Литература

1. Строительная теплотехника : СП 2.04.01-2020. – Взамен ТКП 45-2.04-43-2006 ; введ. 20.01.2021. – Минск : Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 77 с.

2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03-2019. – Взамен СНБ 4.02.01-03 ; введ. 16.12.2019. – Минск : Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2019. – 52 с.

3. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций : ГОСТ 26629-85. – Введ. 01.07.86. – Минск ; Государственный комитет по делам строительства, 1986. – 16 с.

4. Руководство по проектированию геотермальных систем Viessmann / Viessmann. – М. : Viessmann group, 2020. – 484 с.

УДК 697.352.8

Формирование микроклимата в спальном помещении детского дошкольного учреждения

Ливанский Д. Г., Воробьева А. С., Сокол Д. С.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В данной статье рассматривается проектное решение радиаторного отопления в спальном помещении детского дошкольного учреждения. С помощью методов математического моделирования температурных и скоростных полей был проведен анализ работы проектного. Рассмотрены особенности распределения параметров микроклимата внутри помещения и предложено решение использовать дополнительный отопительный прибор.

Цель статьи – определить особенности формирования микроклимата в спальном помещении детского дошкольного учреждения при использовании радиаторного отопления, выявить преимущества и недостатки, а также предложить возможные пути их устранения.

Объектом исследования послужило государственное учреждение образования «Ясли-сад № 28» расположенное в городе Минск, в котором была выбрана спальная комната с габаритными размерами 3×5×3 м (рис. 1).

Помещение располагается на первом этаже и имеет две наружных стены с окнами. В проектном решении внутри данного помещения по наружным стенам под окнами (1,4×2 м) расположены радиаторы (0,6×0,5×0,1 м – 1 шт, 0,7×0,5×0,1 м – 2 шт.) В предложенном решении внутри данного помещения по наружным стенам под окнами (1,4×2 м) расположены радиаторы

(0,6×0,5×0,1 м – 1 шт, 0,7×0,5×0,1 м – 2 шт) и контур теплого пола (шаг 0,3 м, dn =16 мм, S =39,94 м^2).

Предполагается, что по бокам и над помещением располагаются аналогичные спальные и игровые помещения с расчетной температурой воздуха равной +21 °С, а под помещением располагается подвал с температурой +5 °С. Расчетная температура наружного воздуха холодного периода для г. Минска равна –24 °С. Средняя температура поверхности теплого пола в детских учреждениях принята +26 °С. Удаляемый расход воздуха из помещения спальни определен из расчета 1,5 кратного воздухообмена и равен 200 м^3/час, компенсация которого осуществляется за счет поступления в помещение равного количества инфильтрующегося воздуха. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных и внутренних ограждающих конструкций принято в соответствии с действующими нормативными требованиями.

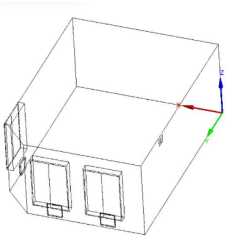

Рис. 1. Расчетная схема помещения

Указанные особенности помещения обусловливают необходимость применения математического моделирования физических процессов тепломассообмена с помощью решения трехмерных дифференциальных уравнений переноса теплоты, сохранения массы, движения, радиационного теплового потока. Решение этих уравнений осуществлялось с использованием универсальной программной системы анализа ANSYS.

Граничные условия для системы вентиляции помещения задаются на основании [1;3] данных о величине инфильтрирующегося наружного воздуха и расчетной его температуры в холодный период года.

$$T\big|_{\text{инф}} = t_{\text{инф}},\ w\big|_{\text{инф}} = w_{\text{инф}}.$$

Теплопоступления от отопительного прибора учитываются как равномерно распределенные источники теплоты по поверхности: $q_{\text{пр}}$.

В результате моделирования получено распределение температуры воздуха в сечении по центру окна, расположенного в наружной стене вдоль оси Y, и представлено на рис. 2.

Как видно из рис. 2, температура по высоте помещения увеличивается по высоте помещения от пола к потолку. При этом изменение температуры составляет примерно 1 °С на метр высоты. Исходя из оценки распределения температуры по сечению, условно помещение можно разделить на три температурные зоны по

1 м: в верхней зоне температура воздуха составляет примерно 20–23 °С, в средней – 18–19 °С, а в нижней – 16–18 °С. Следует отметить, что возрастная категория детей в яслях – от 1 до 3 лет, а средний рост таких детей составляет от 70 до 105 см. Поэтому дети располагаются преимущественно в средней и нижней зонах, параметры которых не соответствуют требованиям для спальных помещений дошкольных учреждений и при длительном воздействии могут негативно сказаться на здоровье ребенка.

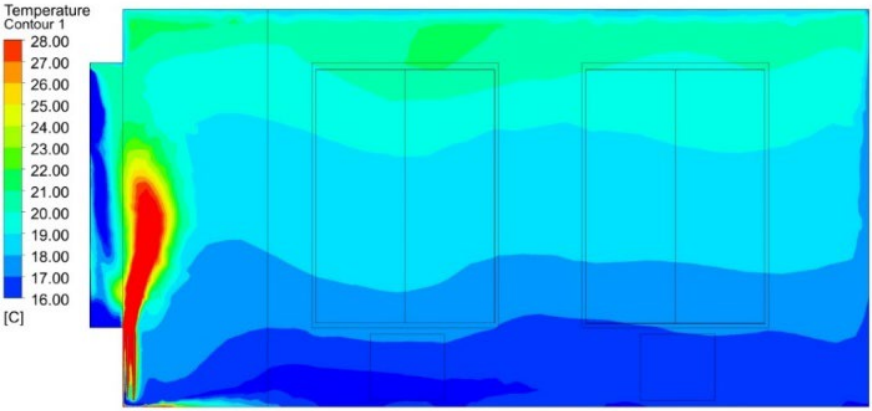

Рис. 2. Распределение температуры в сечении по центру окна, расположенного в наружной стене вдоль оси *Y* (проектное решение)

Рассмотрим предложенное решение с использованием теплого пола в качестве дополнительного отопительного прибора (рис. 3).

Как видно из рис. 3, также можно условно разделить сечение по высоте помещения на три температурные зоны. В этом случае значение температуры во всех трех зонах находится в допустимых пределах. В средней и нижней зонах в предложенном решении создаются наиболее благоприятные условия микроклимата по сравнению с проектным решением.

Стоит отметить, что из-за требования к обеспечению нормативной величины воздухопроницания оконных проемов, и, как результат, наличия в окнах неплотностей, холодный воздух поступает в помещение. Холодный воздух опускается вниз по внутренней поверхности окна до подоконника, после чего встречается с восходящим потоком нагретого воздуха от радиатора, обходит его по краям (рис. 4, 5), из-за чего происходит минимальное попадание холодного воздуха в зону под окнами. Это наблюдение требует дальнейших исследований для уточнения влияния таких неплотностей на распределение температур и комфорт внутри помещения.

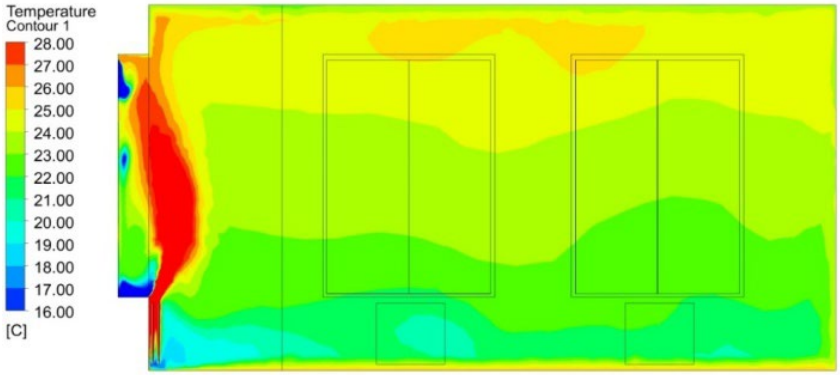

Рис. 3. Распределение температуры в сечении по центру окна, расположенного в наружной стене вдоль оси *Y* (предложенное решение)

На рис. 4 и рис. 5 представлена трехмерная визуализация изоповерхностей воздушных потоков внутри помещения: от радиатора и холодного потока воздуха через неплотности окна.

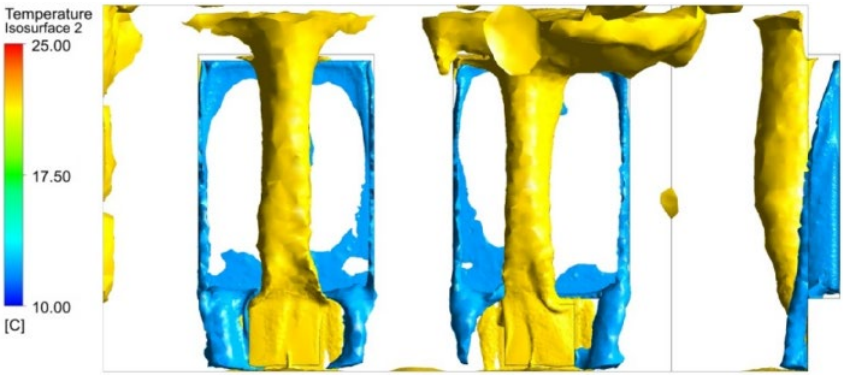

Рис. 4. Трехмерная визуализация изоповерхностей воздушных потоков внутри помещения с использованием только радиаторного отопления (проектное решение)

Можно наблюдать восходящий поток воздуха от отопительных приборов к потолку, который ранее отмечался (выделен оранжевым цветом), однако здесь более подробно прослеживаются зоны проникновения холодного инфильтриру-

ющегося воздуха, проходящего мимо отопительных приборов. Следует отметить, что при использовании теплого пола объем холодного потока значительно снижается. Этот поток было невозможно заметить при анализе только центрального продольного сечения.

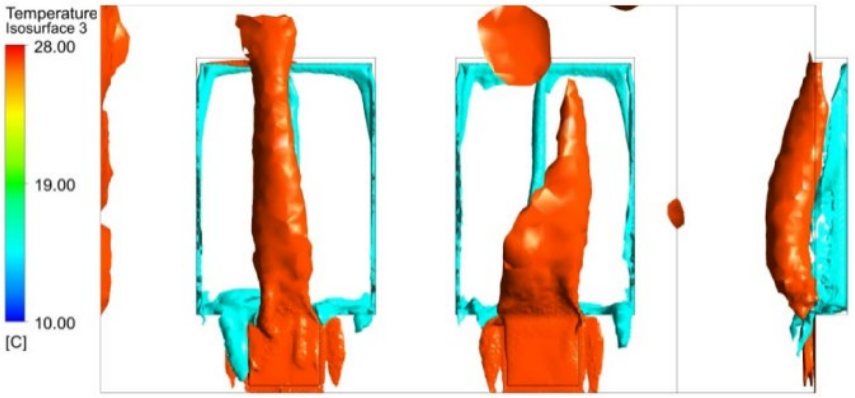

Рис. 5. Трехмерная визуализация изоповерхностей воздушных потоков внутри помещения с использованием радиаторного отопления и теплого пола в качества дополнительного отопительного прибора (предложенное решение)

Приведенный на рис. 6 график отображает изменение температуры по высоте в центре помещения при использовании проектного решения.

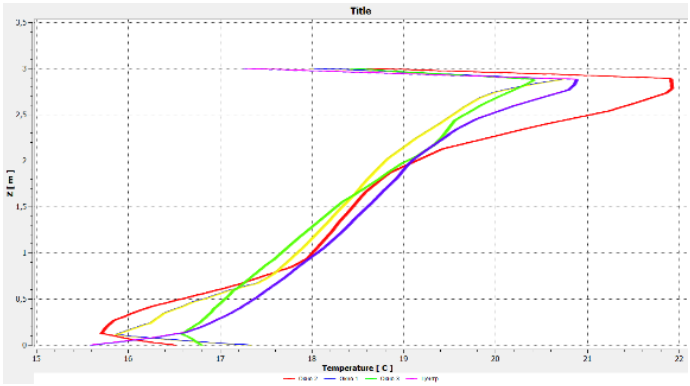

Рис. 6. График распределения температуры воздуха по высоте помещения (проектное решение)

Значения температур в обслуживаемой зоне помещения не находятся в пределах допустимых значений в соответствии с [2]. Стоит отметить, что характер распределения температуры по высоте полностью не соответствует эталонному, при котором наибольший комфорт для человека обеспечивается при постепенном охлаждении воздуха от пола к потолку [3].

Приведенный на рис. 7 график отображает изменение температуры по высоте в центре помещения при совместном использовании напольного отопления и радиаторов.

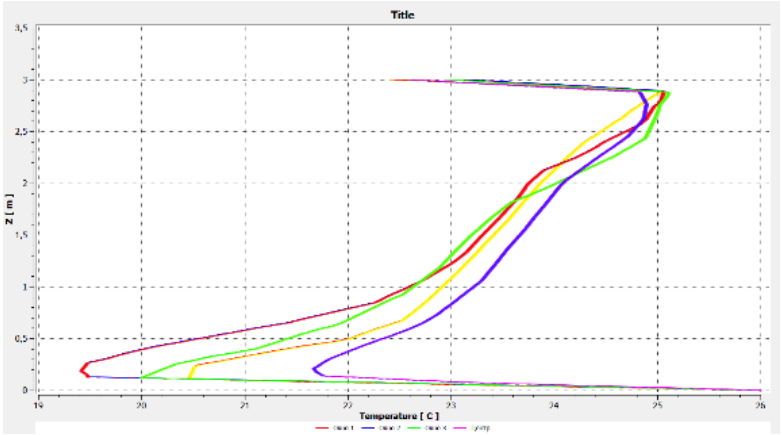

Рис. 7. График распределения температуры воздуха
по высоте помещения (предложенное решение)

Значения температур в обслуживаемой зоне помещения находятся в пределах допустимых значений. Стоит отметить, что характер распределения температуры по высоте так же не соответствует эталонному, при котором наибольший комфорт для человека обеспечивается при постепенном охлаждении воздуха от пола к потолку.

На рис. 8 и 9 представлены распределения скоростей движения воздуха внутри помещения в сечении по центру окна, расположенного в наружной стене вдоль оси *Y* для проектного и предложенного решения. Как видно из рис. 8 и 9, над отопительным прибором располагается зона повышенных скоростей, которая создает барьер для поступления холодного воздуха со стороны окна.

Подвижность воздуха в помещении находится в пределах оптимальных значений, кроме зон над отопительными приборами, что допускается нормами. Можно заметить, что в случае применения проектного решения скорость равномерно снижается от потолка к полу, а с применением теплого пола происходит смешивание потоков.

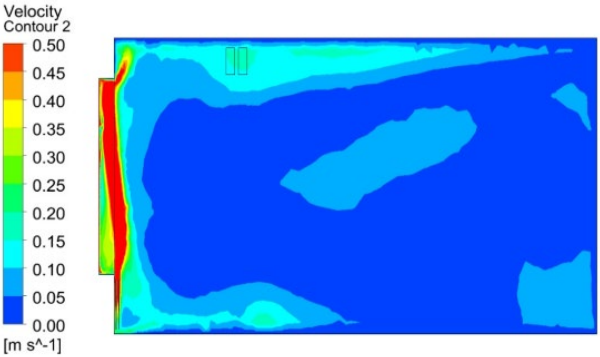

Рис. 8. Распределение скорости воздуха в центральном продольном сечении с использованием радиаторного отопления (проектное решение)

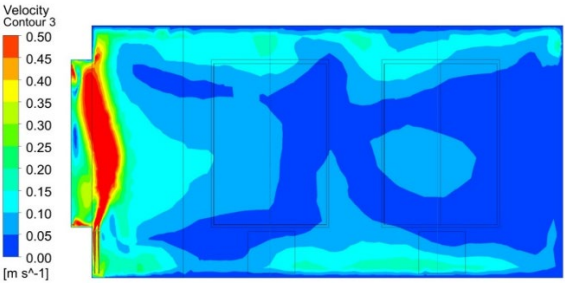

Рис. 9. Распределение скорости воздуха в центральном продольном сечении с использованием теплого пола (предложенное решение)

В заключение можно выделить следующее:

1. Проектное решение создает в рассматриваемом помещении микроклимат, параметры воздуха в котором не полностью соответствуют допустимым и нормативным санитарным требованиям. В результате длительного воздействия такие условия могут негативно сказаться на здоровье детей.

2. Предложенная комбинация теплого пола и радиаторного отопления обеспечивает допустимые параметры микроклимата, которые при систематическом воздействии не представляют угрозы для здоровья детей. Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод, что использование теплого пола в качестве дополнительного отопительного прибора в спальных помещениях детского дошкольного учреждения является эффективным решением.

3. Зоны пониженного комфорта по краям окна возникают из-за того, что поток теплого воздуха от радиатора не перекрывает всю ширину окна. Для устранения этой проблемы рекомендуется увеличить ширину радиатора, чтобы она превышала ширину окна.

Литература

1. Ливанский, Д. Г. Формирование микроклимата при радиаторном отоплении / Д. Г. Ливанский, Е. В. Голуб // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 17–18 октября 2024 года / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск, 2024. – С. 108–114.

2. Здания жилые и общественные. Параметры микроклиматов в помещениях : ГОСТ 30494. – Введ. 01.01.2013. – М. : Стандартинформ, 2013. – 15 с.

3. Ливанский, Д. Г. Температурно-влажностный режим ледовых площадок многофункциональных сооружений : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / Ливанский Дмитрий Геннадьевич ; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2020. – 203 с.

УДК 628.88

Исследование параметров микроклимата при различных методах обогрева помещения высотой 6 м

Ливанский Д. Г., Малиевская А. В., Стома Н. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В данной работе рассматривается создание микроклимата при различных видах отопления. С помощью методов математического моделирования температурных и скоростных полей проводится анализ распределения параметров воздушной среды в помещении и эффективности применения различных систем отопления.

Высокие помещения общественного или жилого назначения с большим пребыванием людей сталкиваются с значительным перепадом температур, что затрудняет поддержание комфортных параметров микроклимата в рабочей зоне. Теплый воздух скапливается в верхней зоне, а холодный остается в нижней части помещения. Таким образом, в рабочей зоне температура может быть ниже нормы, а под потолком – избыточно высокой.

Цель данного исследования – создание комфортного микроклимата в рабочей зоне помещения высотой 6 м.