадей граней. Слишком мелкая сетка, несмотря на повышение точности вычислений, многократно увеличивает время расчета. Подобранная сетка, разбивающая зону на области треугольной формы, отличается крупными ячейками в основной области и в местах подачи и вытяжки воздуха, но имеет более мелкую сетку в областях сужения и рядом с объектами, обтекаемыми быстрыми струями воздуха.

Результаты

В результате моделирования была проверена эффективность использования тепловой пушки при включенной системе локализующей вентиляции и при различных ее положениях относи-

тельно рабочего места. На рис. 4, *а* представлено поле скоростей вентиляционного воздуха при одновременной работе тепловой пушки, установленной на полу, и активированной панели локализующей вентиляции. На рис. 4, *б* приведено поле скоростей при тех же условиях, но с деактивированной системой локализующей вентиляции. На рисунках заметны следы закольцованности воздушных потоков в области работы тепловой пушки, а также увеличение скорости потоков в области контакта воздушного потока и ограничивающей поверхности с образованием воздушного «факела» непосредственно в области предполагаемого присутствия человека.

Поведение воздушных потоков отражается на распределении температур в исследуемой области (рис. 5). На полученном графике заметно, что при совместном действии тепловой пушки и работающей локализующей вентиляции создается более равномерное температурное поле (рис 5, *а*), которое находится в прямой зависимости от конфигурации рабочего места и места расположения тепловой пушки. Стоит отметить, что

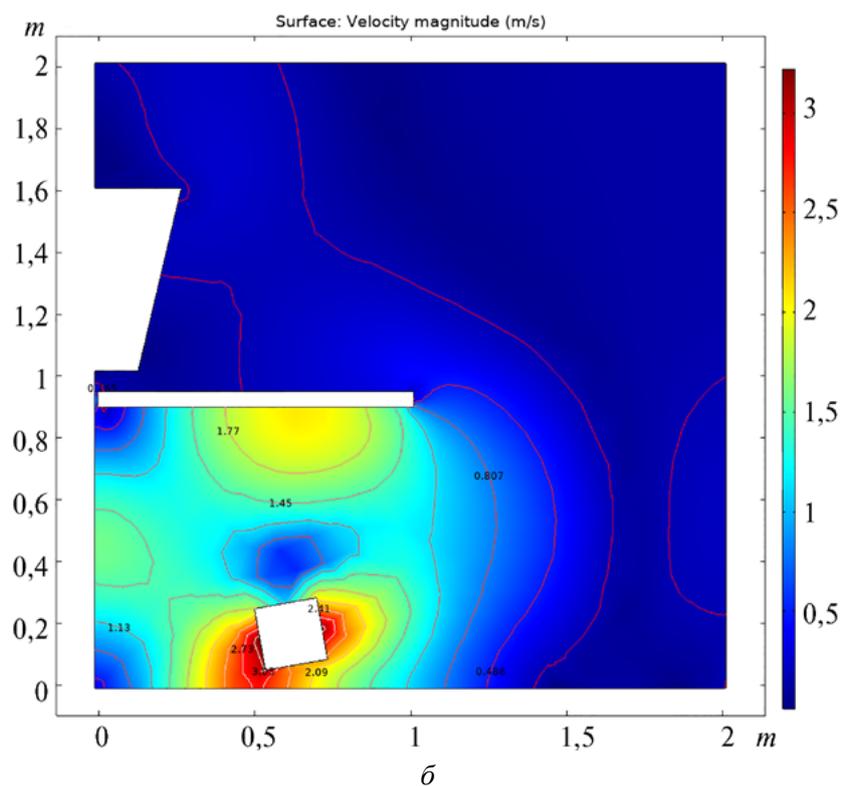
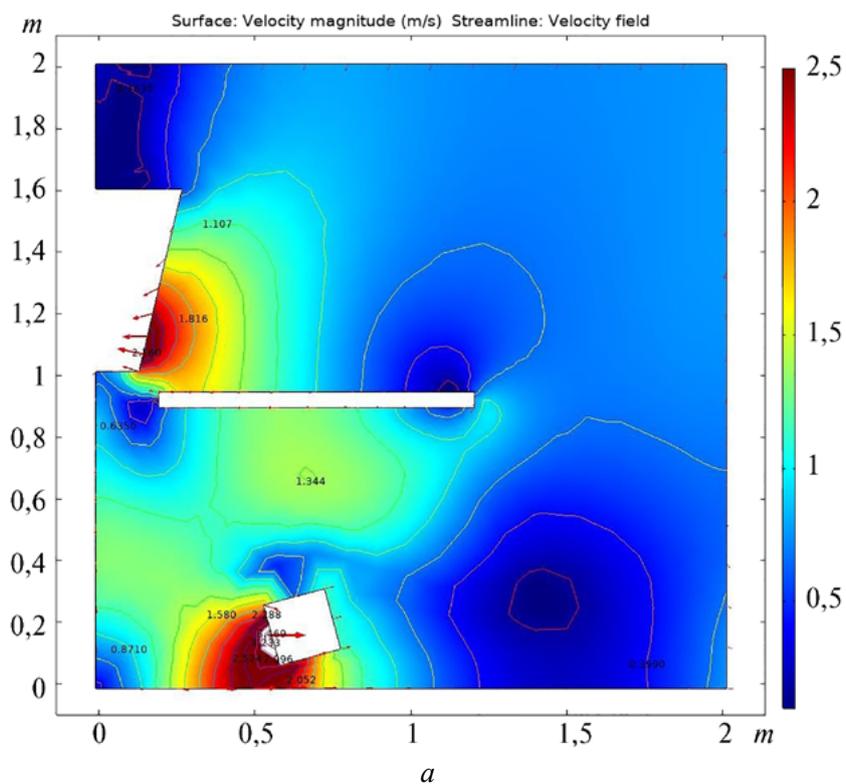


Рис 4. Поля скоростей:

a — с активированным локальным вытяжным устройством вентиляции;
б — с отключенным локальным вытяжным устройством вентиляции

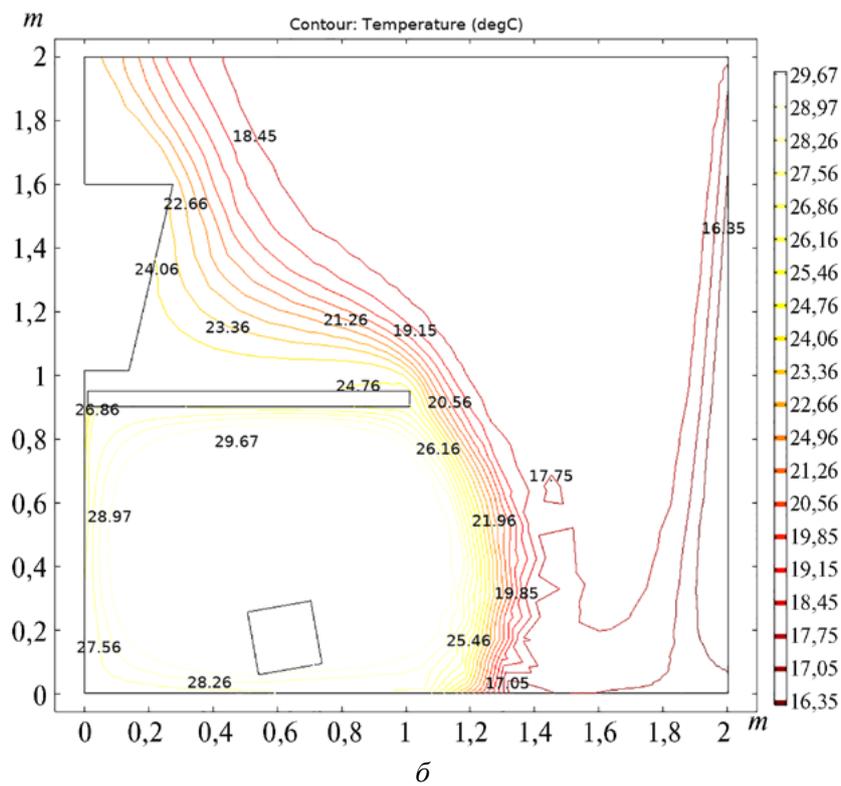
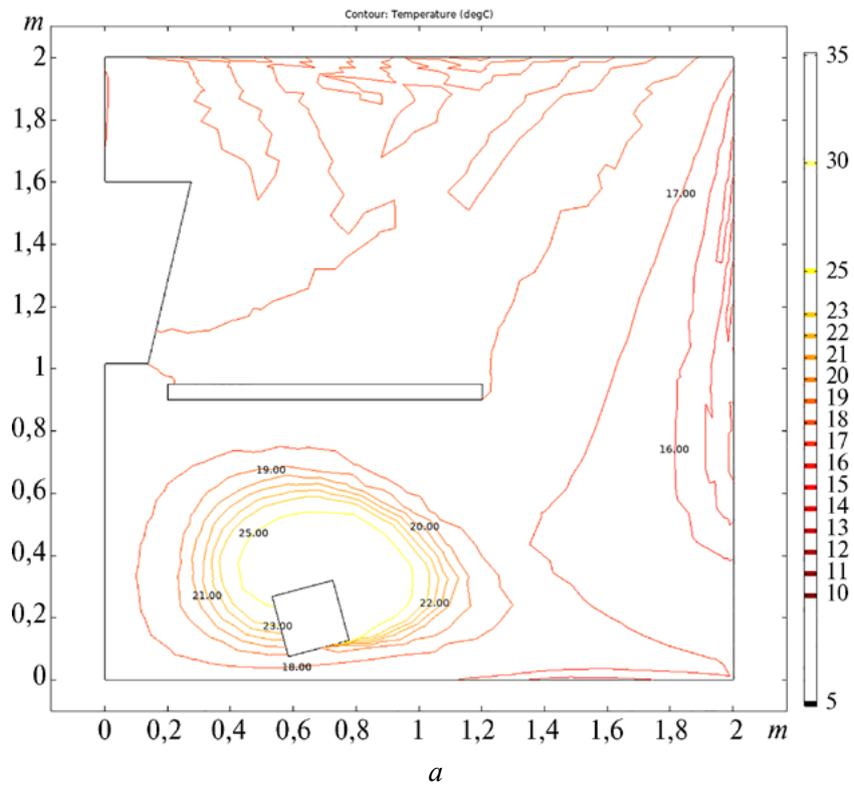


Рис. 5. Поля температур в рабочей зоне:
a — с активированной системой локализирующей вентиляции;
б — с деактивированной системой локализирующей вентиляции

в симуляциях предполагается, что нагреватель установлен под потенциальным рабочим местом. Рис. 5, б показывает, что использование тепловой пушки при неактивной локализирующей вентиляции создает зону повышенной температуры, ограниченную в верхней части препятствием — рабочим столом, который не позволяет нагретому воздуху подниматься и ассимилироваться с воздухом в помещении. При скоростях воздушных потоков до 0,5 м/с воздух в нижней зоне нагревается заметно выше и «факел» становится более заметным.

Выводы

1. Проведенное моделирование показало целесообразность применения электрических тепловых пушек для организации местной системы отопления и поддержания теплового комфорта в рабочих зонах локомотивного депо. Использование предлагаемой схемы позволяет обеспечивать нормативный воздухообмен при соблюдении комфортной температуры на участках в зоне предполагаемого нахождения человека.

2. Эффективность применения тепловой пушки в рассматриваемой схеме в большей степени зависит от организации воздухообмена и от геометрии помещения.

3. Обнаруженная тенденция к возникновению «факела» делает нежелательной установку тепловых пушек непосредственно под зонами проведения сварочных и других работ с установленными требованиями по воздухообмену и режиму скорости воздушных потоков.

4. Возможность образования локальных зон с повышенной температурой воздуха исключает возможность использования тепловых пушек вблизи от аэрозольных баллонов, емкостей с топливом и других взрыво- и пожароопасных объектов.

Библиографический список

1. Гильдебрандт А. А. Установки для обогрева помещений / А. А. Гильдебрандт, Р. Р. Зайнагабдинов, С. С. Воротилин // *Аллея науки*. — 2020. — Т. 1. — № 8. — С. 199–202.
2. Яковлев П. П. Влияние отопительных приборов на параметры микроклимата помещений / П. П. Яковлев, Е. А. Горбанева, Ю. А. Аляутдинова // *Вестник АГТУ*. — 2009. — № 1(48). — С. 19–21.
3. Михайлов Ф. С. Отопление и основы вентиляции: учебное пособие для техникумов / Ф. С. Михайлов. — М: Стройиздат, 1972. — 410 с.
4. Батулин В. В. Основы промышленной вентиляции / В. В. Батулин. — М.: Профиздат, 1990. — 448 с.
5. Кожевникова Н. Ю. Температура воздушной среды производственных помещений как вредный фактор условий труда / Н. Ю. Кожевникова // *Аграрное образование и наука*. — 2016. — № 6. — С. 3.
6. Васильев А. В. Влияние микроклимата на производительность труда рабочих в РМЦ / А. В. Васильев, Е. П. Одноров // *Молодой ученый*. — 2015. — № 1(105). — С. 138–141.
7. Лосев Д. П. Все о воздушном отоплении / Лосев Д. П. // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. — 2010. — № 7. — С. 50–52.
8. Корохова Е. Моделирование и алгоритмизация процедуры выбора автономной теплогенерирующей системы / Е. В. Корохова, И. С. Шабаршина, А. В. Петракова и др. // *Изв. ЮФУ. Техн. науки*. — 2015. — № 3(164). — С. 70–83.
9. Белостоцкий А. М. Вычислительная аэродинамика в задачах строительства / А. М. Белостоцкий, П.П. Акимов, И. Н. Афанасьева. — М.: АСВ, 2017. — 720 с.
10. Teodosiu C. Appropriate CFD turbulence model for improving indoor air quality of ventilated

spaces / C. Teodosiu, V. Ilie, R. Teodosiu // *Mathematical Modeling in Civil Engineering*. — 2014. — Iss. 4. — Pp. 28–42.

11. Молчанов А. М. Математическое моделирование задач газодинамики и тепломассообмена / А. М. Молчанов. — М.: МАИ, 2013. — 208 с.

Дата поступления: 27.07.2023

Решение о публикации: 29.09.2023

Контактная информация:

КИСЕЛЕВ Игорь Георгиевич — д-р техн. наук, проф.;
toe@pgups.ru

КУДРИН Михаил Юрьевич — канд. техн. наук, доц.;
toe@pgups.ru

КОМИССАРОВ Сергей Борисович — канд. техн. наук,
доц.; s.b.komissarov@gmail.com

МОНАСТЫРСКИЙ Дмитрий Ярославович —
аспирант; monastyrskiy.dy@mail.ru

Results of Mixed Convection Modeling to Assess the Feasibility of Using Jet Heaters by the Heating of Locomotive Depot Welding Stations

I. G. Kiselev, M. Yu. Kudrin, S. B. Komissarov, D. Ya. Monastyrsky

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Kiselev I. G., Kudrin M. Yu., Komissarov S. B., Monastyrsky D. Ya. Results of Mixed Convection Modeling to Assess the Feasibility of Using Jet Heaters by the Heating of Locomotive Depot Welding Stations // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 4, pp. 891–901. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-4-891-901

Summary

Purpose: Numerical investigation of mixed convection processes to assess the feasibility of using jet heaters for local heating in locomotive depot welding stations with a mechanical localized ventilation system. **Methods:** The research has been conducted using the finite difference method in the COMSOL Multiphysics software, with the problem of mixed convection formulated and the calculation domain reduced to a two-dimensional plane. **Results:** Temperature fields and velocity maps have been obtained for the workstations under various conditions and positions of the jet heater. The analysis of the results has allowed us to propose options for using jet heaters and their installation locations, as well as to refine the impact of their impact on the microclimate of the workstation. The conditions under which the use of jet heaters is both practical and safe have been determined. **Practical significance:** The results obtained during the study can be used for the organization or optimization of local heating systems for welding stations in locomotive depots, as well as for similar workplace arrangements.

Keywords: Local ventilation, heating systems, air heating, organization of welding stations, locomotive depot.

References

1. Gil'debrandt A. A., Zainagabdinov R. R., Vorotilin S. S. Ustanovki dlya obogreva pomeshcheniy [Installations for heating premises]. *Alleya nauki* [Alley of Science]. 2020, vol. 1, Iss. 8, pp. 199–202. (In Russian)

2. Yakovlev P. P., Gorbaneva E. A., Alyautdinova Yu. A. Vliyanie otopitel'nykh priborov na parametry mikroklimata pomeshcheniy [Influence of heating devices on the parameters of the microclimate of premises]. *Vestnik AGTU* [Bulletin of AGTU]. 2009, Iss. 1(48), pp. 19–21. (In Russian)

3. Mikhailov F. S. *Otoplenie i osnovy ventiljacji: uchebnoe posobie dlya tekhnikumov* [Heating and basics of ventilation: a textbook for technical schools]. Moscow: Strojizdat Publ., 1972, 410 p. (In Russian)
4. Baturin V. V. *Osnovy promyshlennoj ventiljacji* [Basics of industrial ventilation]. Moscow: Profizdat Publ., 1990, 448 p. (In Russian)
5. Kozhevnikova N. Yu. Temperatura vozdukhovj sredy proizvodstvennykh pomeshchenij kak vrednyj faktor uslovij truda [Air temperature of production premises as a harmful factor of working conditions]. *Agrarnoe obrazovanie i nauka* [Agricultural education and science]. 2016, Iss. 6, p. 3. (In Russian)
6. Vasil'ev A. V., Odnovorov E. P. Vliyanie mikroklimata na proizvoditel'nost' truda rabochikh v RMC [Influence of microclimate on the labor productivity of workers in RMC]. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist]. 2015, Iss. 1(105), pp. 138–141. (In Russian)
7. Losev D. P. Vse o vozduhnom otoplenii [All about air heating]. *Santekhnika, otoplenie, kondicionirovanie* [Plumbing, heating, air conditioning]. 2010, Iss. 7, pp. 50–52. (In Russian)
8. Korokhova E., Shabarshina I. S., Petrakova A. V. et al. Modelirovanie i algoritimizaciya procedury vybora avtonomnoj teplogeneriruyushchej sistemy [Modeling and algorithmization of the procedure for choosing an autonomous heat-generating system]. *Izv. YUFU. Tehn. nauki* [Bulletin of SFU. Technical Sciences]. 2015, Iss. 3(164), pp. 70–83. (In Russian)
9. Belostockij A. M., Akimov P. P., Afanas'eva I. N. *Vychislitel'naya aerodinamika v zadachakh stroitel'stva* [Computational aerodynamics in construction tasks]. Moscow: ASV Publ., 2017, 720 p. (In Russian)
10. Teodosiu C., Ilie V., Teodosiu R. Appropriate CFD turbulence model for improving indoor air quality of ventilated spaces. *Mathematical Modeling in Civil Engineering*. 2014, Iss. 4, pp. 28–42.
11. Molchanov A. M. *Matematicheskoe modelirovanie zadach gazodinamiki i teploobmena* [Mathematical modeling of gas dynamics and heat transfer problems]. Moscow: MAI Publ., 2013, 208 p. (In Russian)

Received: July 27, 2023

Accepted: September 29, 2023

Author's Information:

Igor G. KISELEV — Dr. Sci. in Engineering, Professor; toe@pgups.ru

Mikhail Yu. KUDRIN — PhD in Engineering, Associate Professor; toe@pgups.ru

Sergei B. KOMISSAROV — PhD in Engineering, Associate Professor; s.b.komissarov@gmail.com

Dmitry Ya. MONASTYRSKY — Postgraduate Student; monastyrskiy.dy@mail.ru