

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОНАПРАВЛЕННОЙ СИСТЕМЫ СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ В РЕЖИМЕ ДЫМОУДАЛЕНИЯ

Колупаева А. Е., Колбин Т. С.

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС,
Екатеринбург, России
alkolupaeva@yandex.ru

Аннотация. Реализация преимуществ струйной вентиляции требует правильного подбора типоразмера струйных вентиляторов и их рационального размещения в помещении парковки. Сами струйные вентиляторы не являются побудителями расхода воздуха, а обеспечивают перераспределение потоков воздуха внутри помещения автопарковки в зависимости от ситуации с загрязнением воздуха.

Ключевые слова: струйный вентилятор, FDS (Fire dynamic simulator), концентрация загрязняющих веществ, приточная и вытяжная вентиляция.

MODELING OF A SINGLE-DIRECTED JET FAN SYSTEM OF THE UNDERGROUND PARKING IN THE FLUE REMOVAL MODE

Kolupaeva A.E., Kolbin T.S.

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia
alkolupaeva@yandex.ru

Abstract. The realization of the advantages of jet fan system requires the proper selection of the size of jet fans and their rational placement in the parking lot. The jet fans themselves are not the drivers of air consumption, but provide for the redistribution of air flow inside the parking area, depending on the situation with air pollution.

Key words: jet fan, FDS (Fire dynamic simulator), pollutant concentration, supply and exhaust ventilation.

В настоящее время параметры расчета систем дымоудаления определяются в соответствии с СП 7.13130.2009. Система дымоудаления по данному нормативному документу представлено в виде архаичной схемы, реализация которой на объекте защиты сопряжена со сложностями

инженерного и экономического характера, связанными с прокладкой большой протяженности вентиляционных коробов с нормируемым пределом огнестойкости.

Для организации принудительного продольного перемещения воздуха непосредственно по пожарному отсеку парковки используются струйные вентиляторы, обеспечивающие вовлечение в движение необходимого количества воздуха за счет эжекционного эффекта воздушной струи, исходящей из вентилятора со скоростью 15-30 м/с.

Принцип работы струйного вентилятора детально рассмотрен в [1]. Согласно данному источнику свободная воздушная струя поступает в воздушное пространство, где нет твердых границ, влияющих на характер потока. Поток из свободной круговой струи можно разделить на две области:

а) потенциальная область активной зоны - это область, расположенная непосредственно после отверстия подачи, где смешивание струйной жидкости с окружающей жидкостью не завершено. Длина сердечника обычно простирается до 5-10 эквивалентных диаметров отверстия. В этой области скорость осевой линии постоянна и равна скорости подачи.

б) область асимметричного затухания - это область, в которой преобладает высокотурбулентный поток, создаваемый вязким сдвигом на краю слоя. Для трехмерных струй это обычно называют «полностью развитой областью потока», где угол рассеивания струи является константой, значение которой зависит от геометрии отверстия. Это преобладающая область для струи, выходящей из отверстия (квадратное или круглое), где она простирается примерно до 100 эквивалентных диаметров. Скорость осевой линии уменьшается обратно пропорционально расстоянию от отверстия.

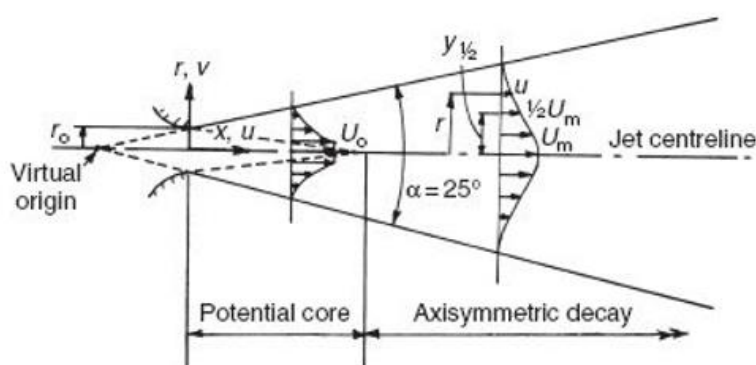


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы струйного вентилятора [2]

Разработка систем вентиляции в целом является сложным инженерным изысканием, от правильности которого будет зависеть жизнь и здоровье людей,

а так же сохранность их имущества в виде автомобилей. Облегчить задачу расчета параметров систем, призвано различное программное обеспечение, одним из которых является программа FDS. В 6-й версии разработчиками добавлена возможность моделирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования (так называемые устройства класса HVAC), а так же алгоритмы переноса опасных факторов пожара через эти системы. Помимо всего прочего при помощи устройств класса HVAC представляется возможным задать непосредственно сам струйный вентилятор, и как следствие смоделировать работу всей системы в целом в условиях пожара.

FDS реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. FDS численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре. Модель представляет собой систему уравнений в частных производных, включающую уравнение сохранения массы, момента и энергии, и решается на трехмерной регулярной сетке. Тепловое излучение рассчитывается методом конечных объемов на этой же сетке. Для моделирования движения дыма, спринклеров и распыла топлива используются лагранжевы частицы.

На сегодняшний день приблизительно половина приложений модели служит для проектирования систем управления дымом и изучения активации спринклеров и детекторов. Другая половина служит для восстановления картины пожара в жилых и промышленных помещениях. Основной целью FDS на протяжении своего развития было решение прикладных задач пожаробезопасности и в тоже время обеспечение инструментом для изучения фундаментальных процессов при пожаре [5].

Открытыми остаются вопросы связанные с заданием самого вентилятора, в частности вопрос размера ячейки сетки. Как будет показано, размер ячеек, необходимый для точного соответствия экспериментальным данным для свободной струи из воздуховода, меньше, чем представляется возможным задать на имеющихся вычислительных мощностях, учитывая линейные размеры подземных парковок. Отсюда следует логичный вопрос: «Каков максимально-возможной размер ячейки сетки, позволяющий нам разумно моделировать струйный вентилятор, но при этом не сказывающийся на результатах моделирования?».

Для решения данной задачи, была задана упрощенная модель вентилятора в виде отверстия в домене сетки с размерами 0,25x0,25 м и скоростью подачи струи 18 м/с. Расчет проводился в 5 сетках. При этом размер ячейки сетки был

одинаков для всех расчетных доменов, число ячеек сетки варьировалось от 10^{-3} до 10^{-6} м. Расчетная модель представлена на рисунке 2.

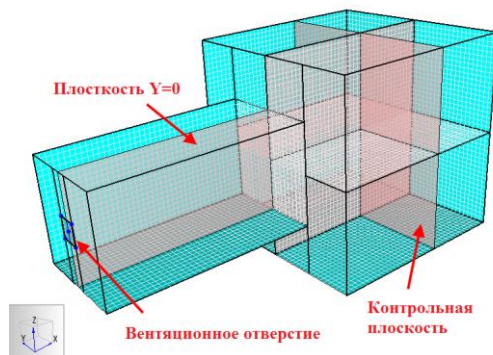


Рисунок 2 – Расчетная модель

Поскольку FDS является решением для моделирования больших вихрей (LES), результаты меняются со временем [8]. Все модели были запущены в течение 10 сек. Начальный переходный процесс завершается через 2 с, а частоты первичной турбулентности достаточно высоки, поэтому усреднение результатов от 2 до 10 с дает значение, которое представляет собой измерение в устойчивом состоянии. На предыдущем рисунке показано расположение плоскостей $Y = 0$ и контрольной плоскости, в которых будут представлены контуры скорости.

Чтобы визуализировать влияние размера сетки на решение, представим две пары контуров скорости на плоскостях за 5 секунд. Ясно, что мелкая сетка показывает гораздо более реалистичное развитие слоя сдвига, в то время как результат грубой сетки показывает минимальную турбулентность. На рисунке 3 представлена визуализация результатов.

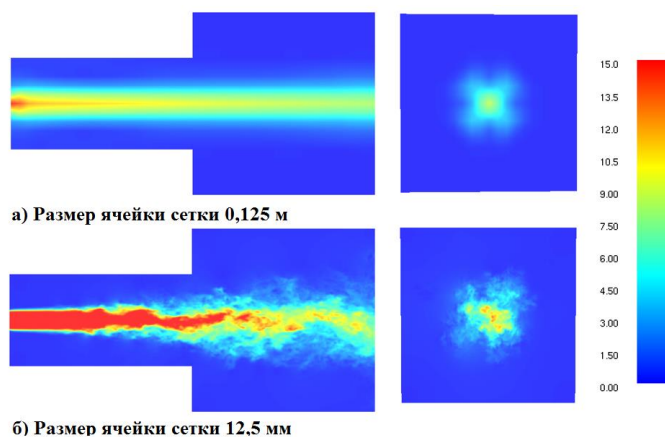


Рисунок 3 – Визуализация результатов моделирования

Таким образом, если использовать «мелкую» сетку, то FDS достаточно точно моделирует струю воздуха. Если размер ячейки сетки будет слишком грубым, результаты моделирования не уловит турбулентность в слое сдвига, и

предсказанная скорость центральной линии не будет уменьшаться, как показано на рисунке 3.



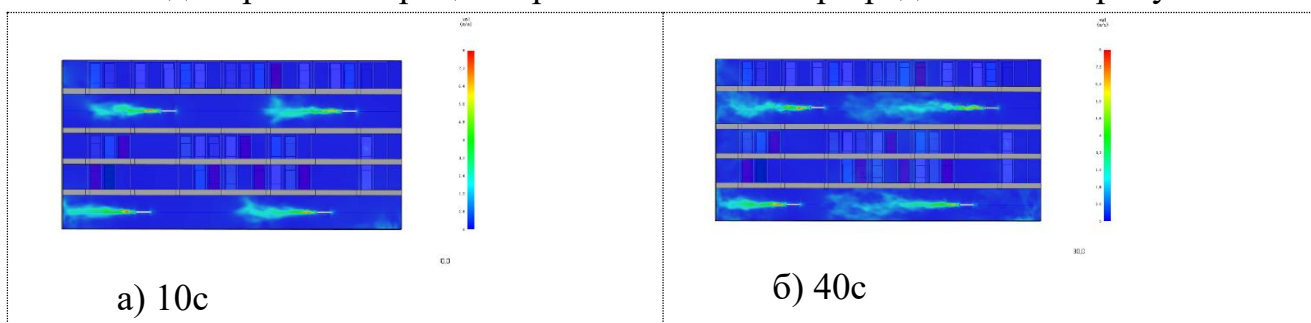
Рисунок 4 – Общий Вид модели в FDS

Объектом исследования служило помещение подземной парковки. Здание по назначению жилое. Класс функциональной пожарной опасности Ф1.3. Степень огнестойкости здания I. Класс конструктивной пожарной опасности К0. Объект представляет собой монолитный 25-ти этажный жилой дом, состоящий из 1-го подъезда и подземная автостоянка на 45 машиномест. Размер здания в осях 27x77,8 м, с сеткой колонн 6x6 м. Подземная расположена в подвальном этаже здания и отделена от жилой части противопожарными преградами с нормируемым пределом огнестойкости. Размеры в плане 35x60 метров. Въезд на парковку осуществляется через открытую въездную рампу. Итоговый вид модели FDS представлен на рисунке 4.

Параметры системы струйной вентиляции определялись на основании [2].

В результате расчета было определено необходимое количество струйных вентиляторов и их характеристики. По расчетным данным были подобраны подходящие по характеристикам струйные вентиляторы.

Моделирование процесса работы вентиляторов представлено на рисунке 5.



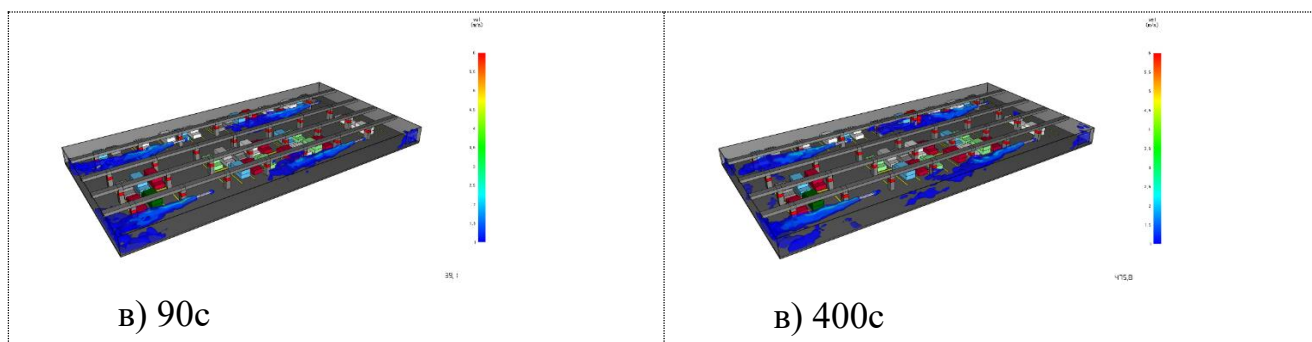


Рисунок 5 – Результаты моделирования

В результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что системы струйной вентиляции, при правильном их проектировании, способны качественно дополнить существующие системы противопожарной защиты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hazim B. Awbi. Ventilation of Buildings. Second edition. Spon Press. 2003
2. Технический регламент о требованиях безопасности зданий и сооружений. Заголовок: Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ– Принят Государственной Думой 23.12.2009, одобрен Советом Федерации 25.12.2009.
3. СП 300.1325800.2017 Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования.
4. NIST Special Publication 2019. Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator User's Guide.// K. McGgrattan, S. Hostikka, R. McDermont, C. Weinschenk, K. Overholt. Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 1019, 268 pages (April 2013). Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2016. – 124 с.
5. Контарь Н.А., Карькин И.Н. Примеры построения расчетных моделей для решения различных задач пожарной безопасности зданий и сооружений. Екатеринбург, 2016 – 220 с.
6. Системы вентиляции крытых парковок. ВЕНТС. 03-2018. Каталог продукции.
7. The NIST verification manual. Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 1019, 790 pages.
8. The use of impulse ventilation for smoke control in underground car parks. João Viegas// Tunnelling and Underground Space Technology. DOI: 10.1016/j.tust.2009.08.003
9. Smoke control in an underground car park with impulse ventilation. João Aveiro & João Viegas // V European Conference on Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD 2010.