

## Исследование работы локального рециркуляционного воздухораспределителя в офисном помещении в холодный период года

*И.И. Суханова, И.В. Федорова, В.Ю. Попов*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

**Аннотация:** Выполнено исследование системы вентиляции с локальным рециркуляционным воздухораспределителем. Построена трехмерная модель офисного помещения. С помощью гидродинамического вычислительного комплекса STAR-CCM+ выполнено численное моделирование работы системы вентиляции. Проанализированы результаты расчетов, приведены достоинства исследуемой системы.

**Ключевые слова:** системы вентиляции, локальные рециркуляционные воздухораспределители, качество внутреннего воздуха, энергосбережение, численное моделирование, STAR-CCM+.

Главное назначение систем вентиляции и кондиционирования воздуха – обеспечение требуемого качества воздуха в помещении. Выбор системы определяется назначением помещения, архитектурно-планировочным решением, нормируемыми параметрами воздуха, необходимым объемом приточного воздуха.

Действующими нормативами в обслуживаемой зоне административных зданий предусмотрено подавать на каждого сотрудника  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха и поддерживать в помещениях допустимые или оптимальные параметры микроклимата [1].

В административных зданиях в основном применяются *централизованные системы* вентиляции. В некоторых случаях используют централизованные системы приточной вентиляции с частичной рециркуляцией. В приточной установке этих систем происходит смешение холодного наружного воздуха с нагретым отработанным. Несмотря на простоту и надёжность, такая система имеет ряд недостатков. В удаляемом из помещений воздухе могут содержаться вредные вещества, применение таких систем ограничивается нормативными документами (СП

---

60.13330.2016). Система работает с постоянным расходом, но теоретическая потребность ее функционирования (по фактическому количеству и времени пребывания сотрудников) значительно меньше, поэтому перерасход энергии составляет 50–70 % [2].

Поддержание допустимых значений микроклимата на рабочих местах можно обеспечивать не постоянно, а во время присутствия на них сотрудников. Это повысит энергоэффективность систем вентиляции и кондиционирования воздуха до 30–50 % по сравнению с системами с постоянным расходом воздуха, сохранив высокие показатели комфортности пребывания персонала [1]. Для этих целей как нельзя лучше подходит система вентиляции с локальными рециркуляционными воздухораспределителями (рис. 1).

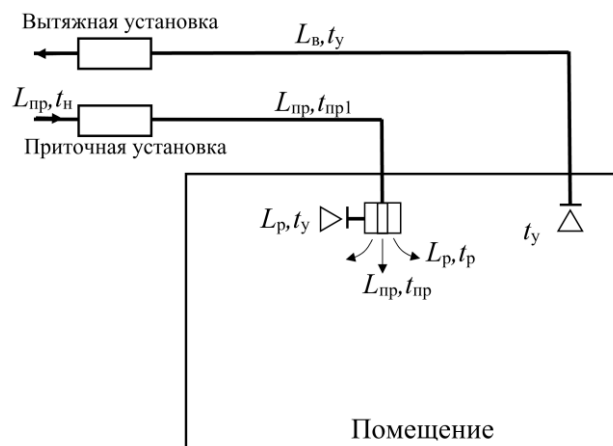


Рис. 1. – Принципиальная схема системы вентиляции с локальными рециркуляционными воздухораспределителями

В систему с локальными рециркуляционными воздухораспределителями наружный воздух температурой  $t_n$  подается в количестве санитарно-гигиенических требований, в воздухонагревателе приточной установки происходит его нагрев до температуры  $t_{пр1}$ , а значение расхода подаваемого в помещение воздуха равно сумме значений приточного наружного ( $L_{пр}$ ) и рециркуляционного ( $L_r$ ). Данная система позволяет сохранить преимущество

централизованных систем, которым является снижение энергетических затрат на нагревание наружного воздуха путем смешивания его с нагретым рециркуляционным, а также устранить их недостатки [3].

В современных условиях при проектировании зданий и анализе проектных решений используют BIM-технологии [4] и численное моделирование [5, 6].

Моделирование работы локального рециркуляционного воздухораспределителя [7] выполнено в программном комплексе STAR-CCM+. Для этого в программе Solidworks построена его твердотельная модель (рис. 2).

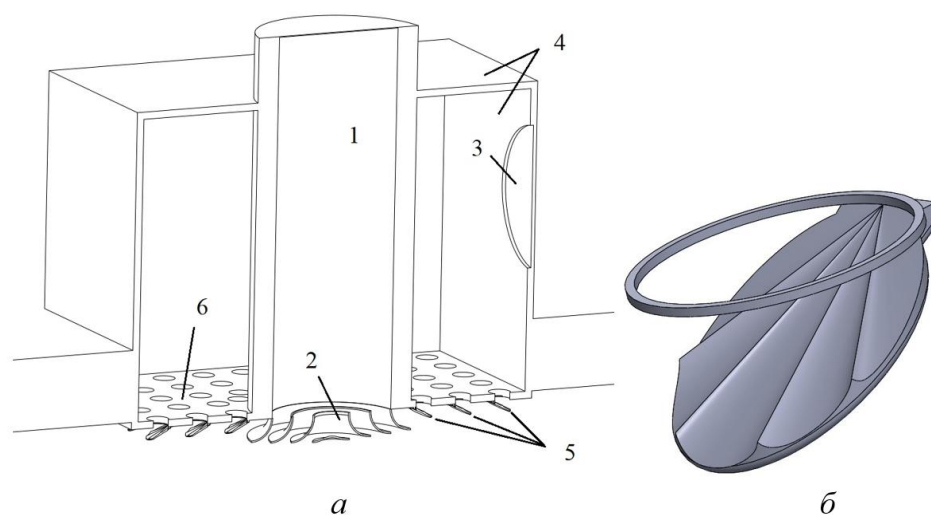


Рис. 2. – Локальный рециркуляционный воздухораспределитель (а);  
турбулизирующая ячейка (б)

Воздух от приточной установки подается в патрубок 1 и через диффузор 2 попадает в помещение (рис. 2, а). Диффузор 2 формирует настилающуюся на потолок струю. С помощью патрубка 3 рециркуляционный воздух направляется в камеру статического давления 4 и после ее прохождения попадает в помещение через турбулизирующие ячейки 5, расположенные на лицевой панели 6. Турбулизирующие ячейки 5

формируют настилающуюся на потолок струю рециркуляционного воздуха, которая смешивается с приточным, поступающим из диффузора 2.

Поворотные пластиковые турбулизирующие ячейки (рис. 2, б) могут индивидуально вручную поворачиваться в плоскости панели на  $360^\circ$ . Благодаря этому возможно добиться на одном изделии различных схем подачи воздуха. Поворот ячеек не влияет на уровень генерируемого шума и не изменяет потери полного давления. Турбулизирующие ячейки имеют геометрически сложную форму, что позволяет увеличить эжектирующие способности приточного воздуха.

Объект исследования – офисное помещение на 8 человек в г. Петрозаводск площадью  $35,28 \text{ м}^2$ , высотой 3,2 м (рис. 3).

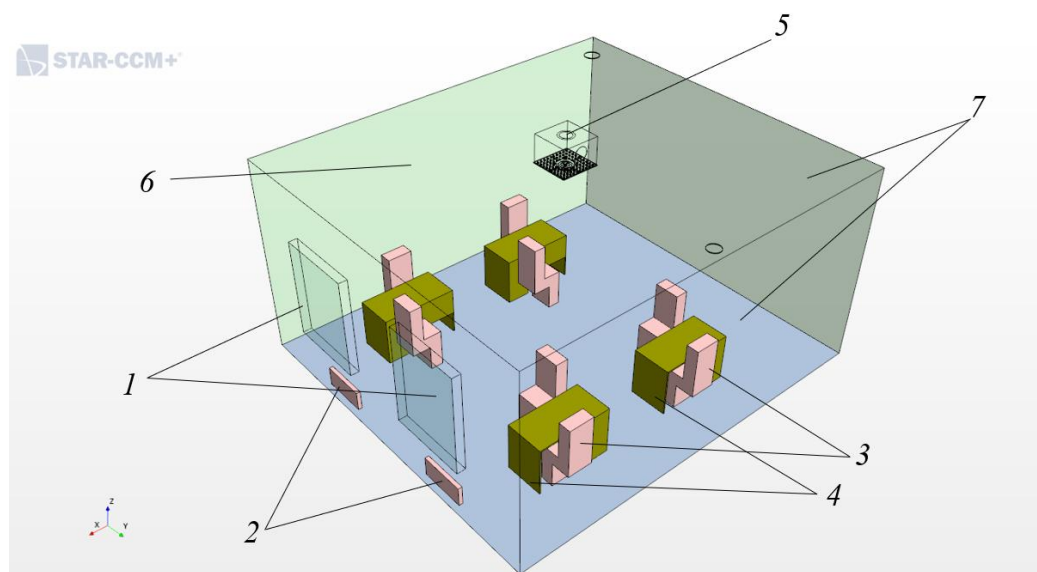


Рис. 3. – Трехмерная модель помещения: 1 – окна; 2 – отопительные приборы; 3 – люди; 4 – столы с оборудованием; 5 – локальный рециркуляционный воздухораспределитель; 6 – наружная ограждающая конструкция; 7 – внутренние ограждающие конструкции

Суммарные теплотери помещения через наружные ограждения – 646 Вт, суммарные теплопоступления – 2818 Вт. Наружный воздух нагревается в

приточной установке до температуры  $t_{\text{пр1}} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и подается в помещение через локальный рециркуляционный воздухораспределитель в количестве  $480 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Рециркуляционный воздух поступает в количестве  $244 \text{ м}^3/\text{ч}$  [8].

После построения в программном комплексе STAR-CCM+ расчетной сетки с призматическими слоями и областями сгущения, задания физической модели процесса, определения начальных и граничных условий выполнено численное моделирование вентиляционных процессов. Ниже приведены результаты численного моделирования в виде полей распределения параметров.

Поля температур в продольной плоскости помещения показаны на рис. 4.

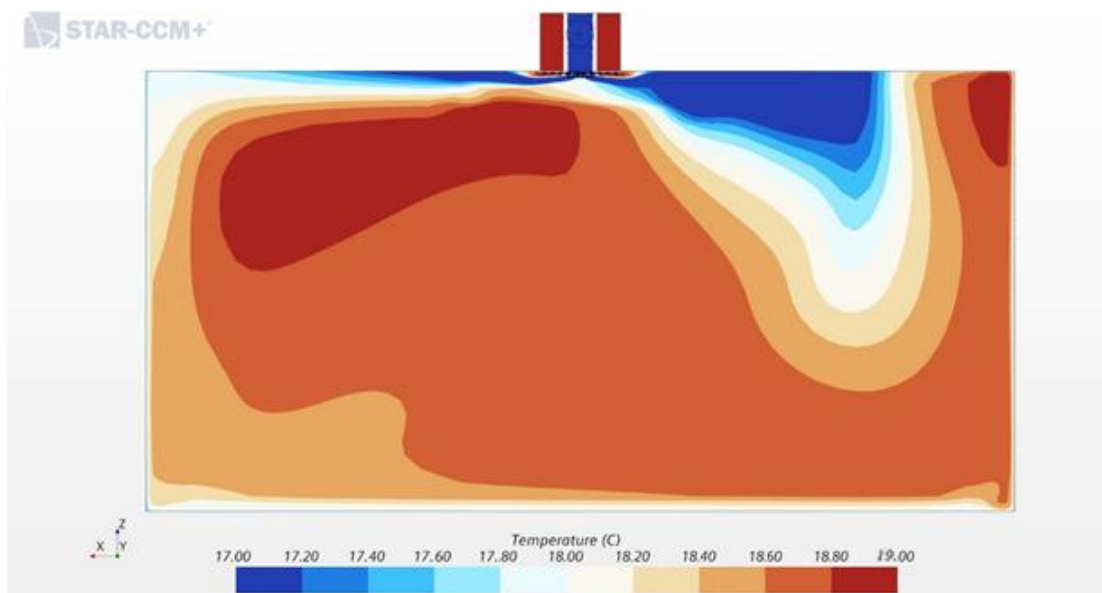


Рис. 4. – Температурное поле в продольной плоскости помещения

В верхней части помещения происходит смешение приточного наружного и рециркуляционного воздуха, что приводит к образованию областей с более низкими значениями температур. В обслуживаемой зоне температура воздуха находится в диапазоне  $18\text{--}19 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 5). Скорость движения воздушного потока на входе в обслуживаемую зону не превышает

0,2 м/с, что соответствует требуемым значениям для условий холодного периода (рис. 6).

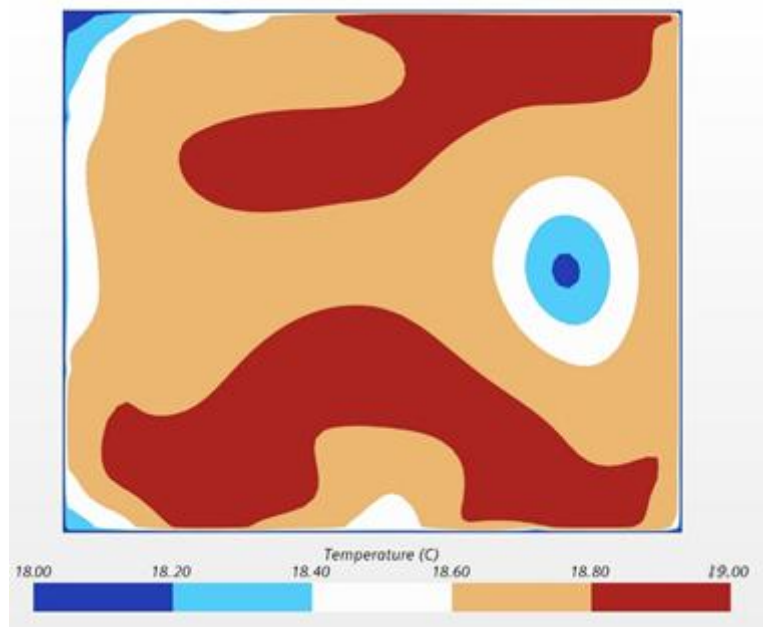


Рис. 5. – Температурное поле на высоте 1,5 м от уровня пола

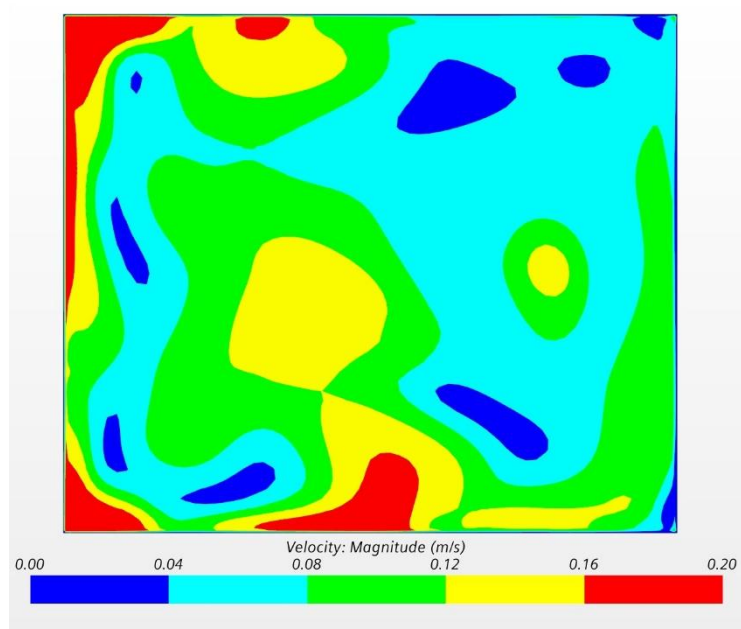


Рис. 6. – Поле скоростей воздушного потока на высоте 1,5 м от уровня пола

## Заключение

Система с локальным рециркуляционным воздухораспределителем [8] эффективно смешивает приточный наружный воздух с нагретым рециркуляционным в верхней зоне помещения, не позволяя холодному потоку поступать в обслуживаемую зону и обеспечивая нормируемые показатели микроклимата в исследуемом офисном помещении. Такая система имеет ряд преимуществ перед традиционными:

- исключается передача загрязнений (в том числе – вирусов) из одного помещения по всему зданию. В наше время это достоинство имеет особую значимость;
- снижается стратификация температуры воздуха по высоте помещений [9];
- сокращается потребление энергии на подогрев наружного воздуха в воздухонагревателе приточной установки;
- уменьшаются диаметры воздуховодов, что снижает стоимость монтажа системы, увеличивая при этом долю полезного объема здания;
- используется потенциал наружного воздуха для ассимиляции внутренних теплоизбытков в холодный период года.

В ходе дальнейших исследований планируется выполнить расчет полей концентраций вредных веществ в воздухе офисного помещения, в частности – углекислого газа (CO<sub>2</sub>) [10].

## Литература

1. Наумов А.Л., Капко Д.В. Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях // АВОК. 2012. №2. URL: [abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5176](http://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5176).

2. Zhilkina T., Pukhkal V., Pankov V. Influence of the scheme of air exchange organization in the room on the efficiency of the air-jet hood of the heat

treatment chamber // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 224 Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2020). URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202022403026.

3. Naumov A.L., Kapko D.V., Brodach M.M. Ventilation systems with local recirculation diffusers // Energy and buildings. 2014. № 85. Pp. 560–563.

4. Суханова И.И., Гнедых В.С., Демшина Д.А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчётов систем отопления и вентиляции на основе BIM-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6220.

5. Денисихина Д.М., Иванова Ю.В., Мокров В.В. Численное моделирование истечения из современных воздухораспределительных устройств // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4972.

6. Sukhanova I., Sukhanov K. Numerical Simulation of a Stable Microclimate in a Historic Building // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. V. 982. Pp. 84–90. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8\_9.

7. Патент РФ № 2015135632, 24.08.2015. Баландина Л.Я., Капко Д.В., Кочарьянц К.В., Тисленко И.Н. Рециркуляционный воздухораспределитель // Патент России № 2607609. Бюл. № 1.

8. Попов В.Ю. Моделирование воздушного потока, поступающего в помещение от локального рециркуляционного воздухораспределителя // Инженерные системы и городское хозяйство: материалы III Региональной научно-практической конференции – магистерские слушания; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. СПб, 2021. С. 179 –185.

9. Rahimi M., Tajbakhsh K. Reducing temperature stratification using heated air recirculation for thermal energy saving // Energy and Buildings. Vol. 43. Issue 10, October 2011. Pp. 2656–2661.

---



10. Таурит В.Р., Кораблева Н.А. Численное исследование соответствия концентрации CO<sub>2</sub> в зоне пребывания людей природному воздуху при оборудовании помещения вытесняющей вентиляцией нового поколения // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 158–162.

### References

1. Naumov A.L., Kapko D.V. Lokal'nye sistemy kondicionirovaniya vozduha v ofisnyh zdaniyah. AVOK. 2012. №2. URL: [abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5176](http://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5176).
2. Zhilkina T., Pukhkal V., Pankov V. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 224 Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2020). URL: [doi.org/10.1051/e3sconf/202022403026](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022403026).
3. Naumov A.L., Kapko D.V., Brodach M.M. Energy and buildings. 2014. № 85. Pp. 560–563.
4. Sukhanova I.I., Gnedyh V.S., Demshina D.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6220](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6220).
5. Denisihina D.M., Ivanova Ju.V., Mokrov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4972](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4972).
6. Sukhanova I., Sukhanov K. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. V. 982. Pp. 84–90. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8\_9.
7. Patent RF № 2015135632, 24.08.2015. Balandina L.Ja., Kapko D.V., Kochar'janc K.V., Tislenko I.N. Recirkuljacionnyj vozduhoraspredelitel' [Recirculating air diffuser]. Patent Rossii № 2607609. Bjul. № 1.
8. Popov V.Ju. Inzhenernye sistemy i gorodskoe hozjajstvo: materialy III Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii – masterskie slushanija; Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. SPb, 2021. S. 179–185.



9. Rahimi M., Tajbakhsh K. Reducing temperature stratification using heated air recirculation for thermal energy saving // Energy and Buildings. Vol. 43. Issue 10, October 2011. Pp. 2656–2661.

10. Taurit V.R., Korableva N.A. Chislennoe issledovanie sootvetstvija koncentracii SO<sub>2</sub> v zone prebyvanija ljudej prirodnomu vozduhu pri oborudovanii pomeshhenija vytesnjajushhej ventiljaciej novogo pokolenija // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2016. № 2 (55). S. 158–162.