

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЫНКА СИСТЕМ ПРОДОЛЬНОЙ СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В РОССИИ, АКТУАЛИЗАЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

*А. М. Гримитлин, д. т. н., профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»
СПбГАСУ*

А. В. Свердлов, к. т. н., член президиума НП «АВОК»

А. П. Волков, к. т. н., представитель АС «СЗ Центр АВОК»

Эффективное освоение подземного пространства под технические, производственные и помещения специального назначения требует уменьшения высоты потолочных перекрытий с целью увеличения количества этажей и, соответственно, полезной площади.

Рациональный выбор типа и параметров системы вентиляции во многих случаях является ключевым при осуществлении таких проектов. Особенно важен этот выбор, когда большая площадь помещения и низкий потолок сочетаются с высокой эмиссией вредных веществ при штатном режиме работы системы вентиляции и высокой пожарной нагрузкой при работе противодымной вентиляции. Таким образом, большие объемные расходы воздуха в штатном режиме работы вентиляции и особенно в режиме дымоудаления требуют увеличения объема, занимаемого воздуховодами, что не позволяет уменьшить высоту потолков и снижает этажность и суммарную площадь проектируемого объекта. В работах [1, 2] показано, что в этом случае наиболее целесообразно использовать продольные струйные системы вентиляции, где не используются сети воздуховодов и высота потолков не критична.

Примерами таких проектных решений могут быть подземные производственные и складские помещения, подземная инфраструктура аэродромов и т. д.

Однако наиболее востребованы продольные системы вентиляции применительно к подземным помещениям транспортного назначения, а именно подземным автостоянкам (см. рис. 1) и автодорожным тоннелям (см. рис. 2).



Рис. 1. Подземная автостоянка, оснащенная струйными вентиляторами



Рис. 2. Автодорожный тоннель, оснащенный струйными вентиляторами

Вплоть до 2015 года применение продольных струйных систем противодымной вентиляции в России было практически запрещено по причинам нормативного характера.

В это же время в Европе и особенно в странах Юго-Восточной Азии применение таких систем стало массовым. Первым практическим применением струйной общеобменной вентиляции стала подземная автостоянка в ТЦ «Стокман» в Санкт-Петербурге, где использовалась струйная общеобменная вентиляция и традиционная канальная противодымная вентиляция — при ее работе струйные вентиляторы выключались. Такая комбинированная схема вентиляции автостоянки позволила решить проблему с отсутствием соответствующей нормативной базы.

В 2017 году был опубликован новый стандарт СП 300.1325800.2017 [3], разработанный специалистами НП «СЗ Центр АВОК», открывший возможность практического применения струйных продольных систем вентиляции и дымоудаления в автостоянках.

В 2018 году впервые в России была построена и сдана заказчику четырехэтажная подземная автостоянка в г. Казани, где струйная система вентиляции совмещала функции общеобменной и противодымной вентиляции, а воздуховоды полностью отсутствовали. Струйная вентиляция автостоянки имела реверсивную схему [4]. В статье [5] дано описание объекта в Казани, системы его вентиляции и особенностей пусконаладочных испытаний с имитацией пожара.

Рассмотрим особенности рынка систем струйной вентиляции на примере бренда P+1 («П плюс один» www.pplus1.ru), полностью локализованного в России.

На рис. 3 показано суммарное количество проектов с использованием оборудования под брендом P+1 (ранее FlaktWoods), находившихся на стадии предпроектной проработки, технического и рабочего проектирования или строительства.



Рис. 3. Суммарное ежегодное количество проектов в период с 2015 по 2024 год

После начала проектирования и строительства автостоянки в Казани в 2015 году и вплоть до 2019 года наблюдался рост запросов на струйные системы вентиляции. В период пандемии в 2020 году на фоне общего экономического спада произошло снижение количества проектов. Однако, несмотря на это, в период с 2021 по 2024 год выросла доля проектов, доведенных до стадии заключения договора и начала строительства. По итогам в 2024 году по сравнению с 2023 годом ожидается рост количества новых проектов.

На сегодняшний день завершено строительство целого ряда крупных автостоянок, оснащенных струйной вентиляцией, на базе оборудования под брендом P+1 (см. сайт rplus1.ru).

Опыт проектирования и строительства подземных автостоянок свидетельствует о необходимости предпроектной проработки основных решений по структуре и размещению струйной вентиляционной системы. Поэтому поставщик струйных вентиляторов P+1 на базе большого практического опыта обычно безвозмездно выполняет такую предпроектную проработку.

В последнее время интерес к продольной струйной вентиляции проявляется при выборе технического решения по вентиляции грузовых тоннелей крупных торговых центров (ТЦ). Такая задача появилась относительно недавно и связана с организацией подвоза грузов в подземный этаж ТЦ. В этом случае упрощается транспортная логистика, грузовой транспорт не мешает покупателям парковаться у входа в ТЦ. При проектировании таких объектов основные технические решения по системам вентиляции формируются на базе стандарта СП 298.1325800.2017 [6]. Выполнен целый ряд проектов

продольной струйной вентиляции грузовых тоннелей, один из которых находится на стадии строительства.

Дальнейшее развитие струйных систем вентиляции подземных автостоянок требует коренной переработки основного стандарта СП 300.1325800.2017, устанавливающего правила проектирования. Прежде всего это касается режимов работы продольной системы противодымной вентиляции, обеспечивающих безопасную эвакуацию людей во время пожара.

При поступлении сигнала о возникновении пожара включается приточно-вытяжная противодымная вентиляция, струйные вентиляторы выключены в течение 6–10 минут. Это время необходимо для эвакуации людей из автостоянки, когда продольный воздушный поток холодного приточного воздуха удерживает нижнюю границу дымового слоя на высоте не менее 2 м от пола.

В работе [7] описаны два возможных режима работы противодымной вентиляции после эвакуации людей и включения струйных вентиляторов:

- режим очистки от дыма;
- режим контроля распространения тепла и дыма.

Режим очистки от дыма наиболее распространенный и наименее эффективный, т. к. допускает полное задымление помещения автостоянки охлажденными продуктами горения (газовоздушной смесью) после окончания эвакуации.

На больших автостоянках, где возможно массовое пребывание людей, и на автостоянках для электромобилей [8] следует использовать продольную противодымную вентиляцию в режиме контроля распространения тепла и дыма. В этом случае требуется большой расход воздуха для удержания границы распространения дыма в течение всего цикла тушения пожара.

На рис. 4 представлены зависимости производительности вентиляторов дымоудаления от ширины воздушного потока B (ширина автостоянки в зоне локализации очага пожара) при различных режимах дымоудаления.

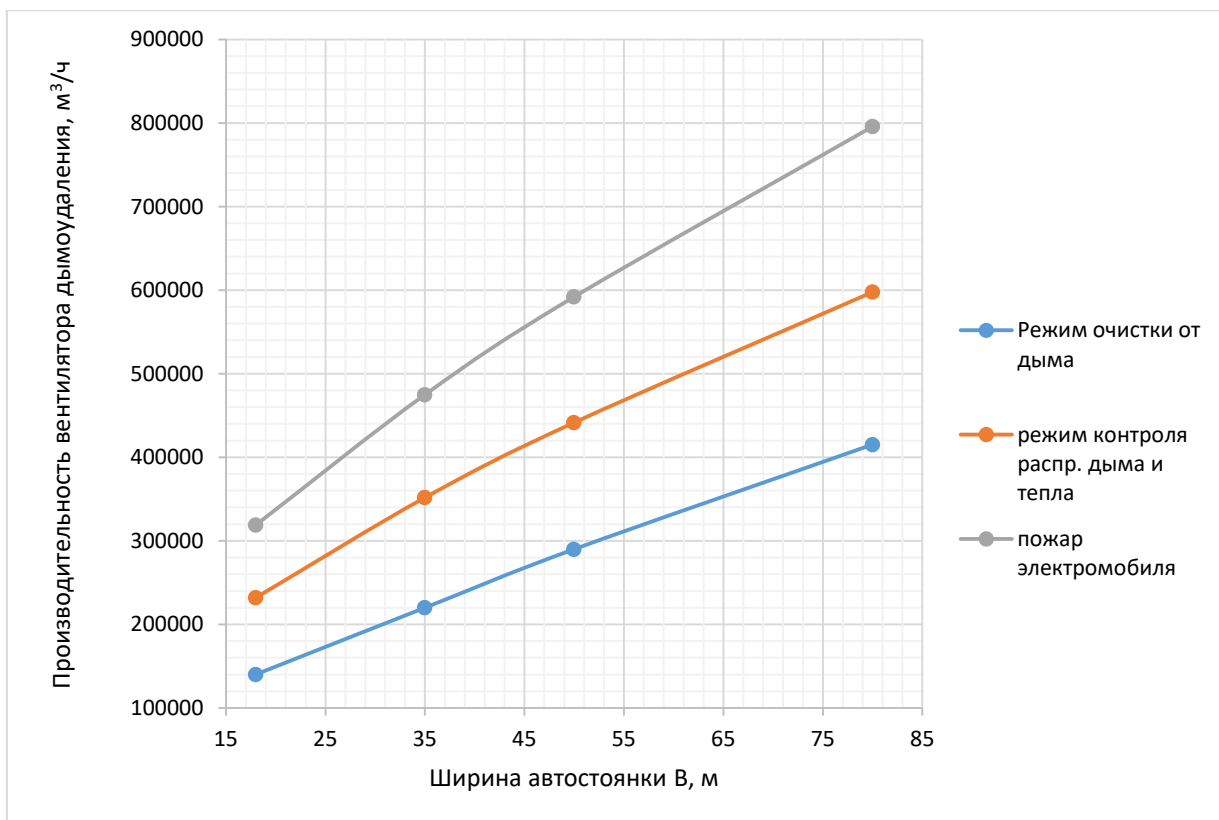


Рис. 4. Графики зависимости производительности вентилятора дымоудаления от ширины помещения автостоянки В при различных режимах работы противодымной вентиляции при пожаре автомобиля с бензиновым двигателем внутреннего сгорания и электромобиля

Графики рис. 4 рассчитаны для автостоянки с высотой потолочного перекрытия 3,5 м и высотой нижней границы дымового слоя при эвакуации людей, равной 2 м. Конвективная мощность очага пожара электромобиля, принятая по данным [8], равна 6 МВт.

Настоящая редакция СП 300.1325800.2017 предусматривает выбор параметров противодымной вентиляции только в режиме очистки от дыма, поэтому актуализация правил проектирования в части противодымной вентиляции обоснованна.

Проектирование продольной струйной системы противодымной вентиляции автостоянки в соответствии с современными стандартами [9–10] обязательно содержит этап численного моделирования процессов воздухораспределения. В отличие от существующей редакции, в разрабатываемом СП будут установлены критерии для оценки эффективности проектных решений продольных систем вентиляции стоянок автомобилей на основе полевого моделирования динамики распространения опасных факторов пожара. Будут сформированы минимальные требования к созданию математической модели

пожара в программно-вычислительных комплексах, применяющихся в РФ в данной области исследований.

Впервые в России в разрабатываемом СП будут сформулированы требования по испытаниям противодымной вентиляции при имитации пожара с использованием горячего дыма, позволяющие экспериментально оценить эффективность принятых проектных решений [11] и в ряде случаев проверить результаты численного моделирования. В мировой практике такие испытания уже давно стали практически обязательными при сдаче законченного строительством подземных автостоянок и автодорожных тоннелей. Основным нормативным документом, устанавливающим правила испытаний противодымной вентиляции автостоянок с использованием горячего дыма, является международный стандарт [12], ставший одним из источников при разработке аналогичного российского стандарта ГОСТ Р 70827-2023 [13].

Однако если в стандарте [12] основной целью испытаний является комплексная проверка алгоритма включения средств противопожарной защиты автостоянки и получения качественной оценки картины распространения дыма, то в ГОСТ Р 70827-2023, кроме этого, предлагается количественная оценка границ распространения дыма с целью определения времени безопасной эвакуации людей с момента возникновения пожара и соответствие границ распространения дыма данным проекта.

Особенно важно проверить границы распространения дыма при пожаре в случае, если противодымная вентиляция рассчитана на работу в режиме контроля распространения дыма и тепла, как это показано на рис. 5.



Рис. 5. Испытание с использованием искусственного горячего дыма продольной струйной вентиляции тоннеля в Австрии, работающей в режиме контроля распространения дыма и тепла

На рис. 5 показано, как под действием продольного воздушного потока со скоростью $V_{кр}$ происходит прекращение распространения искусственного дыма в направлении путей эвакуации.

На основе теории подобия были получены закономерности, позволяющие за счет масштабирования параметров проектного пожара реального автомобиля рассчитать параметры тестового пожара, имитирующего проектный пожар, но безопасного для людей и помещения автостоянки [14].

В итоге можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время существует положительный тренд на рынке систем продольной струйной вентиляции подземных тоннелей и автостоянок;
- новые российские и зарубежные стандарты, появившиеся после 2017 года, и новые научно-технические разработки требуют приведения в соответствие им правил проектирования струйных систем вентиляции подземных и крытых автостоянок СП 300.1325800.2017.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский Е. П., Волков А. П. Противодымная защита крытых и подземных автопарковок, оборудованные струйной (импульсной) вентиляцией // Мир строительства и недвижимости. — 2012, № 44, с. 54–56.
2. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В., Волков М. А., Барафанова Е. Ю. Моделирование процессов дымоудаления в подземных сооружениях транспортного назначения // Вестник Международной академии холода. — 2019, № 1, с. 3–10.
3. СП 300.1325800.2017. Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования.
4. Волков А. П., Свердлов А. В. Реверс воздушного потока при продольной вентиляции и дымоудалении подземных и крытых автостоянок // АВОК Вентиляция. Отопление. Кондиционирование. — 2015, № 1, с. 34–38.
5. Свердлов А.В., Волков А.П. Система реверсивной струйной вентиляции четырехэтажной подземной автостоянки в Казани// Инженерные системы. — 2018, № 4, с. 20–22.

6. СП 298.1325800.2017 Системы вентиляции тоннелей автодорожных. Правила проектирования.
7. Гримитлин А. М., Свердлов А. В., Волков А. П. Продольная струйная система противодымной вентиляции закрытых автостоянок — анализ современных проектных решений // Инженерные системы. — 2023, № 2, с. 2–7.
8. Гримитлин А. М., Свердлов А. В., Волков А. П. Продольная противодымная вентиляция закрытых автостоянок для электромобилей // Инженерные системы. — 2024, № 1, с. 4–9.
9. 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.
10. BS 7346-7:2013 Components for smoke and heat control systems — Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks ICS 13.220.20.
11. Свердлов А. В., Волков А. П. Почему проводят испытания горячим дымом при пусконаладочных работах системы струйной вентиляции и дымоудаления автостоянок // АВОК Вентиляция Отопление Кондиционирование. — 2018, № 3, с. 20–23.
12. AS 4391-1999 Australian Standard™ Smoke management systems — Hot smoke test. Reconfirmed 2016.
13. ГОСТ Р 70827-2023 Системы противодымной вентиляции стоянок автомобилей. Метод испытаний при имитации пожара с использованием горячего дыма.
14. Гримитлин А. М., Волков А. П., Свердлов А. В. Метод масштабирования параметров пожара при испытаниях противодымной вентиляции закрытых автостоянок // Приволжский научный журнал. — 2022, № 1, с. 111–122.