

Парамонова Софья Дмитриевна
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
paramonova.sonya2016@gmail.com

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАСХОДА
ВОЗДУХА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛАМИНАРНОГО ПОТОКА В «ЧИСТЫХ»
ПОМЕЩЕНИЯХ**

Аннотация. В данной статье проводится сравнительный анализ двух методов расчёта расхода воздуха в системах воздухораспределения: на основе кратности воздухообмена и на основе площади выхода воздуха. Для оценки эффективности каждого подхода выполнено численное моделирование воздушных потоков в программном комплексе Ansys Fluent. В первом случае расход воздуха определялся по нормативной кратности воздухообмена, во втором — по геометрическим параметрам воздухораспределителей. Результаты CFD-моделирования показали, что метод, основанный на площади выхода воздуха, способствует формированию более устойчивого однонаправленного ламинарного потока, что особенно важно для чистых помещений и производств с высокими требованиями к воздушной среде. На основе анализа полученных данных делается вывод о преимуществах использования второго метода для проектирования эффективных систем вентиляции.

Ключевые слова: *Чистые помещения, расход, воздушные потоки, воздухораспределители, ламинарный поток, площадь выхода воздуха.*

Abstract. This paper presents a comparative analysis of two methods for calculating air flow rates in air distribution systems: one based on air exchange rate and the other based on the outlet area of air diffusers. To evaluate the effectiveness of each approach, airflow patterns were simulated using Ansys Fluent. In the first case, the airflow rate was determined according to standard air change rates; in the second, it was calculated based on the geometric characteristics of the air outlets. The CFD simulation results demonstrate that the outlet area-based method facilitates the formation of a more stable,

unidirectional laminar flow, which is particularly important for cleanrooms and environments with stringent air quality requirements. Based on the analysis, the study concludes that the second method provides significant advantages for designing efficient ventilation systems.

Keywords: Clean rooms, flow rate, air flows, air distributors, laminar flow, air outlet area.

Введение

Эффективность систем воздухораспределения оказывает значительное влияние на качество воздушной среды, особенно в помещениях с повышенными требованиями к чистоте и направленности потоков воздуха — таких как операционные, чистые помещения. Одной из ключевых задач при проектировании таких систем является определение оптимального расхода воздуха, обеспечивающего требуемый режим воздухообмена.

На практике часто используются два подхода к расчёту расхода воздуха: первый — основанный на нормативной кратности воздухообмена, второй — на расчёте по площади выхода воздуха через воздухораспределители. Несмотря на широкое применение первого метода, он не всегда обеспечивает требуемые аэродинамические характеристики потоков. В данной работе проводится сравнительный анализ этих двух подходов с использованием численного моделирования в Ansys Fluent, с целью выявления наиболее эффективного метода с точки зрения формирования однонаправленного ламинарного потока [1].

Материалы и методы

Для анализа были смоделированы два варианта помещения размером $6 \times 7 \times 3,5$ м. В обоих вариантах использовались одинаковые геометрические условия: приточные диффузоры располагались на потолке, а вытяжные решётки — 40% - из верхней зоны, 60% - из нижней.

- Вариант 1: Расход воздуха рассчитывался на основе нормативной кратности воздухообмена — 30 крат/ч.

- Вариант 2: Расход определялся по площади выхода воздуха через диффузоры, исходя из необходимости обеспечить заданную скорость 0,24 м/с на выходе для создания ламинарного потока [2,3].

Моделирование проводилось в среде Ansys Fluent. В качестве модели турбулентности использовалась k-ε модель. Воздух считался несжимаемой и изотермической средой. Для оценки характера потока анализировались направленности движения воздуха в рабочей зоне.

Результаты

Вариант 1 (по кратности воздухообмена):

Результаты показали наличие значительных завихрений и обратных потоков воздуха в рабочей зоне. Поток был неустойчивым, местами наблюдалась турбулентность, особенно в центральной части помещения. Такие характеристики могут привести к вторичному загрязнению воздуха, что критично для чистых помещений.

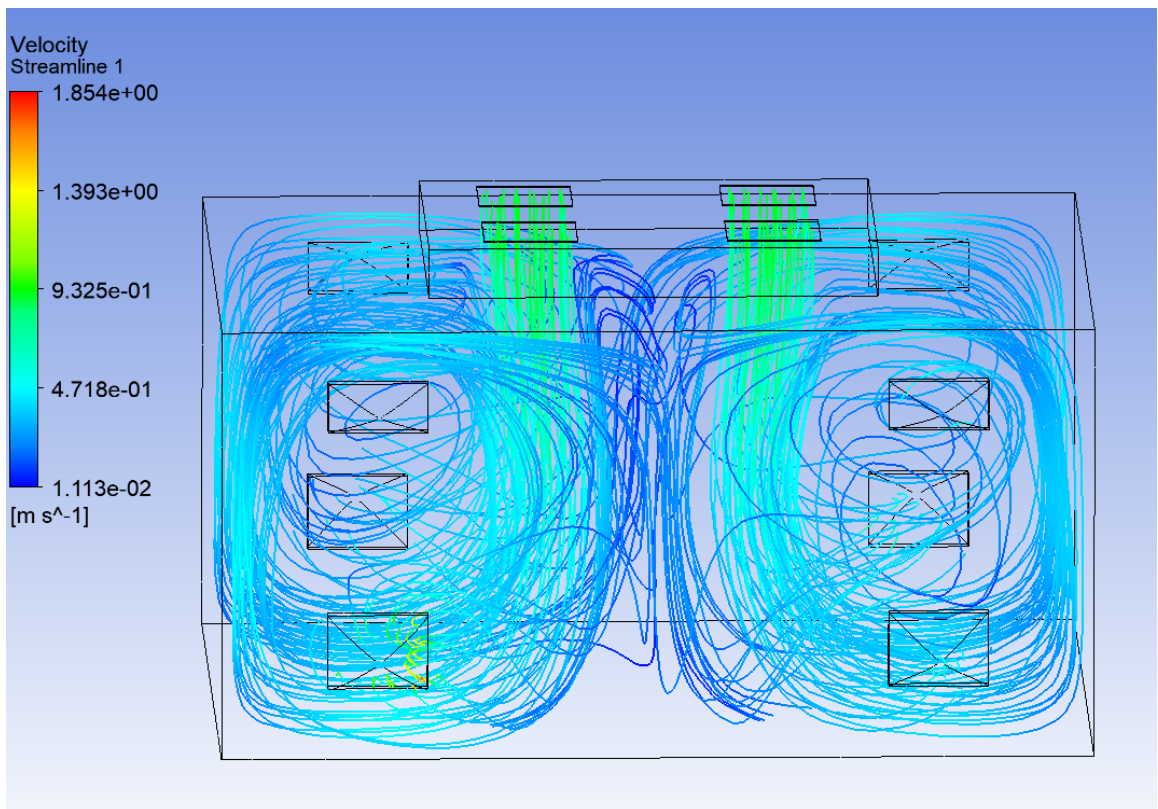


Рис. 1. Распределение потоков воздуха по кратности воздухообмена

Вариант 2 (по площади выхода воздуха):

Во втором варианте наблюдалось формирование чётко выраженного, направленного сверху вниз ламинарного потока по всей высоте помещения. Поток воздуха был равномерным, без локальных зон турбулентности. Такое распределение обеспечивает эффективное удаление загрязнений и соответствует требованиям к однонаправленному (унитарному) потоку воздуха.

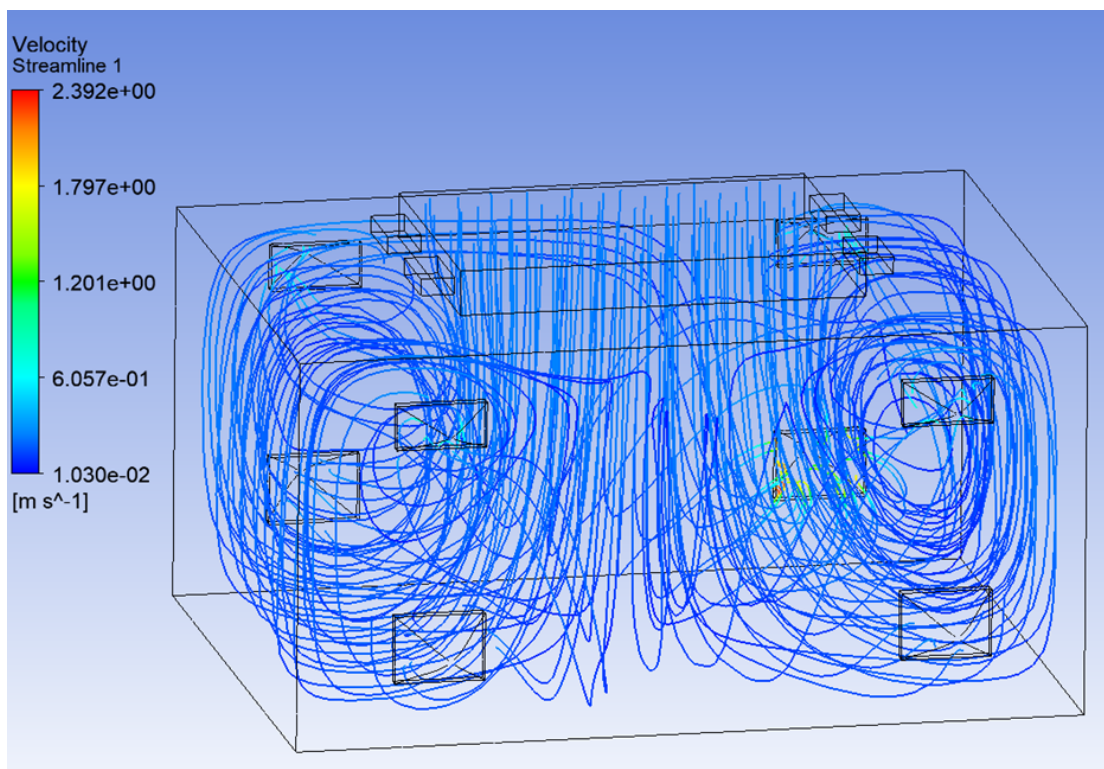


Рис. 2. Распределение потоков воздуха по площади выхода воздуха

Заключение

Проведённый анализ показал, что метод расчёта расхода воздуха на основе площади выхода воздуха из воздухораспределителей позволяет добиться более предсказуемого и контролируемого воздушного потока по сравнению с традиционным подходом, основанным на кратности воздухообмена. CFD-моделирование в Ansys подтвердило, что второй метод способствует формированию устойчивого ламинарного потока, необходимого для обеспечения высоких требований к чистоте и направленности воздуха. Результаты могут быть полезны при проектировании систем вентиляции для объектов с особыми санитарно-гигиеническими требованиями [4,5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Петров, В.М. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 2018.

- [2] СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования / Минстрой России. - М.:, 2014.
- [3] СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минстрой России, 2020.
- [4] Anderson, J.D. Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. – McGraw-Hill, 1995.
- [5] Versteeg, H.K., Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. – Pearson Education, 2007.

REFERENCES

- [1] Petrov, V.M. Ventilation and air conditioning. Moscow: Stroyizdat, 2018.
- [2] SP 158.13330.2014. Buildings and premises of medical organizations. Design rules / Ministry of Construction of Russia. - M.:, 2014.
- [3] SP 60.13330.2020. Heating, ventilation and air conditioning. Updated edition of SNiP 41-01-2003. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
- [4] Anderson, J.D. Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. – McGraw-Hill, 1995.
- [5] Versteeg, H.K., Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. – Pearson Education, 2007.