



# Реверс воздушного потока при продольной вентиляции и дымоудалении подземных и крытых автостоянок

**А. П. Волков**, канд. техн. наук, эксперт по системам вентиляции подземных сооружений «Flakt Woods Россия»  
**А. В. Свердлов**, генеральный директор «Flakt Woods Россия», [alexander.sverdlov@flaktwoods.com](mailto:alexander.sverdlov@flaktwoods.com)

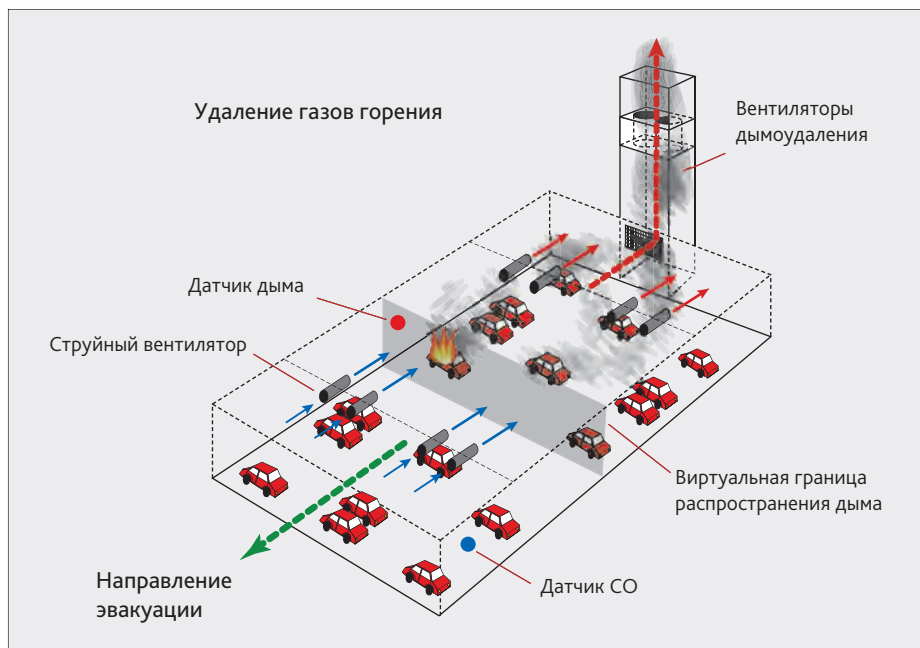
**Ключевые слова:** струйная система вентиляции, дымоудаление, автостоянка, производительность вентилятора

В настоящее время наиболее актуальной задачей по внедрению струйных систем вентиляции на проектируемых в России многоуровневых подземных и крытых автостоянках является развитие отечественной нормативной базы. Несмотря на богатый практический опыт по использованию таких систем на больших автостоянках, их практическое внедрение затруднено вследствие отсутствия отечественного стандарта по правилам проектирования и монтажа струйных систем вентиляции автостоянок. В статье анализируется европейский опыт проектирования продольных систем вентиляции с использованием струйных вентиляторов, установленных на потолочных перекрытиях уже построенных объектов. Отличие предложенного подхода от отечественных норм является элементом новизны, который должен быть интересен читателям. Цель статьи – показать целесообразность применения продольных струйных систем вентиляции с реверсированием воздушного потока в крытых и подземных автостоянках.

Стремление к повышению эффективности использования подземного и надземного пространства в крупных мегаполисах обусловлено прежде всего запредельно высокой стоимостью земли и высокими затратами на строительство зданий и подземных сооружений. Современные подземные и крытые автостоянки строят с увеличенной этажностью. Увеличение количества парковочных мест достигается за счет укрупнения пожарных отсеков и уменьшенной высоты потолочных перекрытий.

Исследования с использованием компьютерной симуляции пожара на многоэтажной подземной парковке при высоте потолочных перекрытий около 2,5 м [1] показали необходимость пересмотра норм по пожарной нагрузке в сторону увеличения с 2...4 МВт до 8,5 МВт. Отмечается, что зачастую принимаются откровенно «безобидные» параметры расчетной пожарной нагрузки, которые могут привести к фатальным результатам, если система дымоудаления не справится со своими задачами.

■ Рис. 1. Продольная схема дымоудаления при пожаре на автостоянке, оборудованной струйными вентиляторами



Традиционная поперечная схема дымоудаления, допускающая растекание дыма в подпотолочном пространстве и предусматривающая удержание нижней границы дыма на уровне 2 м от пола, на современных автостоянках с увеличенной до 5000 м<sup>2</sup> площадью пожарных отсеков и пониженной до 2,5 м высотой потолков может не выполнить свои функции и привести к полному задымлению автостоянки [2]. При проектировании подземных автостоянок в Европе используют пожарные отсеки с площадью до 5000 м<sup>2</sup> без автоматической системы пожаротушения и до 10000 м<sup>2</sup> с ее наличием. Следует отметить, что согласно СП 113.13330.2012 «Стоянки автомобилей» максимально допустимая площадь пожарного отсека – 3000 м<sup>2</sup>, а площадь помещения, приходящаяся на одно дымоприемное устройство, – не более 1000 м<sup>2</sup>. Такое нормирование характерно для поперечной системы дымоудаления, когда неподвижный дымовой резервуар создается под потолком, а граница дыма по всей высоте помещения около 2 м. В рассматриваемом в статье случае около половины всего помещения будет полностью свободно от дыма. Ближайшим аналогом подобного случая является продольная система дымоудаления для тоннелей, где нормирование по площади не применяется (см. Р НП АВОК 7.6–2013 «Определение параметров продольной системы вентиляции автодорожных тоннелей»).

Приоритет безопасности человека при нахождении на закрытых автостоянках стал основной причиной внедрения продольных систем

вентиляции и дымоудаления, когда распространение дыма при пожаре сдерживается продольными (горизонтальными) потоками воздуха от струйных (Jet) вентиляторов, размещенных в подпотолочном пространстве, и от вентиляторов противодымной вентиляции. В этом случае высота потолочных перекрытий не является фактором риска, т. к. граница распространения дыма обеспечивается по всей высоте автостоянки, как это показано на рис. 1. Такие вентиляционные системы стали типовыми для закрытых автостоянок в Европе, Китае, Японии и Корее [1].

Режим дымоудаления требует максимальной нагрузки на струйную вентиляционную систему автостоянки, поэтому выбор типа струйных вентиляторов, их количество и размещение должны прежде всего обеспечить защиту путей эвакуации людей во время пожара [3]. Штатный режим работы предполагает частичную нагрузку на струйные вентиляторы.

В рассматриваемом случае часть автостоянки оказывается защищенной от распространения дыма, что позволяет надежно обеспечить безопасную эвакуацию людей при пожаре, особенно на автостоянках с высотой потолочного перекрытия до 2,5–3,0 м, улучшается видимость очага горения и условия тушения пожара [2].

В работе [4] показано, что ограничение распространения дыма за пределы виртуальной границы (рис. 1) достигается за счет воздушного потока со стороны приточной системы противодымной вентиляции [5], обеспечивающей компенсацию

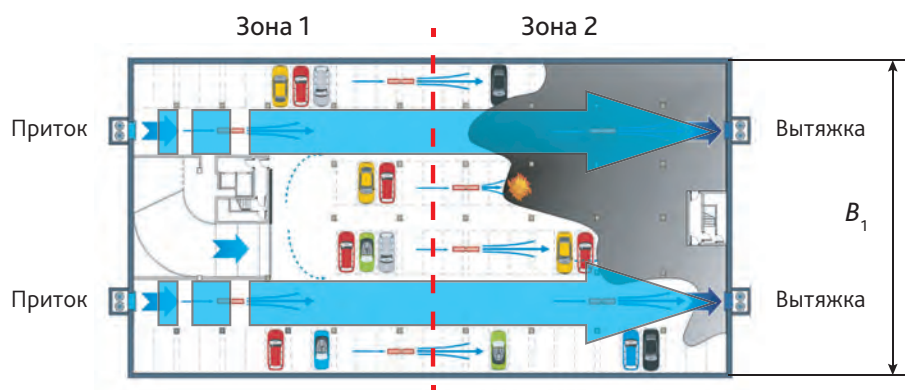


Рис. 2. Продольная схема дымоудаления при возникновении пожара в зоне 2 пожарного отсека автостоянки

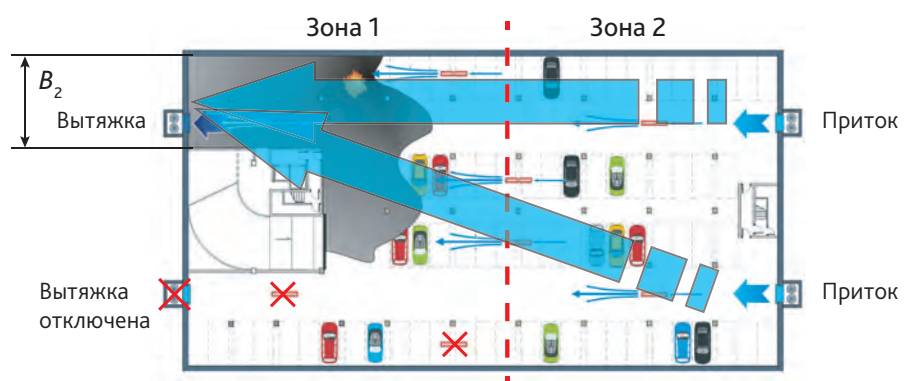


Рис. 3. Продольная схема дымоудаления при реверсе вентиляционного воздушного потока (возникновение пожара в зоне 1)

объема воздуха, удаляемого вентиляторами дымоудаления. Показано, что в условиях пожара на автостоянке скорость воздушного потока  $v_1$ , направленного в сторону очага горения, должна быть не менее критического значения  $v_{кр}$ , составляющего обычно ок. 1 м/с при проектной пожарной нагрузке 4–8 МВт [6].

Таким образом, должно выполняться условие:

$$v_1 \geq v_{кр} \quad (1)$$

Аналогичный подход к проектированию продольной системы дымоудаления используется в автодорожных тоннелях [7]. Проектная пожарная нагрузка в тоннеле назначается исходя из возможности пожара топливной автоцистерны и принимается равной 100 МВт. В этом случае критическая скорость воздушного потока, создаваемого струйными вентиляторами,  $v_{кр}$  достигает значений 3,5–4,0 м/с и обычно является предельным значением для вентиляционной системы тоннеля. В вентиляционных системах автодорожных тоннелей используют реверсивные струйные вентиляторы. Направление вентиляционного потока при пожаре в тоннеле выбирают в зависимости от местоположения очага возгорания и ближайшего портала или вентиляционной шахты системы дымоудаления.

Похожая ситуация возникает при пожаре в автостоянке. Предположим, что очаг возгорания, изображенный на рис. 1, будет находиться в защищенной от дыма зоне. В этом случае большая часть пожарного отсека будет задымлена, что станет серьезным аргументом не в пользу продольной системы дымоудаления. Решить данную проблему, как и в автодорожном тоннеле, можно за счет применения реверса воздушного потока.

На рис. 2 приведена схема пожарного отсека, условно разделенного на две зоны.

При возникновении пожара в зоне 2 воздушный поток направлен в сторону ближайших клапанов дымоудаления. Очевидно, что при возникновении пожара в зоне 1 возникает опасность задымления большей части пожарного отсека, и в этом случае применяют реверс вентиляционного воздушного потока, как показано на рис. 3.

Важной особенностью помещения автостоянки, наряду с низкими потолочными перекрытиями, является сложная конфигурация ограждающих конструкций, вызывающих сужение и расширение вентиляционного потока воздуха. Габарит помещения, ограничивающий ширину воздушного потока, принято называть шириной или секцией

управления пожаром (Width or fire control section) и обозначать  $B$ .

Влияние ширины  $B$  на значение критической скорости представлено на графике рис. 4 [4].

Производительность вентиляторов дымоудаления при продольной вентиляции автостоянки  $V_{вх}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется с учетом температуры продуктов сгорания  $T_m$ , К, и поперечного сечения помещения, соответствующего ширине  $B$ , в соответствии с [4, 8]:

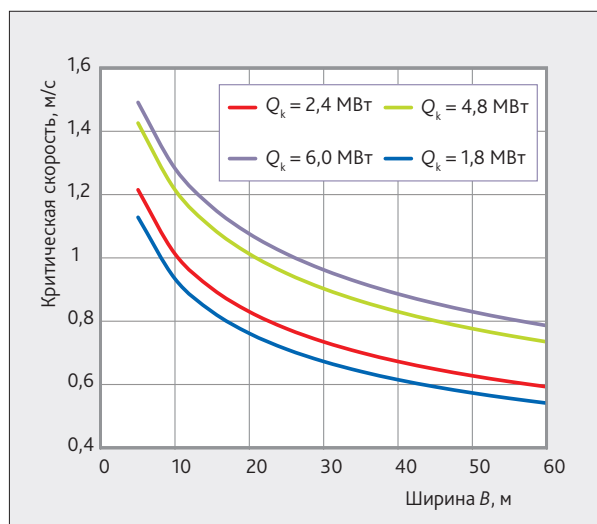
$$V_{вх} = 3600v_1BY \frac{T_m}{T_0}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – температура наружного воздуха, К;  
 $Y$  – высота нижней границы дымовых газов при затекании в сторону притока воздуха, м.

На рис. 5 представлена зависимость производительности вентиляторов дымоудаления от ширины  $B$ , рассчитанная в соответствии с (2).

Как показано на рис. 2 и 3, локализация распространения дыма происходит при различных значениях ширины  $B_1$  и  $B_2$ , что, естественно, требует подбора вентиляторов дымоудаления по расчетным значениям расхода воздуха. Кроме того, в исходном режиме и при реверсе вентиляторы дымоудаления также должны работать в реверсном режиме, желательно без снижения КПД.

Струйные вентиляторы в реверсном режиме также должны работать без снижения КПД.



■ Рис. 4. График зависимости критической скорости  $v_{кр}$  от ширины  $B$  при различных конвективных мощностях очага горения  $Q_{кр}$

# ZUBADAN

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ



Реклама

## ZUBADAN ИННОВАЦИИ В ЭФФЕКТИВНОСТИ

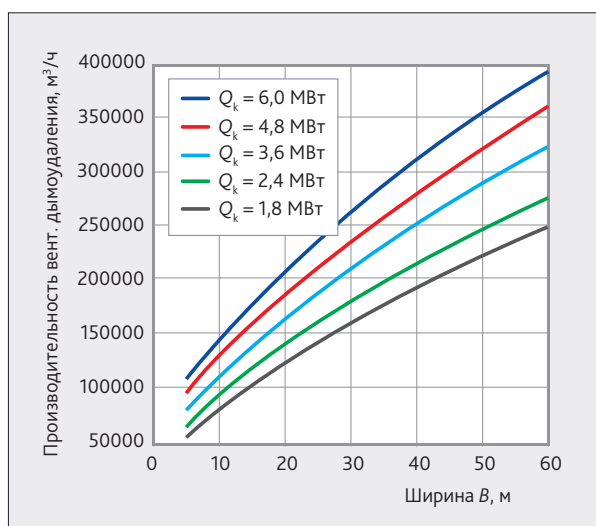
### «ВОЗДУХ-ВОДА»

Тепловые насосы для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования.

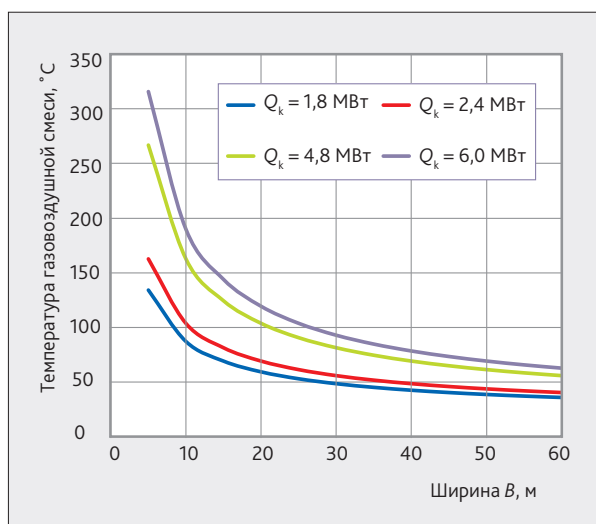
- > Организация системы «теплый пол»;
- > Интеграция в систему «умный дом»;
- > Дистанционное управление функцией «дежурный обогрев» — поддержание температуры в помещении +10°C;
- > Отсутствие капитальных затрат на коммуникации и теплотрассы;
- > Высокая энергоэффективность — 1кВт затраченной электроэнергии дают от 3 до 5 кВт тепла.

[www.zubadan.ru](http://www.zubadan.ru)

 **MITSUBISHI  
ELECTRIC**  
Changes for the Better



■ Рис. 5. График зависимости производительности вентиляторов дымоудаления от ширины  $B$  при различных конвективных мощностях очага горения  $Q_k$



■ Рис. 6. График зависимости температуры продуктов сгорания  $T_m$  от ширины  $B$  при различных конвективных мощностях очага горения  $Q_k$

Добиться уменьшения расчетной производительности вентиляторов дымоудаления возможно за счет уменьшения ширины  $B$ . Однако следует учитывать, что при этом будет возрастать температура продуктов сгорания  $T_m$ , как это показано на рис. 6 [4].

Использование реверсивных вентиляторов дымоудаления и реверсивных струйных вентиляторов позволяет оптимизировать схему продольной вентиляции применительно к закрытым автостоянкам со сложной конфигурацией вентилируемого помещения.

**Анализ проектных решений, включая CFD-моделирование наиболее сложных объектов, позволил сформулировать ряд рекомендаций по проектированию струйных реверсивных систем вентиляции закрытых автостоянок.**

1. Площадь пожарной зоны (рис. 2 и 3) не менее  $1500 \text{ м}^2$ .
2. Максимальная площадь пожарного отсека без автоматической системы пожаротушения не более  $5000 \text{ м}^2$ .
3. Максимальная площадь пожарного отсека с автоматической системой пожаротушения не более  $10000 \text{ м}^2$ .
4. В пожарных отсеках площадью от  $1500$  до примерно  $2500 \text{ м}^2$  применяются однонаправленные системы струйной вентиляции.
5. В пожарных отсеках площадью  $2500$ – $10000 \text{ м}^2$  применяются реверсивные системы струйной вентиляции.

#### Литература

1. Виссник Й., Вогет К. Вентиляция в подземных гаражах. Опыт Германии // Мир строительства и недвижимости. 2012. № 43.
2. Вишневский Е. П., Волков А. П. Противодымная защита крытых и подземных автопарковок, оборудованных струйной (импульсной) вентиляцией // Мир строительства и недвижимости. 2012. № 44.
3. Волков А. П., Гримитлин А. М., Рыков С. В. Методика расчета вентиляционной системы парковки закрытого типа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. № 2 (15).
4. Волков А. П. Продольная система дымоудаления в подземных сооружениях // С.О.К. Ежемесячный специализированный журнал. 2013. № 8.
5. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.
6. BS 7346-7:2006. 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.
7. Р НП «АВОК» 7.6–2013. Определение параметров продольной системы вентиляции автодорожных тоннелей.
8. IBN-BIN TC 191 WG 8 NBN S 21–208–2. Brandbeveiliging in gebouwen – Ontwerp van de rook en warmteafvoersystemen (RWA) in gesloten parkeergebouwen. ■