

Принято допущение о том, что в нагретой струе загрязняющие вещества содержатся в количествах, которые не влияют на развитие струи. В связи с этим в математическую модель нет необходимости включать дифференциальные уравнения, описывающие перенос загрязняющих веществ. На этом основании в расчётах численные значения физических параметров приняты как для чистого воздуха.

С целью учёта турбулентного характера движения воздуха использована *k-ε*-модель турбулентности [7].

Радиационный теплообмен в данной задаче не рассматривается по причине диатермичности (прозрачности) воздуха с малой степенью загрязнения газовыми и механическими примесями.

В данной публикации приводятся результаты исследования установившегося поля скоростей и температур восходящей конвективной струи, формируемой над протяжённой нагретой плитой. На поверхностях ограждений и зонта приняты адиабатические условия. В качестве граничных условий для горячей плиты задано условие прилипания (для уравнений движения) и фиксированная температура поверхности (граничное условие первого рода для уравнения переноса теплоты).

Принято решение исключить из анализа поддерживающую конструкцию, на которой размещается плита, поскольку она не оказывает существенного влияния на формирование нагретой струи.

Исследуемые процессы являются трёхмерными, однако при большой протяжённости плиты влияние концевых участков на процессы переноса в средней части плиты пренебрежимо мало и поэтому изучение закономерностей формирования полей температуры и скорости можно осуществить в плоской системе координат. Например, в технологии производства плит МДФ/ХДФ на ОАО «Витебскдрев» при ширине движущейся по конвейеру плиты 2,6 м длина составляет 30 м. Другие факторы, требующие провести исследование в трёхмерной системе координат, отсутствуют. Были проведены тестовые расчёты для задачи в двухмерной и трёхмерной постановке. Результаты согласуются с достаточной степенью точности.

При движении плиты по конвейеру выделяется формальдегид, аммиак, пары парафина и др. В публикации

представляются результаты расчётов исследуемых полей для средней части плиты, то есть рассматривается сечение плиты и зонта, перпендикулярное направлению перемещения плиты на конвейере. Вытяжные патрубки зонта в двумерной задаче представлены эквивалентной по площади щелью, вытянутой вдоль конвейера. Переход от круглых локальных вытяжных патрубков к щели выполнен с сохранением расхода воздуха, удаляемого зонтом. Расчёты в 3D-постановке задачи показали правомочность такого подхода.

Основные геометрические характеристики задачи взяты применительно к реальному объекту. Высота цеха составляет 11 м. Ширина в сечении расчётной области — 18 м. Расстояние от стены, расположенной слева, до плоскости симметрии конвейера, плиты и зонта равняется 7 м. Ширина плиты МДФ — 2,6 м, толщина — 0,04 м (максимальная из номенклатурного ряда). Верхняя грань плиты находится на высоте 1,1 м от пола. Ширина зонта равняется 2,68 м. Расстояние по вертикали от низа зонта до его вытяжной щели — 1,68 м. Зазор между зонтом и плитой составляет 0,72 м.

Начальная температура внутренней воздушной среды и температура приточного воздуха заданы на уровне +19°C, температура поверхности плиты в начале конвейера +140°C.

Результаты расчётов

На рис. 1 представлены результаты расчётов для случая симметричного подвода приточного воздуха, компенсирующего его удаление зонтом, и отсутствия других факторов, определяющих асимметрию воздушных потоков. Плоскость симметрии задачи перпендикулярна плоскости изображения и показана тонкой линией. Здесь и далее на рисунках приведён фрагмент расчётной области, представляющий интерес для изучения. Отображены поперечное сечение зонта с вытяжным отверстием и начальным участком вытяжного канала, плита МДФ и поверхность пола. Расчётное поле температуры представлено изотермами с указанием значения температуры. Поле скорости изображено в виде векторов, длина которых определяется абсолютным значением скорости в данной точке. Видно, что для оговорённых условий конструкция зонта обеспечивает эффективное удаление выделяющихся вредностей.

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ



РЕШЕТКИ И ДИФфуЗОРЫ



РЕГУЛЯТОРЫ РАСХОДА ВОЗДУХА



ВОЗДУШНО-ВОДЯНЫЕ СИСТЕМЫ



ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ КЛАПАНЫ



ФИЛЬТРЫ



ВЕНТИЛЯТОРЫ



на правах рекламы

**ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКС РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ И
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ВОЗДУХА**

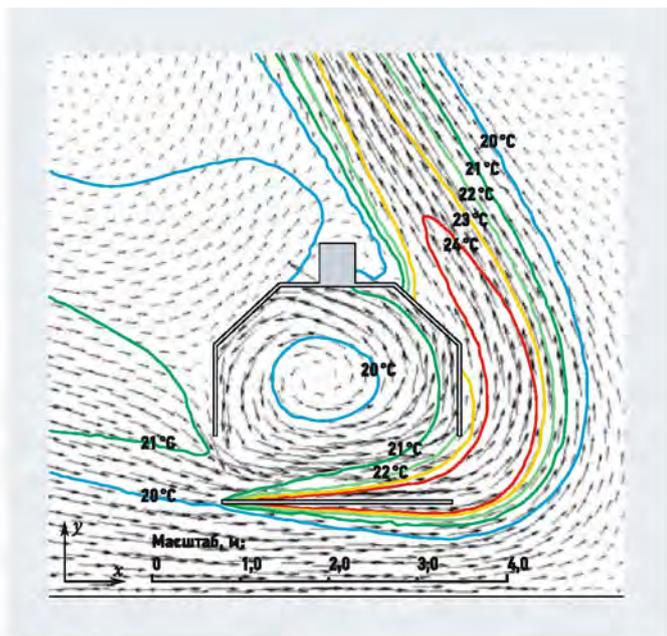


Рис. 2. Поля температуры и скорости при наличии бокового потока воздуха

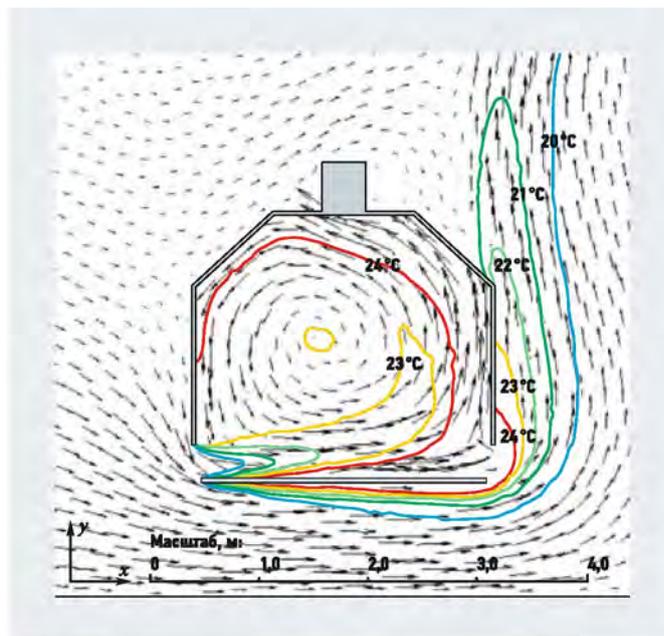


Рис. 3. Поля температуры и скорости при наличии бокового потока воздуха (удлиняющие свесы с обеих сторон зонта)

При раздаче компенсирующего вытяжку приточного воздуха только с одной стороны зонта происходит снос тепловой струи за пределы зонта (рис. 2). В данном случае в пространстве цеха образуется вихрь, формируемый вышедшей за пределы зонта конвективной струей. Поэтому в левой части изображения можно наблюдать частичный возврат нагретого воздуха (см. изотермы для 20°C и 21°C), прошедшего вместе с указанным вихрем путь вверх к покрытию цеха, затем к левой стене и обратно к зонту.

□ удлинение со стороны, противоположной расположению воздухоораспределителей (рис. 5).

Видно, что ни один из вариантов с применением удлиненных свесов не позволяет исключить уход нагретого загрязнённого воздуха в пространство цеха.

Сравнение эффекта от применения различных вариантов удлинения свесов показывает, что наибольший эффект снижения утечек даёт свес, расположенный со стороны набегающего потока воздуха (рис. 4). Результаты, представ-

ленные на рис. 3 и 4, близки по количеству нагретого загрязнённого воздуха, уходящего за пределы зонта.

Вариант со свесом, размещённым справа (рис. 5), незначительно отличается от исходного варианта без использования свесов (рис. 2). В пространстве цеха формируется циркуляция, характеризующаяся возникновением вихря, закрученного против часовой стрелки и возвращающего в разбавленном состоянии нагретый и загрязнённый воздух к вытяжной системе (рис. 5, изотерма 20°C слева).

Здесь и в последующих расчётах вытяжная щель в верхней части зонта удаляет заданное количество воздуха, неизменное по сравнению с первым расчётом

Отметим, что здесь и в последующих расчётах вытяжная щель в верхней части зонта удаляет заданное количество воздуха, неизменное по сравнению с первым расчётом. Более детально представить поле скоростей в вытяжной щели в масштабе всего изображения в данном исследовании нецелесообразно.

Для локализации тепловой струи и эффективного удаления выделяющихся вредностей рассмотрены варианты удлинения боковых свесов зонта:

- удлинение с обеих сторон с изменением просвета от 0,72 до 0,3 м (результаты расчётов представлены на рис. 3);
- удлинение только со стороны раздачи приточного воздуха (рис. 4);

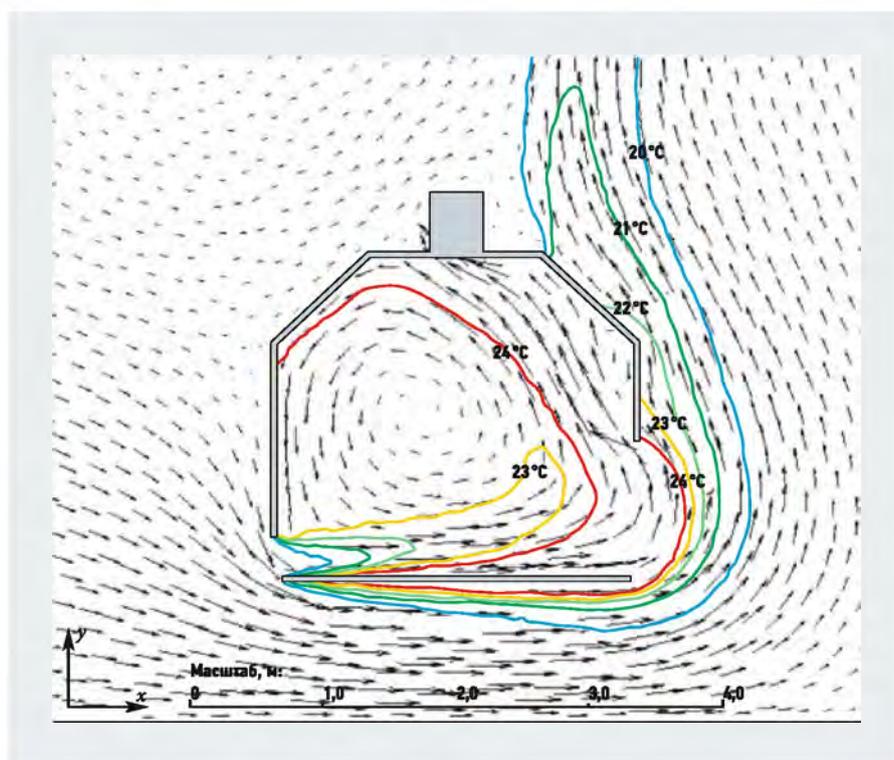
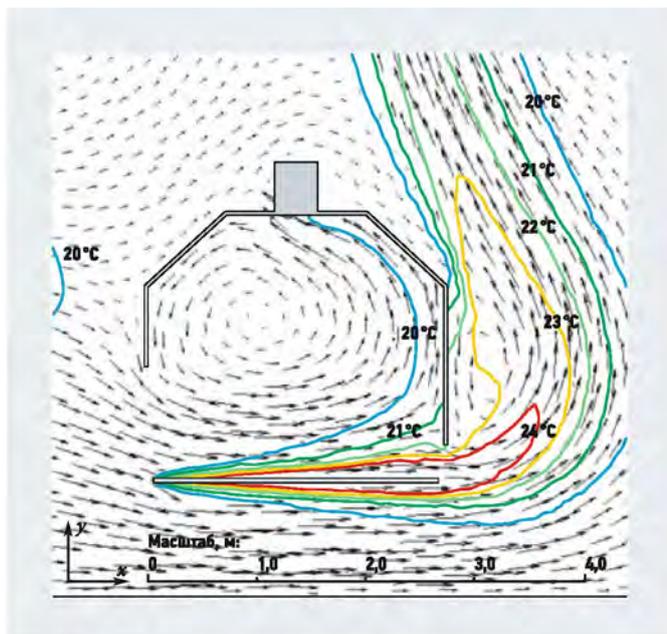
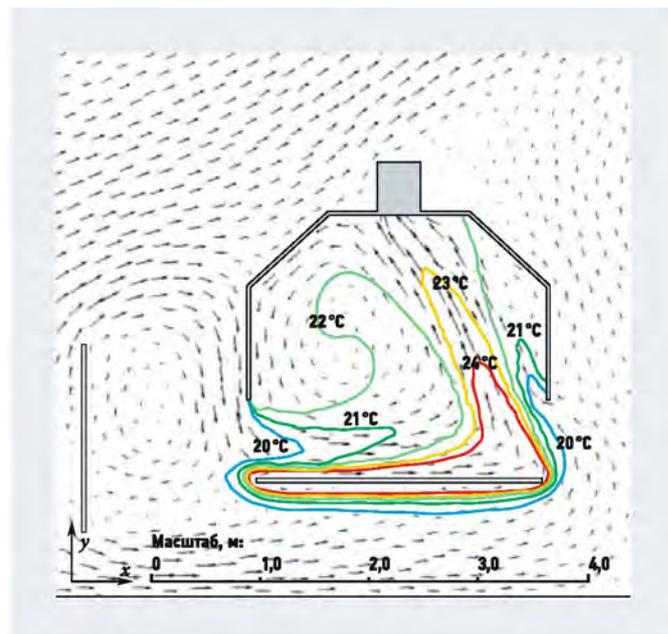


Рис. 4. Поля температуры и скорости при наличии бокового потока воздуха (удлиняющий свес — слева, со стороны бокового потока)



■ Рис. 5. Поля температуры и скорости при наличии бокового потока воздуха (удлиняющий свес — справа)



■ Рис. 6. Поля температуры и скорости при наличии бокового потока воздуха и экрана

Удлинение свеса, размещённого со стороны раздачи приточного воздуха, до отметки конвейера позволило бы достигнуть полного исключения выхода нагретого загрязнённого воздуха в пространство цеха. Однако это затруднило бы визуальный контроль состояния плиты и конвейера и недопустимо по технологическим требованиям. Удлиненные свесы, к тому же, усложняют выполнение периодических работ по обслуживанию оборудования конвейера.

На рис. 6 представлен результат расчёта с экраном, установленным со стороны набегающего потока симметрично относительно зазора между зонтом и плитой. Экран выступает вверх и вниз относительно указанного зазора на 0,5 м.

Поля температуры и скорости показывают, что утечка нагретого загрязнённого воздуха в пространство цеха практически отсутствует.

В ходе работы также исследованы два варианта с экранами, отличающимися от представленного на рис. 6 отметкой низа экрана (отметка верха экрана остаётся неизменной). В одном случае экран устанавливается непосредственно на пол, в другом — с зазором 0,3 м между низом экрана и поверхностью пола.

В обоих случаях при обтекании экрана потоком формируется циркуляция воздуха, которая приводит к частичному выходу нагретых газов за пределы зонта со стороны экрана.

Выход конвективной струи за пределы зонта в этом случае значительно меньше по величине, в сравнении с использованием различных представленных вариантов удлиненных свесов.

Причина возникновения утечки в расчётах с другими размерами экранов, на наш взгляд, заключается в большем различии параметров движения воздушной среды в верхней и нижней части пространства между экраном и зонтом с плитой, чем в случае симметричного расположения экрана относительно зазора между зонтом и плитой (рис. 6). Экран следует располагать с обеих сторон от конвейера. Поскольку направление бокового потока может изменяться при перемене наружных метеорологических условий, открывании дверей, изменении режима работы приточных и вытяжных установок, обслуживающих цех.

Полученные результаты использованы при разработке рекомендаций по устройству системы вентиляции для производственного предприятия ОАО «Витебскдрев»

Полученные результаты использованы при разработке рекомендаций по устройству системы вентиляции для ОАО «Витебскдрев».

Заключение

Традиционные методики проектирования не учитывают влияние способа распределения приточного воздуха и другие причины появления боковых потоков на формирование конвективных струй над источниками теплоты и работу местной вытяжной вентиляции.

Результаты исследования показали, что формирование конвективной струи

над горячей горизонтальной поверхностью сопровождается образованием шейки, что не учитывается общепринятыми методиками определения размеров вытяжного зонта. Значение угла раскрытия зонта, близкое к 60°, не гарантирует равномерное всасывание по всей плоскости входного отверстия.

Применение компьютерного моделирования на основе системного анализа процессов переноса позволяет с минимальными затратами времени и средств адекватно оценить последствия физических процессов и найти оптимальное решение задач по обеспечению эффективной работы вентиляции в зданиях различного назначения. ●

1. Pinelli M., Suman A. A numerical method for the efficient design of free opening hoods in industrial and domestic applications // *Energy*, 2014. Vol. 74.
2. Дроздов В.Ф. Отопление и вентиляция: Учеб. пособие для специальности «Теплогоснабжение и вентиляция». Ч. 2: Вентиляция. — М.: Высшая школа, 1984.
3. Батурич В.В. Основы промышленной вентиляции: Изд. 4-е. — М.: Профиздат, 1990.
4. Внутренние санитарно-технические устройства: Справ. проект. Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. Изд. 4-е, Кн. 1. — М.: Стройиздат, 1990–1992..
5. Внутренние санитарно-технические устройства: Справ. проект. Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. Изд. 4-е, Кн. 2. — М.: Стройиздат, 1990–1992.
6. Захаревич А.Э. Формирование параметров микроклимата в отапливаемых помещениях в условиях естественной конвекции: Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. по спец. 05.23.03. — Минск: БНТУ, 2012.
7. Ferziger J.H. Computational Methods for Fluid Dynamics / J.H. Ferziger, M. Peric. — 3rd rev. ed. — Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Tokyo: Springer, 2002.
8. Дячек П.И., Захаревич А.Э., Грачёв И.Ю. Развитие струи над нагретой горизонтальной поверхностью // *Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ: Энергетика*, №6/2014. — Минск: БНТУ.