



Рис. 1. Схема расположения подземной автостоянки на площади Пушкина в Казани

Первый в России проект реверсивной струйной вентиляции подземной автостоянки

А. В. Свердлов, генеральный директор ООО «ФлектГруп Рус»

А. П. Волков, эксперт, канд. техн. наук, ООО «ФлектГруп Рус»

FläktGroup®

В августе 2018 года были закончены пусконаладочные работы и сдана заказчику система реверсивной струйной вентиляции на четырехэтажной подземной автостоянке НКЦ в Казани.

Впервые в России спроектирована и построена автостоянка, оснащенная системой реверсивной струйной вентиляции с двойным назначением: обеспечение штатного режима работы и режима дымоудаления при пожаре (рис. 1).

В исходном варианте рассматривалось проектное решение системы вентиляции автостоянки на базе традиционной канальной системы вентиляции. Предполагалось, что автостоянка будет иметь три этажа.

Отказ от разветвленной системы воздуховодов и переход к струйным вентиляторам

позволили разгрузить подпольное пространство. Таким образом удалось снизить высоту потолочных перекрытий и увеличить количество этажей до четырех без увеличения объема подземного пространства.

Первоначально планировалось деление помещения каждого этажа автостоянки на два пожарных отсека по 5000 м² каждый (рис. 2).

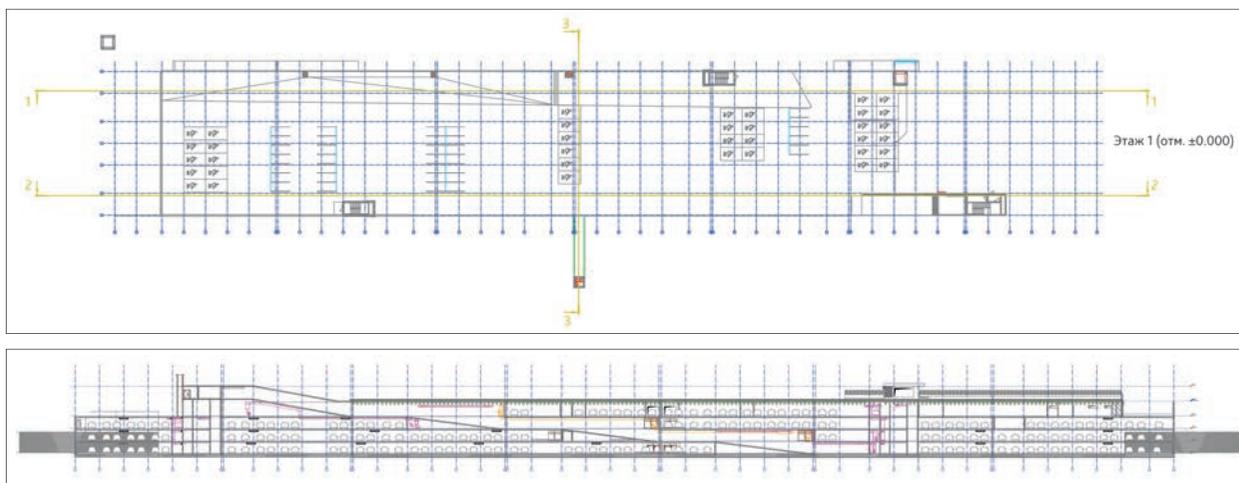
Однако после утверждения и публикации нового свода правил [1], где в случае применения реверсивной струйной вентиляции допускалась максимальная площадь пожарного отсека до

10000 м² [2], проектировщиком было принято решение, как это показано на рис. 3, объединить отсеки и уменьшить количество вентиляционных шахт до двух.

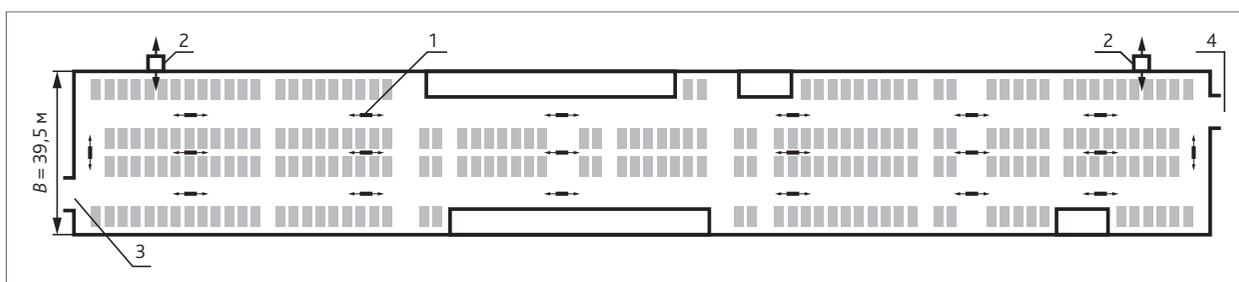
Выбор основных параметров системы струйной вентиляции и дымоудаления выполнен на основе правил проектирования [1]:

- сценарий аварийной ситуации предполагает пожар одного автомобиля $Q_f = 4,5$ МВт;
- ширина зоны локализации пожара $B = 39,5$ м.

Расчет производительности вентиляторов дымоудаления осуществлялся по минимальному значению критической скорости



■ Рис. 2. Исходный вариант деления на пожарные отсеки по 5000 м² каждый. Четыре вентиляционные шахты обозначены оранжевым цветом, а граница между отсеками – зеленым пунктиром



■ Рис. 3. Схема окончательного варианта системы реверсивной струйной вентиляции автостоянки: 1 – реверсивный струйный вентилятор, 2 – вентиляционные шахты притока-вытяжки, 3 – въезд, 4 – выезд

$v_{кр} = 0,7$ м/с для данного сценария пожара.

При расчете параметров струйной вентиляционной системы в режиме дымоудаления делается ряд допущений и ограничений:

- объемный расход дымовых газов, м³/с, и температура дымовых газов, К, рассчитываются исходя из проектной пожарной нагрузки Q_f ;
- противодымная продольная вентиляция обеспечивает приток наружного холодного воздуха в количестве, достаточном для удержания горячих дымовых газов на высоте не менее принятого значения Y при значении критерия Фруда (Fr) $\leq 4,5$;
- допускается затекание дымовых газов в сторону притока на расстояние не более 10 м от очага горения, при этом

нижняя граница дыма не менее $Y = 2$ м от поверхности пола;

Для расчета границы устойчивости разноплотностного течения использовалось число Фруда (Fr), рассчитанное по формуле [1, 3]

$$Fr = \frac{9,8Y(T_m - T_0)}{T_m V_1^2},$$

где

T_m – температура газозвушной смеси за очагом горения, К;

T_0 – температура приточного воздуха, К;

V_1 – скорость приточного воздуха, м/с.

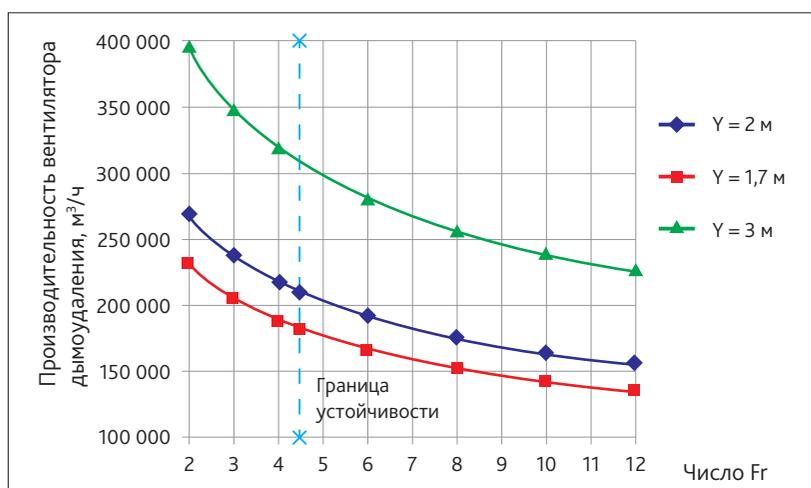
На рис. 4 представлены графики, используемые для выбора минимальной производительности вентиляторов дымоудаления, соответствующей границе устойчивости [3]. Таким образом, минимальная производительность

вентиляторов дымоудаления, обеспечивающая удержание нижней границы дымовых газов на высоте $Y = 2$ м от поверхности пола, составила 210000 м³/ч.

Расчетный воздухообмен обеспечивается четырьмя осевыми двухступенчатыми реверсивными вентиляторами дымоудаления с производительностью по 105000 м³/ч и напором 2200 Па, оснащенными частотными регуляторами (рис. 5).

С учетом высоты потолочных перекрытий был подобран тип струйного реверсивного вентилятора Low-Profile 400 с номинальной реактивной тягой 57 Н (рис. 6).

Работа в режиме дымоудаления при максимальной температуре 400 °С предполагает снижение реактивной тяги до 50 Н. С учетом аэродинамических потерь осесимметричной, настилающей, затопленной струи рабочее



■ Рис. 4. Графики зависимостей производительности вентиляторов дымоудаления от числа Фруда при различных высотах нижней границы дыма



■ Рис. 5. Двухступенчатый реверсивный вентилятор дымоудаления

значение реактивной тяги составило 46,4 Н.

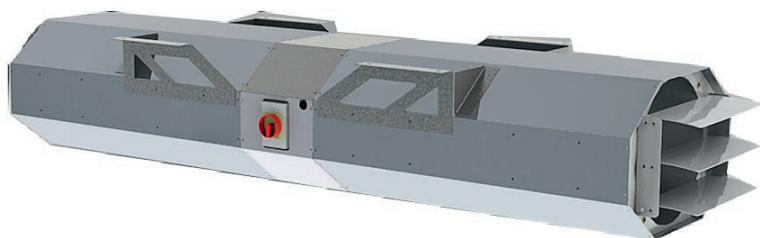
Максимальная площадь, проветриваемая одним струйным

вентилятором, в соответствии с [1] составляет 420 м² при минимальном значении осевой скорости воздушной струи $v_{x_{min}} = 1,0$ м/с.

Минимальное количество струйных вентиляторов с учетом 10%-го резервирования составляет для одного этажа автостоянки не менее 26 единиц. Всего на объекте используется 130 струйных вентиляторов Low-Profile 400.

После завершения и утверждения рабочего проекта с целью проверки правильности принятых проектных решений было выполнено CFD-моделирование вентиляционных воздушных потоков в режиме дымоудаления при пожаре и в штатном режиме общеобменной вентиляции.

Графическое отображение CFD-модели включает:



■ Рис. 6. Струйный реверсивный вентилятор Low-Profile 400

- профили скорости движения воздуха;
- анимацию линий воздушного потока;
- профили загрязненности и/или токсичности;
- профили температуры;
- профили видимости;
- визуализацию задымления.

Пример графического отображения CF-модели в режиме дымоудаления при пожаре представлен на рис. 7.

Для проверки возможности безопасной эвакуации людей из помещения автостоянки была выполнена компьютерная модель симуляции процесса эвакуации. Фрагмент данной модели представлен на рис. 8.

Анализ результатов CFD-моделирования в целом подтвердил правильность проектных решений, принятых при проектировании системы реверсивной струйной вентиляции автостоянки. Ряд замечаний, сформулированных по результатам моделирования, позволил улучшить качество воздухораспределения работы вентиляции автостоянки.

Компьютерная модель симуляции процесса эвакуации людей из помещения подтвердила возможность эвакуации в течение 8 мин после включения пожарной сигнализации.

Выполнение пусконаладочных работ и приемки заказчиком системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок осуществлялось в соответствии с [4]. Кроме того, были проведены испытания с использованием горячего дыма с целью экспериментального подтверждения заявленных характеристик противодымной защиты автостоянки.

В работе [5] обосновывается необходимость таких испытаний на крупных автостоянках закрытого

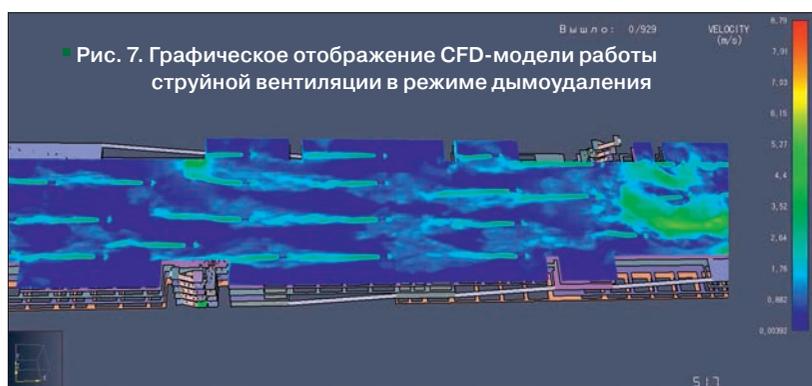


Рис. 7. Графическое отображение CFD-модели работы струйной вентиляции в режиме дымоудаления

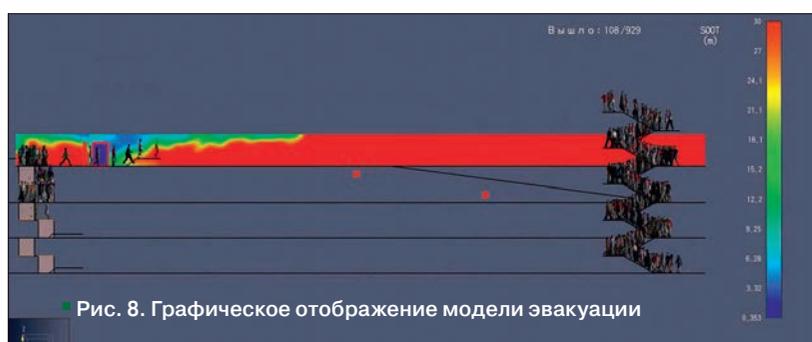


Рис. 8. Графическое отображение модели эвакуации

типа. В настоящее время в России нет нормативного документа, устанавливающего правила проведения таких испытаний. В мировой практике часто ссылаются на австралийский стандарт [6].

Наряду с комплексной проверкой алгоритма включения противодымной защиты автостоянки проверялось удержание нижней границы дыма в течение

времени, необходимого для эвакуации людей, как это показано на рис. 9.

Незначительные погрешности в работе системы струйной вентиляции, выявленные при испытаниях горячим дымом, устранены в рабочем порядке. В целом испытания подтвердили результаты CFD-моделирования и доказали эффективность работы системы



Рис. 9. Испытания горячим дымом: проверка возможности удержания нижней границы дыма за счет притока наружного (холодного) воздуха

вентиляции автостоянки. По результатам испытаний было принято решение о вводе системы струйной вентиляции в эксплуатацию.

Литература

1. СП 300.1325800.2017 Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования. М., 2017.
2. Волков А. П., Свердлов А. В. Реверс воздушного потока при продольной вентиляции и дымоудалении подземных и крытых автостоянок // АВОК. – 2015. – № 1. – 34–38.
3. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В. и др. Проектирование систем противодымной вентиляции современных автостоянок закрытого типа с использованием математических моделей процессов тепло- и массообмена на основе числа Фруда // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2018. – № 1. – С. 47–56.
4. СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.194–2016. Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. «Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования и монтажа, контроль выполнения, требования к результатам работ». М., 2016.
5. Свердлов А. В., Волков А. П. Почему проводят испытания горячим дымом при пусконаладочных работах системы струйной вентиляции и дымоудаления автостоянок // АВОК. – 2018. – № 3. С. 20–23.
6. AS4391–1999 Australian Standard™ Smoke management systems – Hot smoke test. Reconfirmed, 2016. [\[6\]](#)