УДК 697.2

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-111-115

© К. О. Суханов, аспирант

© K. O. Sukhanov, post-graduate student

© А. М. Гримитлин, д-р техн. наук, профессор

© A. M. Gritmitlin, Dr. Sci. Tech., Professor

© А. Л. Шкаровский, д-р техн. наук, профессор

© A. L. Szkarowski, Dr. Sci. Tech., Professor

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, grimitlin@avoknw.ru,
szkarowski@mail.ru

E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, grimitlin@avoknw.ru,
szkarowski@mail.ru

МИКРОКЛИМАТ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ПЛИНТУСНОЙ СИСТЕМОЙ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ПОДАЧЕЙ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ РЕГУЛИРУЕМЫЕ ОКОННЫЕ СТОРКИ

THE MICROCLIMATE OF LIVING QUARTERS WITH A SKIRTING BOARD WATER HEATING SYSTEM AND FRESH AIR INPUT THROUGH ADJUSTABLE WINDOW SASHES

Обоснована и в программе STAR CCM+ построена численная модель работы плинтусного конвектора в жилом помещении. Принято помещение с размерами, характерными для жилых зданий, с подачей приточного наружного воздуха через регулируемые оконные створки. Моделировался плинтусный отопительный прибор конвекторного типа, установленный на наружной стене помещения вместо плинтуса. Тепловой поток конвектора соответствовал тепловым потерям помещения с запасом 10 %. Получено распределение скоростных и температурных полей в помещении и на внутренней поверхности наружных ограждений. Установлено повышение температуры внутренней поверхности наружной стены и результирующей температуры помещения. Получена область дискомфорта в обслуживаемой зоне помещения. Сделано заключение о необеспечении рассмотренным вариантом исполнения системы плинтусного отопления нормируемых микроклиматических параметров в помещении.

Ключевые слова: жилые помещения, водяное плинтусное отопление.

The paper presents the results of the study of the microclimate of living quarters with a skirting board water heating system and fresh air input through adjustable window sashes. The authors substantiate the use of the STAR CCM program + software package for building a numerical model of skirting board type convector in living quarters. For testing, there was used a unit in a residential building with typical for living quarters dimensions which has fresh air supply through adjustable window sashes. Skirting convector-type heating unit, which was to be mounted on accommodation external wall instead of the skirting board, was computer-simulated. Convector heat flow was sufficient to compensate accommodation heat loss underrating 10%. The temperature field distribution was derived for the premises and on internal surface of external enclosures. There was established a temperature increase on the internal face cladding and resulting temperature increase inside the apartment. There was revealed an area of discomfort in the serviced zone of the premises. The authors make a conclusion that the studied variant of the skirting board heating water system fails to sufficiently supply heating according to the standards of the microclimate parameters in the premises.

Keywords: residential premises, skirting board type heating water system.

Введение

В качестве перспективных для дальнейших исследований и применения в работах [5, 6] отмечены системы водяного конвекторного плинтусного отопления, позволяющие создать комфортные условия в холодный период года.

Учитывая отсутствие опыта проектирования и эксплуатации таких систем, проведение исследований в этом направлении представляется актуальным.

При проектировании систем водяного отопления конвекторы плинтусного типа разме-

щаются по всей длине наружной стены (в соответствии с расчетом). Такое решение позволяет увеличить температуру наружных стен и обеспечить комфортные параметры микроклимата в помещении в холодный период года [5, 6].

Поставлена задача исследовать условия работы плинтусного отопительного прибора конвекторного типа в жилом помещении, расположенном в Санкт-Петербурге, и получить распределение скоростных и температурных полей в таком помещении.

Методы исследования

Инструментом исследования в настоящей работе является гидродинамический вычислительный комплекс STAR-CCM+ [3–6, 8, 9].

В качестве модели принято помещение с размерами, характерными для жилых зданий: ширина (между осями) — 3 м; глубина — 6 м; высота (разность отметок чистого пола двух этажей) — 3 м. Ориентация наружной стены — на юг. Размеры окна — 1,4×1,5 м. Расчетная температура наружного воздуха — минус 24 °С. Расчетная температура внутреннего воздуха — плюс 20 °С.

Конструкция наружной стены:

- раствор цементно-песчаный, толщина слоя $\delta = 0,02$ м; теплопроводность $\lambda = 0,93$ Вт/(м · °С);
- кирпичная кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе, $\delta = 0,38$ м; $\lambda = 0,81$ Вт/(м · °С);
- плита минераловатная «КАВИТИ БАТТС», $\delta = 0,12$ м; $\lambda = 0,044$ Вт/(м · °С);
- кирпичная кладка из керамического пустотного кирпича плотностью 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-песчаном растворе, $\delta = 0,12$ м; $\lambda = 0,64$ Вт/(м · °С).

Приведенное термическое сопротивление наружной стены [7] $R_{\text{опр}} = 2,997$ м² · °С/Вт.

Приведенное термическое сопротивление окна $R_{\text{опр}} = 0,51$ м² · °С/Вт.

Тепловые потери помещения с учетом бытовых тепловыделений (10 Вт на 1 м² жилой площади помещения) равны 898 Вт, в том числе 796 Вт — тепловой поток на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха в объеме санитарной нормы подачи наружного воздуха (3 м³/ч на 1 м² жилой площади помещения). Подача приточного наружного воздуха производится через регулируемые оконные створки. Удаление воздуха — через щель высотой 0,02 м, образован-

ную поверхностью пола и нижней поверхностью створки внутренней двери, расположенной по оси помещения напротив окна.

Моделировался плинтусный отопительный прибор конвекторного типа высотой 140 мм и шириной 30 мм, который установлен только на наружной стене помещения вместо плинтуса. Внутри алюминиевого кожуха на кронштейнах закреплен нагревательный элемент (теплообменный модуль). Нагревательный элемент отопительного прибора состоит из двух медных труб наружным диаметром 13 мм и толщиной 1 мм и насаженных на них латунных пластин. Удельный тепловой поток плинтусного конвектора — 330 Вт/м.

В программе STAR CCM+ построена численная модель работы плинтусного конвектора в помещении (рис. 1).

Результаты исследования

Результаты расчетов скоростных и температурных полей в помещении приведены на рис. 2–4.

Нормируемые параметры микроклимата (допустимые или оптимальные) должны быть обеспечены в обслуживаемой зоне помещения (зоне обитания) [1]. Для жилых помещений в качестве обслуживаемой зоны принимается пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 1,5 м над уровнем пола и на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.

Выполненные расчеты позволяют оценить характер взаимодействия нисходящего потока у остекления и восходящего от конвектора. Нис-

Рис. 1. Расчетная сетка помещения

Рис. 2. Поле температур в сечении по оси помещения

ходящий поток охлажденного у поверхности остекления окна и приточного наружного воздуха поступает в обслуживаемую зону помещения со скоростью 0,3 м/с и более, что превышает допустимое значение скорости воздушного потока для жилых помещений в холодный период года, равное 0,2 м/с (см. рис. 3). Со скоростью 0,3 м/с поток опускается к поверхности пола на расстоянии 1,2 м от наружной стены. Для предотвращения поступления потока воздуха в обслуживаемую зону необходимо предусмотреть решения по отклонению струи нисходящего потока в верхнюю зону помещения.

Восходящие потоки воздуха от отопительного прибора за пределами окна поднимаются в верхнюю зону помещения, что приводит к ее перегреву — температура воздуха достигает +24 °С. В помещении наблюдается значительная температурная стратификация. Например, в зоне действия опускающейся к поверхности пола струи — от 12 до 20 °С по высоте помещения. Для жилых помещений допустимым является перепад температуры воздуха не более 3 °С при условии обеспечения допустимых микроклиматических условий.

Температура поверхности наружной стены над прибором достигает 40 °С и понижается вверх помещения до 17–19 °С. Самая низкая температура, наблюдаемая на поверхности остекления, — плюс 12 °С.

Закключение

1. Разработана трехмерная модель жилого помещения с конвектором плинтусного типа и с подачей приточного воздуха через регулируемые оконные створки, позволяющая моделировать работу конвектора в помещении и определять распределение температур и скоростей в объеме помещения.

2. При установке в жилом помещении вдоль наружной стены плинтусного отопительного прибора конвекторного типа, рассчитанного на восполнение тепловых потерь, повышается тем-

Рис. 3. Термограмма изотопы 0,3 м/с воздушных потоков в помещении

Рис. 4. Поля температур на внутренней поверхности наружной стены и пола помещения

пература внутренней поверхности наружной стены. Исключаются пониженные температуры в области горизонтальных стыков наружных стен в зоне опирания перекрытия.

3. Нисходящий поток приточного воздуха с пониженной температурой (относительно температуры внутреннего воздуха) поступает в обслуживаемую зону помещения и приводит к созданию зоны дискомфорта (площадь этой зоны составляет ~40 % площади обслуживаемой зоны помещения).

4. Рассмотренный вариант исполнения системы плинтусного отопления с подачей приточного воздуха через регулируемые оконные створки не позволяет обеспечить нормируемые микроклиматические параметры (температуру и скорость движения воздуха) в обслуживаемой зоне помещения, а также нормируемый перепад температур в различных точках обслуживаемой зоны.

Библиографический список

1. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
2. Богословский В. Н. Тепловой режим здания. М.: Стройиздат, 1979. 248 с.
3. Гримитлин А. М., Дацюк Т. А., Денисихина Д. М. Математическое моделирование в проектировании

систем вентиляции и кондиционирования. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2013. 192 с.

4. Денисихина Д. М. Особенности численного моделирования поведения воздушных потоков в объемах концертных и театральных залов // Наукоедение. 2014. № 3 (22). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN314.pdf>

5. Пухкал В. А., Суханов К. О. Численное исследование конвектора плинтусного типа // Новая наука: от идеи к результату. 2016. № 6–2 (90). С. 169–173.

6. Пухкал В. А., Суханов К. О., Гримитлин А. М. Обеспечение теплового комфорта в помещениях с плинтусной системой водяного отопления // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59). С. 156–162.

7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003. М.: Минрегион России, 2012. 96 с.

8. Ploskić A., Holmberg S. Heat emission from thermal skirting boards // Building and Environment. 2010. Vol. 45, № 5. Pp. 1123–1133.

9. Chui E. H., Raithby G. D. Computation of Radiant Heat Transfer on a Non-Orthogonal Mesh Using the Finite-Volume Method // Numerical Heat Transfer. 1993. Vol. 23, Part B. Pp. 269–288.

References

1. GOST 30494–2011. Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh [State Standard 30494–2011. Residential and public buildings.

Microclimate parameters for indoor enclosures]. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 16 p.

2. Bogoslovskiy V. N. *Teplovoy rezhim zdaniya* [Thermal mode of the building]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1979, 248 p.

3. Grititlin A. M., Datsyuk T. A., Denisikhina D. M. *Matematicheskoe modelirovaniye v proektirovaniy sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya* [Mathematical modeling in design of ventilation and air conditioning systems]. St. Petersburg, AVOK Severo-Zapad Publ., 2013, 192 p.

4. Denisikhina D. M. *Osobennosti chislennogo modelirovaniya povedeniya vozdukhnykh potokov v ob'emakh kontsertnykh i teatral'nykh zalov* [Features of numerical modeling of air streams behavior in concert halls and theatres]. *Naukovedenie – Science Studies*, 2014, no. 3 (22). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN314.pdf>

5. Pukhkal V. A., Sukhanov K. O. *Chislennoe issledovanie konvektora plintusnogo tipa* [Numerical research of the skirting board type convector]. *Novaya*

nauka: ot idei k rezul'tatu – New science: from the idea to results, 2016, no. 6–2 (90), pp. 169–173.

6. Pukhkal V. A., Sukhanov K. O., Grititlin A. M. *Obespechenie teplovogo komforta v pomeshcheniyakh s plintusnoy sistemoy vodyanogo otopeniya* [Indoor thermal comfort maintenance by means of water skirting board heating system]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (59), pp. 156–162.

7. SP 50.13330.2012. *Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 23-02-2003* [SP 50.13330.2012. Thermal protection of buildings. The revised edition of SNIp 23-02-2003]. Moscow, Minregion Rossii Publ., 2012, 96 p.

8. Ploskić A., Holmberg S. Heat emission from thermal skirting boards. *Building and Environment*, 2010, vol. 45, no. 5, pp. 1123–1133.

9. Chui E. H., Raithby G. D. Computation of radiant heat transfer on a non-orthogonal mesh using the finite-volume method. *Numerical Heat Transfer*, 1993, vol. 23, Pt. B, pp. 269–288.