

Почему проводят испытания горячим дымом при пусконаладочных работах системы струйной вентиляции и дымоудаления автостоянок

А. В. Свердлов, генеральный директор FläktGroup Россия

А. П. Волков, эксперт FläktGroup Россия

В настоящее время пусконаладочные работы и приемка заказчиком системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок осуществляются в соответствии с СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.194 – 2016 [1], регламентирующим порядок проектирования, монтажа и контроля выполнения работ и являющимся документом обязательного применения. Действующие в РФ нормативные документы не предусматривают испытаний систем вентиляции с использованием горячего дыма.

Пожар в помещении автостоянки является наиболее тяжелым и ответственным режимом работы продольной системы струйной вентиляции, определяющим выбор количества и типа струйных вентиляторов и вентиляторов дымоудаления. При сдаче продольной, струйной системы дымоудаления в соответствии с [1] производят измерения среднего значения скорости воздушного потока в помещении автостоянки V_1 , обусловленной работой приточно-вытяжной противодымной вентиляции. Считается, что противодымная вентиляция при выключенной системе струйной вентиляции обеспечивает эвакуацию людей на автостоянке в течение 5–10 минут после обнаружения пожара в случае, если среднее значение $V_1 \geq V_{кр}$. В этом случае силы плавучести, обусловленные разностью плотностей приточного холодного воздуха и горячих дымовых газов, обеспечивают удержание последних в подпотолочном пространстве. Обычно высота нижней границы дымовых газов над уровнем пола $Y = 2$ м. В этом случае должно выполняться условие по предельному значению числа Фруда Fr , регламентирующее параметры пожара [1, 2]:

$$Fr = \frac{9,8Y(T_m - T_0)}{T_m V_1^2}, (1)$$

где T_m и T_0 — температуры дымовых газов и приточного воздуха, соответственно К.

Расчетное значение Fr не должно превышать 4,5.

Рассмотренная упрощенная модель воздухораспределения в помещении автостоянки не учитывает ряд факторов, а именно:

- влияние очага горения;
- наличие зон турбулентности, обусловленных влиянием потолочных балок, пилонов и других элементов ограждающих конструкций.

Учет данных факторов возможен при использовании CFD-моделей.

В качестве примера на рис. 1 и 2 показаны результаты численного моделирования, учитывающие данные факторы [2, 3, 4]:

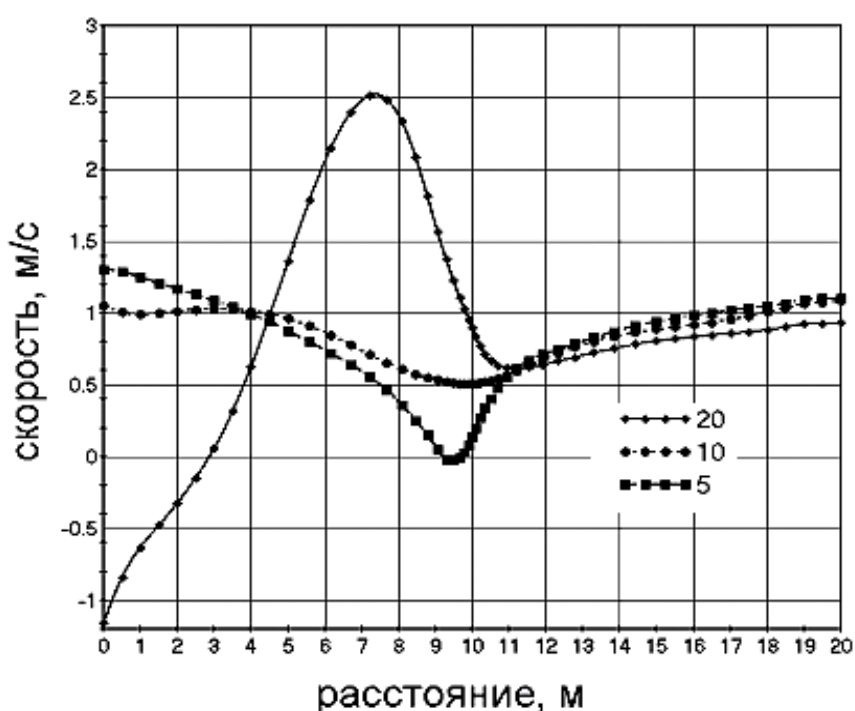


Рис. 1. Профили скорости воздушного потока в горизонтальной плоскости на расстоянии 16 м от выходного патрубка вентилятора при скорости в выходном сечении вентилятора от 5, 10 и 20 м/с

Профили скоростей не являются симметричными относительно оси вала вентилятора. Это объясняется тем, что в рассматриваемых задачах моделируется очаг горения, центр которого находится в плоскости оси вентиляторов, а также наличием отверстий в помещении для притока и вытяжки воздуха.

Важным результатом моделирования воздушных потоков, создаваемых струйными вентиляторами, является наличие обратных воздушных потоков, а именно отрицательных значений скоростей. Чем выше скорость в выходном патрубке вентилятора, тем больше проявляются обратные воздушные потоки.

На рис. 2 возникновение обратного воздушного потока обусловлено образованием тупиковой струи от вентилятора при недостаточном расстоянии от ограждающих конструкций.

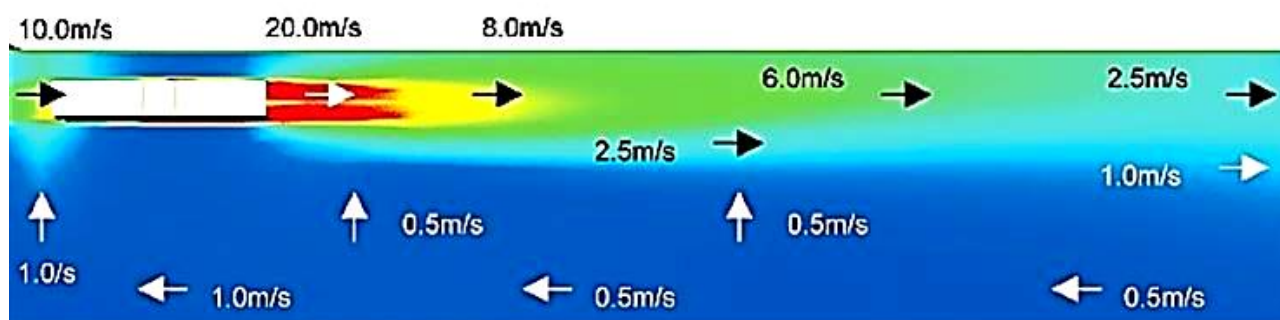


Рис. 2. Поле скоростей настилающейся на потолочное перекрытие, осесимметричной тупиковой струи в помещении автостоянки

В случае, представленном на рис. 1 и 2, возможно перемешивание дымовых газов в верхней части помещения и нижних слоев холодного воздуха, что недопустимо при эвакуации людей.

Примеры, представленные на рис. 1 и 2, свидетельствуют о необходимости построения CFD-модели для проверки правильности проектных решений, принятых на основе [1].

В свою очередь правильность CFD-модели целесообразно проверить экспериментально, поскольку при построении численной модели возможны ошибки и неточности, а именно:

- некорректное задание граничных условий;
- наличие неучтенных изменений в проекте, возникших в процессе строительства.

Визуализация воздушных потоков в вентилируемом помещении позволяет экспериментально подтвердить правильность организации воздухораспределения и выявить непроветриваемые зоны. ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007 [5] дает следующее определение визуализации воздухораспределения: «Цель данного испытания — подтвердить, что направление потока, картина распределения потоков или и то и другое соответствуют проекту или соответствующей спецификации».

Однако при визуализации воздушных потоков при пожаре требуется имитация очага горения, без чего исследуемый процесс будет не соответствовать реальной картине.

Поэтому, кроме визуализации, при помощи искусственного дыма необходимо создать безопасный для помещения и находящегося в нем оборудования очаг горения.

В мировой практики дымовые тесты практически всегда используются на крупных объектах, оснащенных системами дымоудаления при пожаре.

В настоящее время подготовка и проведение испытаний системы струйной вентиляции с использованием горячего дыма регламентируются австралийским стандартом AS 4391 [6] и европейским пособием по проектированию систем противопожарной вентиляции гаражей [7].

Принципиальная схема установки для имитации пожара в замкнутом помещении представлена на рис. 3.

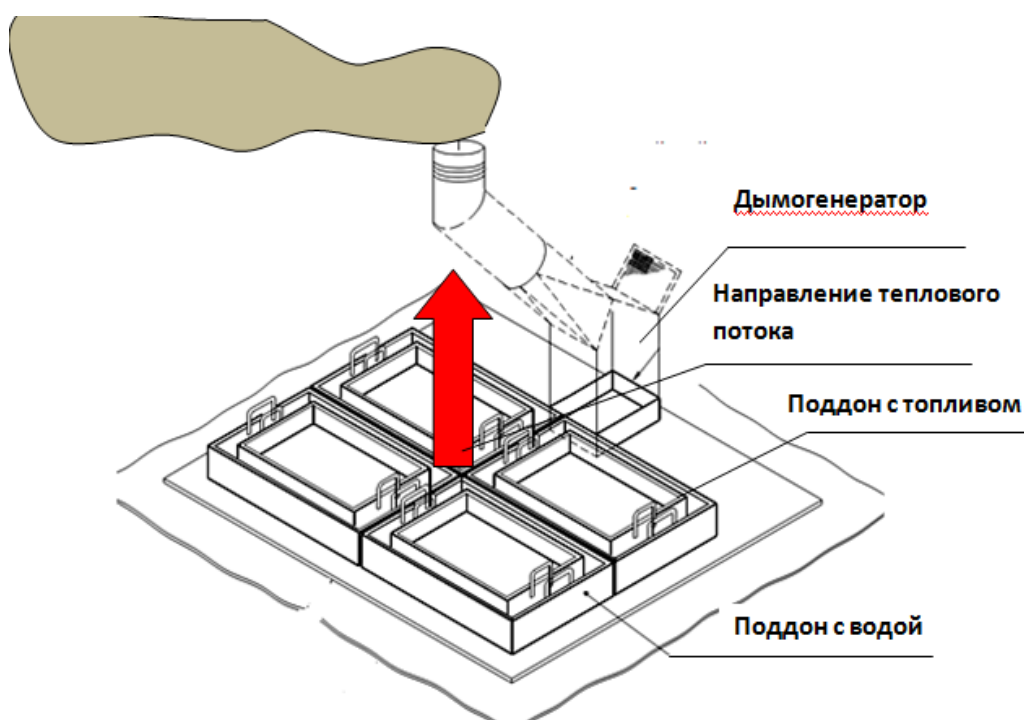


Рис. 3. Принципиальная схема установки для проведения испытаний горячим дымом

Для создания очага горения используются поддоны (см. рис. 3) или поддон с топливом, устанавливаемые (плавающие) в ваннах с водой. Рядом устанавливается генератор дыма так, чтобы имитатор дыма окрашивал восходящий воздушный поток над очагом горения.

При выборе параметров искусственного очага горения следует учитывать, что критически важной является конвективная мощность. Известно из [1], что полная

мощность пожара одного автомобиля на автостоянке составляет 4–4,5 МВт, а конвективная примерно 60% полной мощности. В случае искусственного очага горения следует учитывать, что в качестве топлива используют 95%-ный ректифицированный спирт. Излучение от факела при горении спирта очень невелико, теплообмен с основанием практически отсутствует. Таким образом, необходимо создать очаг горения около 2,5 МВт.

Следующим обстоятельством, которое надо учитывать, является особая важность этапа, когда сразу после возникновения пожара и включения приточно-вытяжной противодымной вентиляции и когда происходит эвакуация людей на автостоянке (данный этап составляет 5–10 мин.), струйные вентиляторы не включаются.

Известно, что горение автомобиля — существенно нестационарный тепловой процесс, что показано на рис. 4.



Рис. 4. График временной зависимости мощности очага горения при пожаре одного автомобиля

Таким образом, на начальном этапе, в течение первых 10 мин., полная мощность очага горения не превышает 1,2–1,5 МВт.

В стандарте AS 4391 [6] мощность испытательного пожара нормируется следующим образом:

1. Для гаражей с автоматической системой пожаротушения мощность тестового пожара не менее 300 кВт.
2. Без автоматической системы пожаротушения мощность тестового пожара не менее 450 кВт.
3. При высоте потолка автостоянки более 3,2 м следует увеличить мощность тестового пожара, но не более 1 МВт.
4. Испытания не проводятся в помещениях объемом менее 250 м³.

На рис. 5 представлена фотография дымовых испытаний в помещении автостоянки торгового центра.



Рис. 5. Испытание противодымной вентиляции с использованием горячего дыма

Помещение автостоянки торгового центра имеет потолочное перекрытие высотой 4 м, поэтому выбрана мощность тестового пожара около 1 МВт. В нижней части помещения дым отсутствует, следовательно, противодымная вентиляция при выключенных струйных вентиляторах обеспечивает безопасную эвакуацию людей.

Более подробно о методике испытаний и оборудовании, используемом для генерации имитатора дыма и тестового пожара, мы расскажем в следующих публикациях.

Литература

1. 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».
2. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В., Климович М. В., Волков М. А. Расчетные методы проектирования продольных струйных систем вентиляции автостоянок закрытого типа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2016. № 4. С. 23–32.
3. Волков А. П. Продольная система дымоудаления в подземных сооружениях, оснащенных струйными вентиляционными системами // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. — 2013. № 8. С. 82–88.
4. Калмыков С. П. Моделирование процессов тепло- и массопереноса при работе системы струйной вентиляции автостоянок закрытого типа: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.03. — М., 2008. — 24 с.
5. ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007 Чистые помещения и связанные с ним контролируемые среды. Часть 3 — Методы испытаний.
6. AS 4391—1999 Australian Standard™ Smoke management systems — Hot smoke test. Reconfirmed 2016.
7. Wojciech Vengzhinsky, Grzegorz Krajewski. Systemy wentylacji pożarowej garaże. Projektowanie, ocena, akceptacja / Системы противопожарной вентиляции гаражей. Проектирование, оценка, приемка. Пособие //Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa 2015 — ISBN 987 — 83 — 249 — 6792 — 6.
<http://www.flaktwoods.ru/about-us/media/news/sistemy-protivopozharnoj-ventilyatsii-garazhej/>.