

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ

Канев М.А.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4), e-mail: mikl436ukhta@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований и численного эксперимента распределения параметров воздушной среды – температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха при существующей схеме систем обеспечения микроклимата в рабочем помещении офисного здания, расположенного в северной климатической зоне. При проведении численного моделирования процессов тепло- и воздухообмена в исследуемом помещении использована модель турбулентности Спаларта-Аллмареса (SA). На основании анализа результатов численного и натурного экспериментов доказаны адекватность расчетной сетки и целесообразность применения однопараметрической модели турбулентности SA. Показано, что при традиционных системах отопления и вентиляции имеет место несоответствие параметров микроклимата нормируемым значениям. Выполнено численное моделирование распределения параметров для предполагаемой схемы увлажнения воздуха с целью выбора минимально необходимой величины влагосодержания приточного воздуха.

Ключевые слова: офисные помещения, микроклимат, наружные ограждающие конструкции, численный эксперимент, модель турбулентности.

MODELING THE HEAT AND HUMIDITY REGIME IN THE OFFICE SPACE

Kanev M.A.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia (190005, 2-ya Krasnoarmeiskaya st., 4), e-mail: mikl436ukhta@mail.ru

The results of experimental studies and numerical experiments of air parameters distribution - temperature, relative humidity and air velocity with the existing scheme of climatic systems in the working room of the office building, located in the northern climate zone. During the numerical simulation of heat and air processes in the test room the Spalart-Allmares (SA) model of turbulence was used. Based on the analysis of results of numerical and field experiments have proved the adequacy of the computational grid and the feasibility of the one-parameter model of turbulence SA. It is shown that the traditional systems of heating and ventilation occurs mismatch microclimate normalized values. Numerical modeling of the air parameters distribution for the proposed humidification scheme was realized in order to select the minimum necessary quantity of moisture content of the supply air.

Keywords: offices, microclimate, exterior building envelope, numerical experiment, turbulence model.

Анализ распределения параметров воздушной среды, выполненный при участии автора, на объектах, расположенных на Европейском Севере России [6], определяет актуальность исследований по обеспечению в холодный период года относительной влажности с учетом требований нормативных документов [1, 3-4].

Как известно, офисные помещения характеризуются наличием большого количества офисной техники. В офисном помещении размерами 9х6м и высотой 3м с одной наружной стеной размещено 6 разделенных светопрозрачными перегородками (высота 1,5м) рабочих мест с ПЭВМ (рис.1).

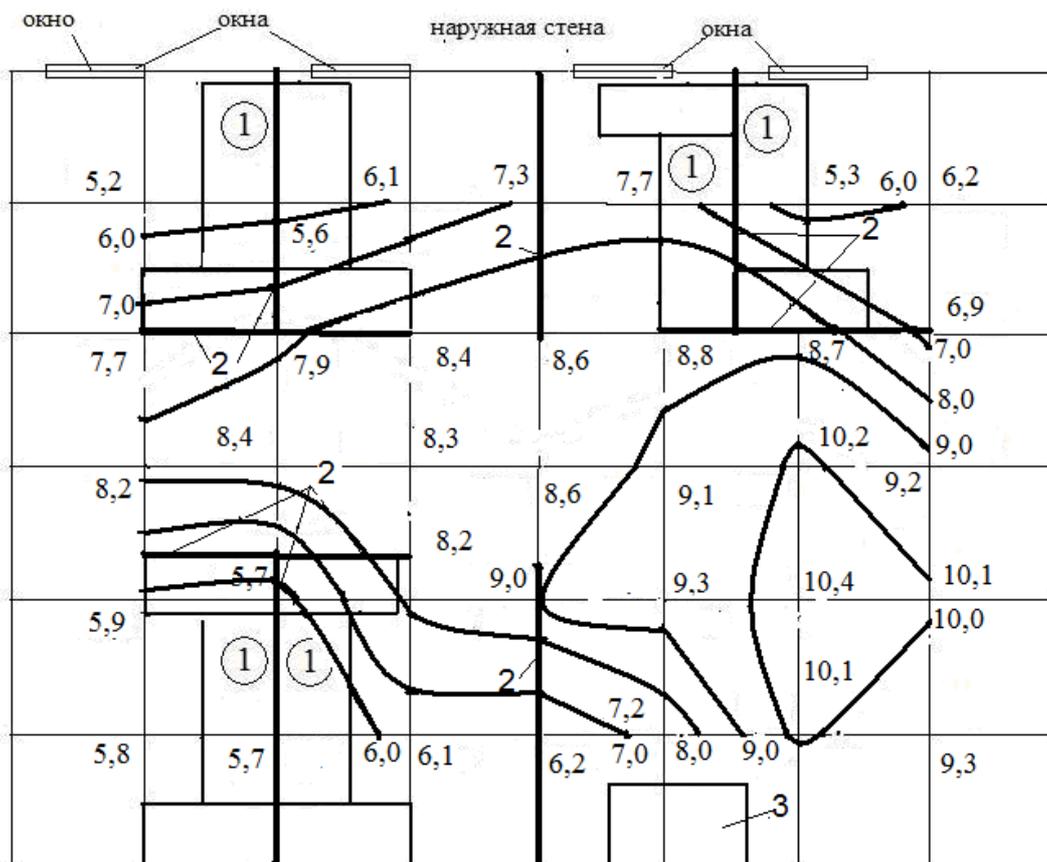


Рис.1. Результаты экспериментальных исследований распределения относительной влажности воздуха в помещении. 1 – рабочие столы с ПЭВМ; 2 – перегородки; 3 – множительная техника

В помещении предусмотрена подача приточного воздуха через 3 решетки размерами 400x400мм, размещенные в боковой стенке воздуховода под подшивным потолком. Удаление воздуха осуществляется по продольной оси помещения через вытяжные устройства размерами 400x400мм в плоскости подшивного потолка.

Данные исследований показывают, что при температуре наружного воздуха t_n ниже (-15°C) при эксплуатации систем отопления и вентиляции температура воздуха существенно выше нормируемой, а относительная влажность находится в пределах 5 ÷ 10%. На рис. 1 приведены результаты измерений относительной влажности на отм. 1.500м от пола помещения при $t_n = -21^\circ\text{C}$. На объектах такое состояние воздушной среды имеет место в течение порядка 200 суток в год. Низкая относительная влажность воздуха отрицательно сказывается в первую очередь на органах дыхания. Кроме того, воздух с пониженной влажностью является плохим проводником статического электричества. Это способствует накоплению его на поверхностях, превышению показателей электромагнитного поля по отношению к ПДУ на рабочих местах с ПЭВМ и приводит к выходу из строя электронной техники. Для обеспечения нормируемых значений относительной влажности в установках центрального кондиционирования воздуха устанавливают блоки увлажнения, но, как известно, генерация пара или мелкодисперсной воды требует существенных затрат энергии.

Кроме того, как показывают натурные исследования, выполненные при участии автора, при движении увлажненного воздуха по воздуховодам, через препятствия (например, шумоглушители и т.д.) имеют место существенные потери влаги вследствие конденсации на твердых поверхностях. Таким образом, для обеспечения энергосбережения процесса увлажнения воздуха необходимо определить минимальное количество влаги приточного воздуха, при котором будет обеспечено нормируемое значение относительной влажности внутреннего воздуха. Для этой цели было выполнено численное моделирование пространственного распределения относительной влажности в помещении в первую очередь в условиях, соответствующих натурному эксперименту. Расчетная сетка для данного помещения приведена в работе [7].

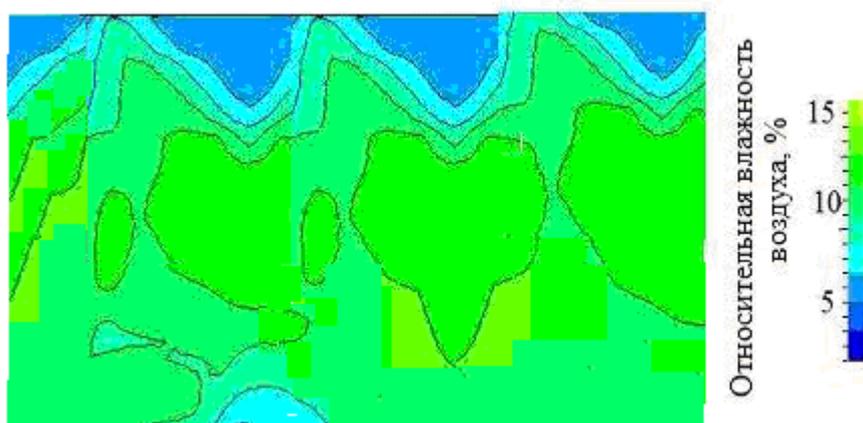


Рис.2. Результаты численного расчета относительной влажности воздуха

В настоящее время при изучении самых различных тепло- и гидроаэродинамических процессов широко используется численный эксперимент с использованием таких программных продуктов, как ANSYS, STAR-CD, STAR-CCM, Fluent и ряда других. Данные комплексы позволяют численно решать системы основных дифференциальных уравнений неразрывности, сохранения импульса в форме Навье – Стокса, энергии и примеси при различных начальных и граничных условиях [2].

Для исследования распределения параметров микроклимата в данной работе использован программный комплекс STAR-CD с применением модели турбулентности Спаларта – Аллмареса (SA), при этом в качестве примеси принято влагосодержание воздуха [5].

При построении расчетной сетки и задании граничных условий приняты исходные данные из таблицы. Основными источниками тепловыделений являются люди и компьютерная техника, влаговыделений – люди. Тепlopоступления от источников искусственного освещения не учтены вследствие использования энергосберегающих ламп. Тепlopоступления от системы отопления компенсируют трансмиссионные потери через наружные ограждения.

Характеристика источника				
тепловыделений				влаговывделений
ПЭВМ		Человек		
площадь, м ²	удельный поток теплоты, Вт/ м ²	площадь, м ²	удельный поток теплоты, Вт/ м ²	удельный поток влаги, кг/ (с·м ²)
0,6	167	0,6	167	0,028·10 ⁻³

На поверхностях, через которые имеет место поток теплоты (поверхности оборудования, приборов системы отопления, наружных конструкций), приняты плотности потока тепловой энергии. В приточных отверстиях задавались температура, влагосодержание и скорость движения воздуха.

На рис.2 приведены некоторые результаты численного моделирования, которые удовлетворительно коррелируют с экспериментальными данными (рис.1). Таким образом, сопоставление результатов численного моделирования с применением модели турбулентности Спаларта – Аллмареса (SA) и экспериментальных исследований параметров микроклимата офисного помещения подтвердило корректность метода численного эксперимента.

После подтверждения адекватности расчетной сетки и целесообразности применения однопараметрической модели турбулентности SA, выполнен новый численный эксперимент. В результате этого эксперимента определено минимальное количество влаги в приточном воздухе, при котором будет обеспечено нормируемое значение относительной влажности внутреннего воздуха. Влагосодержание составило $d=5 \cdot 10^{-3}$ кг/кг с.в.

Результаты численного моделирования приведены на рис. 3–5 в виде полей распределения температуры, скорости движения воздуха и относительной влажности в горизонтальной плоскости на отм. 1.500м от пола помещения.

Поля температур (рис. 3) подтверждают влияние восходящих конвективных потоков от приборов системы отопления, людей и ПЭВМ. Соответственно, имеют место и нисходящие потоки вблизи наружной стены. Все тепловые потоки ограничены светопрозрачными перегородками. На рабочих местах значения температуры воздуха и диапазон ее изменения $20 \div 22^{\circ}\text{C}$ соответствуют требованиям нормативных документов [1, 3-4].

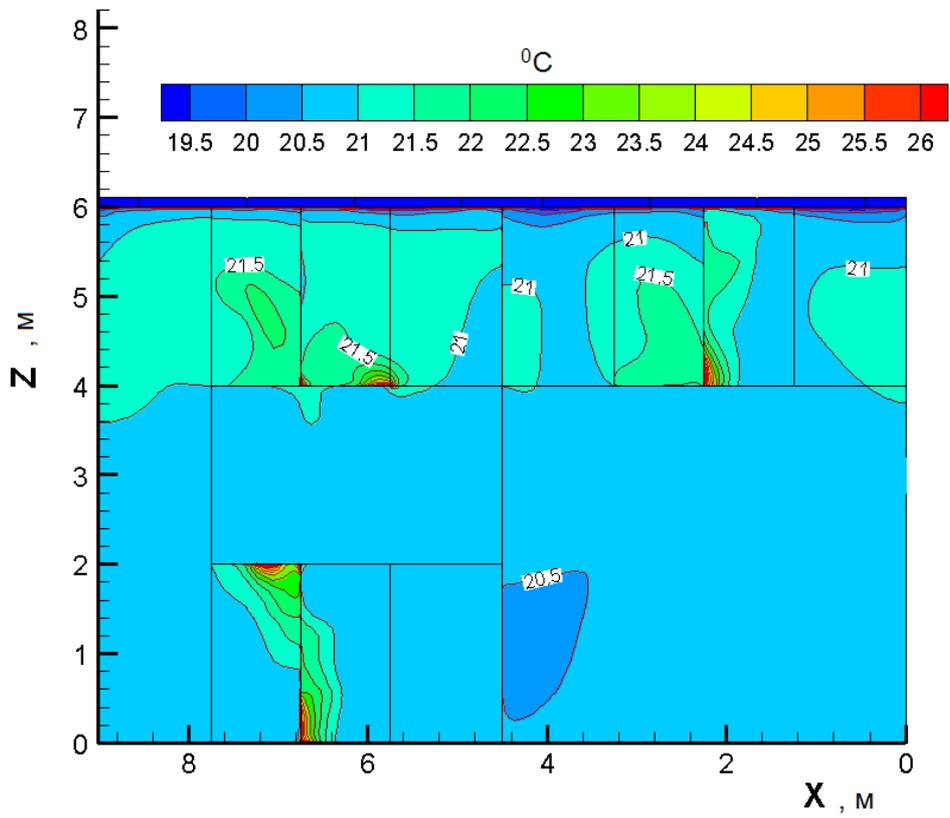


Рис.3. Распределение температуры воздуха, °C, на отм.1,500 м от пола

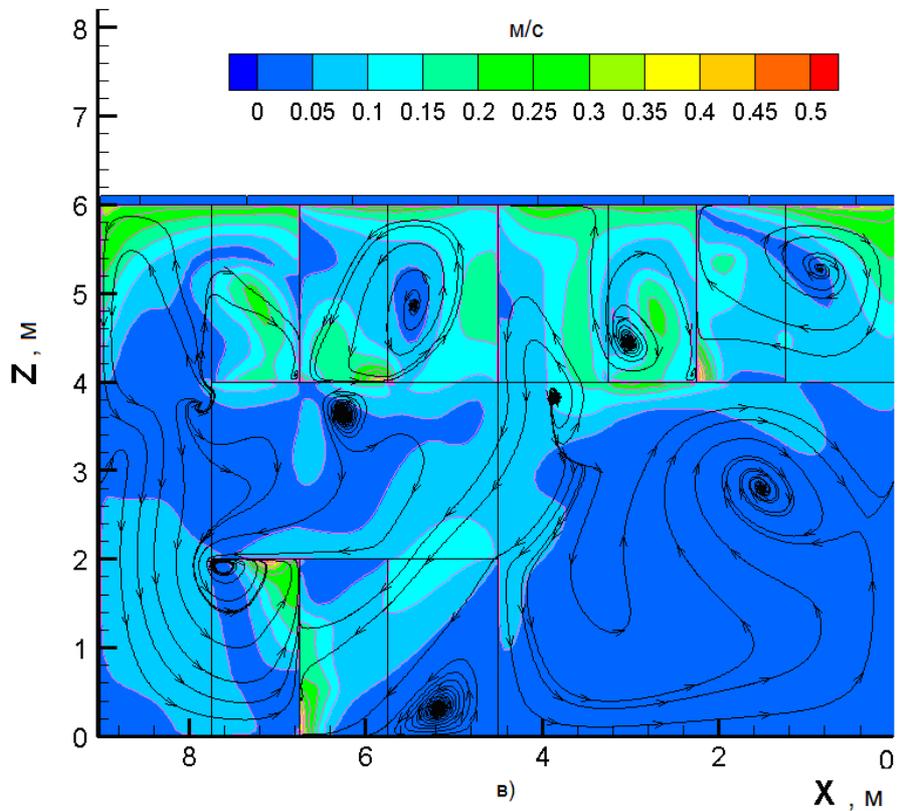


Рис. 4. Распределение скорости движения воздуха, м/с, на отм.1,500 м от пола

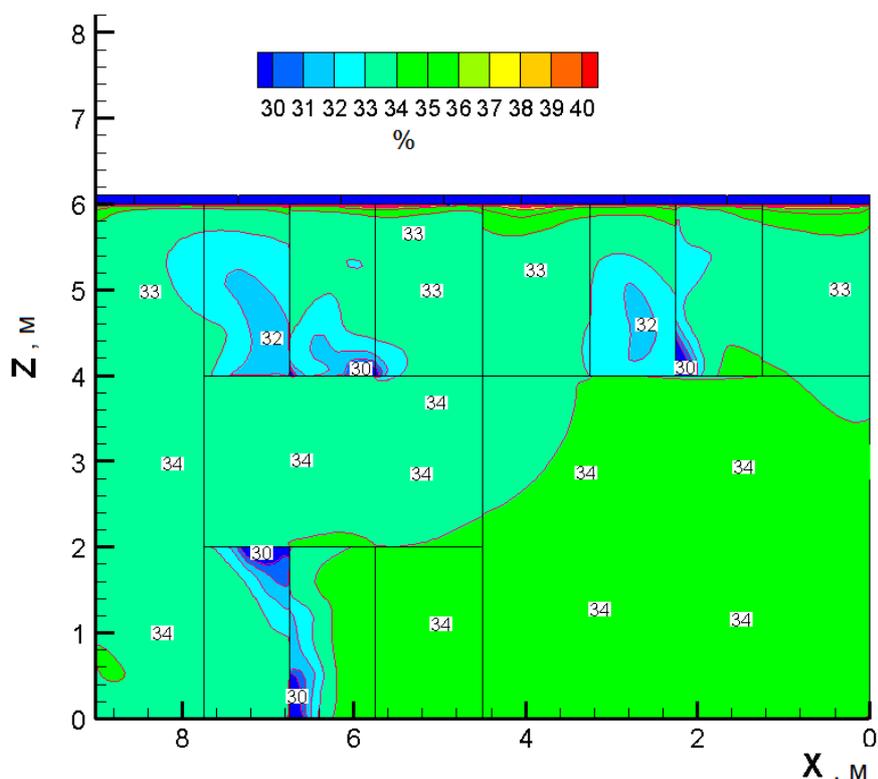


Рис.5. Распределение относительной влажности, %, на отп.1,500 м от пола
 На рис. 4 приведены поля распределения скорости движения воздуха. На рабочих местах скорости движения воздуха удовлетворяют требованиям нормативных документов [1, 3-4]. Диапазон изменения скорости движения воздуха $0,05 \div 0,2$ м/с также соответствует этим требованиям.

Распределение относительной влажности воздуха представлено на рис. 5. Средние значения относительной влажности соответствуют нормируемым значениям согласно [1]. Диапазон изменения относительной влажности воздуха в обслуживаемой зоне составляет $33 \div 35$ %. Минимальные значения относительной влажности $30 \div 32$ % наблюдаются в зонах влияния конвективных потоков и светопрозрачных конструкций.

Выводы. Сопоставление результатов численного моделирования параметров микроклимата исследуемого помещения при использовании модели турбулентности Спаларта – Аллмареса (SA) с результатами натурных исследований подтвердило корректность выбранного метода численного моделирования. Это позволило выбрать минимальное с точки зрения энергосбережения значение влагосодержания, позволяющее получить результаты, соответствующие требованиям нормативных документов.

Список литературы

1. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в

- помещениях. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартиформ, 2013. – 12с.
2. Гримитлин А.М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования / А.М. Гримитлин, Т.А. Дацюк, Д.М. Денисихина. – СПб.:АВОК Северо-Запад, 2013. – 192 с.
 3. СанПиН 2.2.2/ 2.4.1340-03. Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы. – М.: ИИЦ Минздрава, 2003. – 20с.
 4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: ИИЦ Минздрава, 1997. – 15с.
 5. Уляшева В.М. Влияние колебаний приточной струи на распределение параметров воздуха в помещениях с тепловыделениями // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 4 (34). – С.202–207.
 6. Уляшева В.М., Канев М.А. Особенности формирования микроклимата административных помещений в северных климатических условиях // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №2 (37). – С.162–166.
 7. Уляшева В.М., Канев М.А. Численное моделирование воздушных потоков в кондиционируемом помещении // Известия ВУЗов. Строительство. – 2014. – № 9-10. – С.65-70.

Рецензенты:

Дацюк Т.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой строительной физики и химии, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург;

Уляшева В.М., д.т.н., доцент, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.