

Проектирование вентиляционных систем современных подземных автостоянок. Анализ европейских и российских правил проектирования традиционных канальных систем противодымной вентиляции

А. В. Свердлов, генеральный директор FläktGroup Россия

А. П. Волков, эксперт FläktGroup Россия

В настоящее время отмечается возросший интерес к разработке новых принципов проектирования систем противодымной вентиляции закрытых подземных сооружений, что обусловлено развитием сети многоуровневых подземных автостоянок, размещаемых в цокольных этажах строящихся и проектируемых зданий. Современные вентиляционные системы больших многоярусных подземных автостоянок принято проектировать как универсальные или совмещенные — приточная и вытяжная системы вентиляции обеспечивают как противодымную, так и штатную общеобменную вентиляцию. Такой подход позволяет сократить количество как собственно вентиляторов, так и число вентиляционных шахт, что снижает стоимость вентиляционного оборудования и затраты на строительство, возрастает эффективность использования подземного пространства. Таким образом, режим дымоудаления становится определяющим при выборе основных параметров вентиляционной системы автостоянки, так как именно режим дымоудаления является режимом, определяющим максимальную нагрузку на вентиляционную систему.

В работе [1] показано, что наиболее распространенными подходами при моделировании движения дымовых газов в помещении автостоянки, где произошел пожар, является использование численных моделей, а именно CFD (Computer Fluid Dynamics) моделей, базирующихся на фундаментальных закономерностях механики жидкости и газов [20, 21]. Однако такие модели не могут использоваться при отсутствии исчерпывающей информации об объемно-планировочных решениях автостоянки и характеристиках применяемых вентиляторов. Применение CFD-моделей связано с существенными затратами и требованиями к квалификации проектировщиков. Поэтому CFD-модели целесообразно использовать при экспертизе принятых проектных решений. Их называют виртуальными испытаниями системы вентиляции [2].

При начале проектирования целесообразно руководствоваться существующими правилами проектирования таких вентиляционных систем и использовать упрощенные аналитические модели, позволяющие выбрать оптимальные параметры системы противодымной вентиляции при различных вариантах объемно-планировочных решений автостоянки.

В европейской практике используют рекомендации по выбору параметров противодымной вентиляции подземных автостоянок, основанные на обобщении практического опыта проектирования, строительства и эксплуатации таких объектов. В частности, Польский нормативный документ [3] рассматривает как традиционные поперечные, каналные системы, так и продольные струйные системы противодымной вентиляции подземных автостоянок [7, 8, 9]. Положения данного нормативного документа [3] соответствуют правилам и рекомендациям по проектированию систем вентиляции автостоянок и базируются на основных нормативных документах [15, 16, 17].

Сравнение и анализ особенностей данных систем вентиляции подземных автостоянок были ранее выполнены в [4, 5, 6]. Отечественные нормативные документы [10, 11, 12, 13, 14] позволяют определить параметры вентиляции автостоянки.

В рамках данной статьи рассмотрим основные положения [3] с целью анализа и сравнения основных выводов и рекомендаций данного документа с отечественными нормативными документами, регламентирующими требования к противодымной поперечной каналной вентиляции автостоянок закрытого типа. Наиболее важным параметром таких систем вентиляции является производительность вентиляторов дымоудаления. Очевидно, что размеры воздуховодов системы каналной противодымной вентиляции, определяемые по расходам продуктов горения, являются ограничивающим фактором при определении минимальной высоты потолочного перекрытия. В настоящее время наблюдается тенденция к более плотному заполнению подземного пространства автостоянки, как это показано на рис. 1. Минимальная допустимая высота потолка становится важным фактором при выборе типа и параметров системы вентиляции автостоянки.

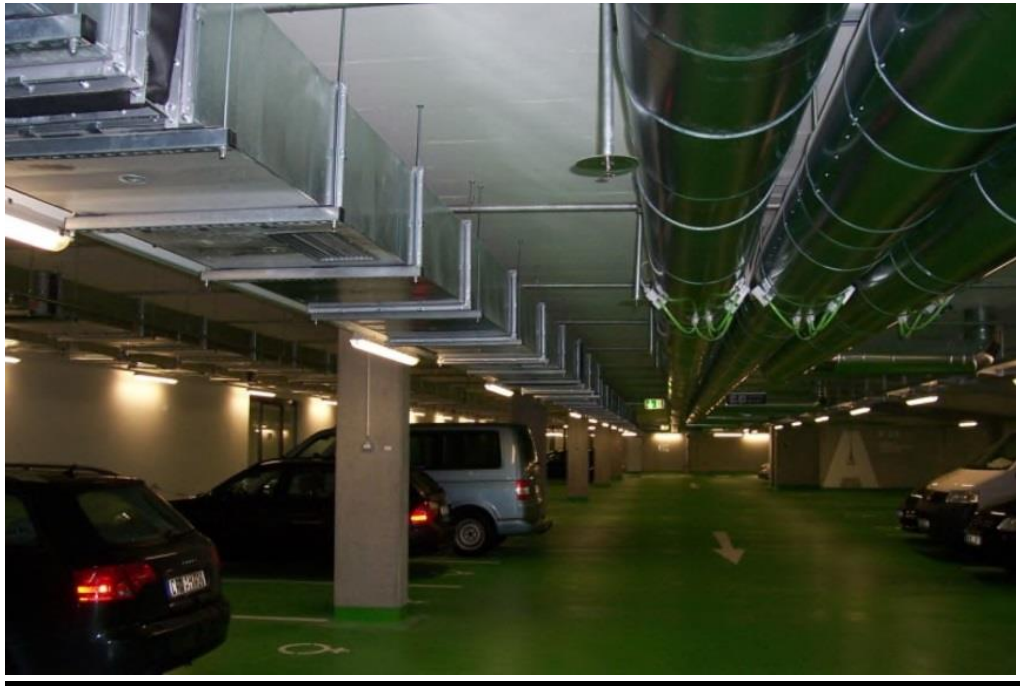


Рис. 1. Современная подземная автостоянка, оснащенная канальной противодымной вентиляцией

Применительно к традиционной канальной вентиляции считается, что снижение высоты потолка является фактором риска [3, 19]. Создаваемый в подпотолочном пространстве резервуар дыма (см. рис. 2) нестабилен вследствие нестационарности процесса горения автомобиля, что подтверждает график, представленный на рис. 3 [18]. Удержание нижней границы продуктов горения на заданной по соображениям безопасности высоте Y весьма проблематично.

В этом случае принятое значение производительности вентилятора дымоудаления становится важнейшим фактором обеспечения безопасности нахождения человека в помещении автостоянки закрытого типа.

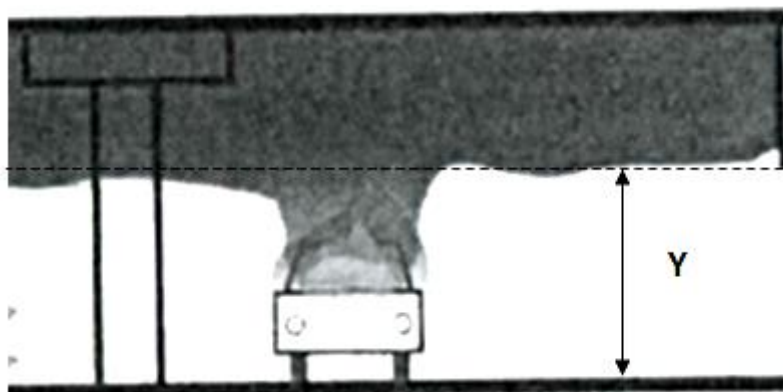


Рис. 2. Резервуар дыма при поперечной системе дымоудаления

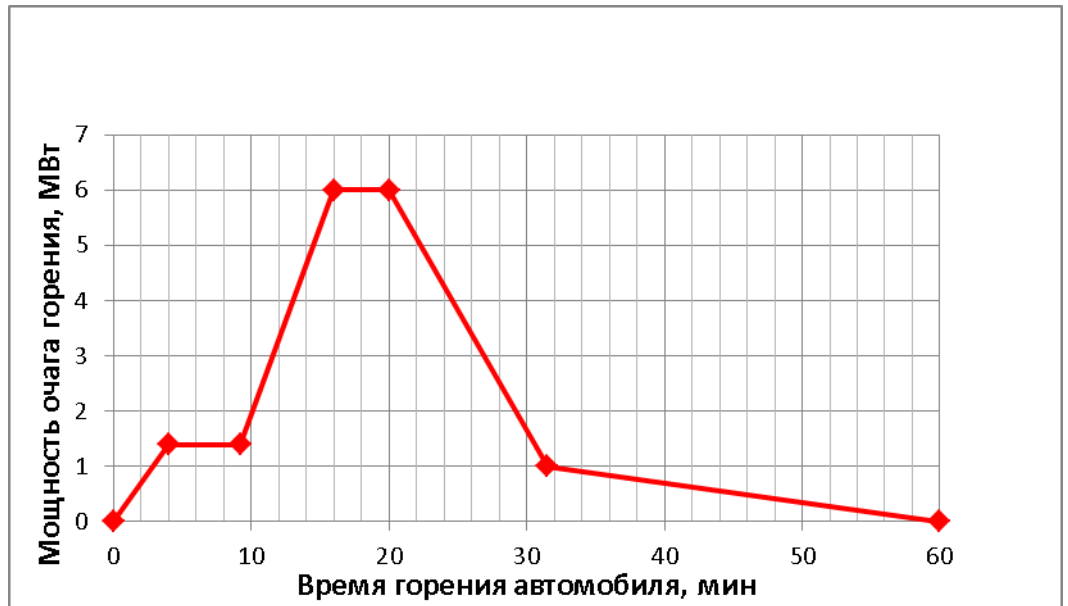


Рис. 3. Усредненный график мощности горения легкового автомобиля

Основные требования к определению параметров пожара автомобиля на закрытой автостоянке, представленные в таблице 1, соответствуют данным [13, 14, 15].

Таблица 1. Выбор проектных параметров пожара на автостоянке

Параметры очага горения	Автоматическая система пожаротушения	
	есть	нет
Габариты очага горения, м	2x5	5x5
U_f — периметр очага пожара, м	14	20
Q_n — тепловая мощность очага пожара, МВт	4.0 (1 автомобиль) в странах ЕС 4,5–5 (1 автомобиль) в РФ	8.0 (2 автомобиля) в странах ЕС 9–10 (2 автомобиля) в РФ

Значение Q_n в Европе несколько ниже, чем в России и составляет не более 4 МВт. Тем не менее расчетная производительность вентилятора дымоудаления, обеспечивающего отвод продуктов горения, заметно выше, чем в России.

Рассчитать массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой (см. рис. 2), возможно в соответствии с [13] по формуле:

$$G_K = 0,032 Q_K^{\frac{8}{5}} Y \quad (1)$$

или в соответствии с [3] по формуле:

$$G_K = 0,188 P Y^{\frac{8}{5}}, \quad (2)$$

где P — периметр очага горения (см. таблицу 1), м;

$Y = 0,8 H$;

H — высота помещения;

$Q_K = (1 - \varphi) Q_n$ — конвективная мощность пожара, кВт;

φ — доля теплоты, отдаваемая очагом горения за счет излучения и теплопроводности; при отсутствии данных принимается равной 0,4 в соответствии с рекомендациями [13];

Q_n — тепловая мощность очага пожара автомобиля (см. таблицу 1), кВт.

Предполагаемое повышение температуры продуктов горения составляет $\Delta T_{\text{пр}}$. В идеальном случае будем считать, что подмес чистого воздуха на входе в шахту дымоудаления отсутствует. В этом случае $\Delta T_{\text{пр}}$ можно определить по формуле:

$$\Delta T_{\text{пр}} = \frac{Q_K}{C_p G_K}, \quad (3)$$

где $C_p = 1,01$ кДж/кг К — теплоемкость дымовых газов.

В отличие от европейских стандартов в отечественной практике принято принимать более низкие значения $\Delta T_{\text{пр}}$, определяемые с учетом теплообмена продуктов горения с ограждающими конструкциями, а именно:

$$\Delta T_{\text{пр}} = \frac{Q_f}{G_K \cdot C_p + \alpha \cdot [F_{\text{п}} + L_{\text{ок}} \cdot (H - Y)]}, \quad (4)$$

где $F_{\text{п}}$ — площадь потолка помещения, м²;

$L_{\text{ок}}$ — периметр ограждающих конструкций, м;

H — высота помещения, м;

α — коэффициент теплоотдачи от продуктов горения к ограждающим конструкциям, кВт/(м²·К); принимают равным 0,012.

Определение объемного расхода продуктов горения и производительности вентилятора дымоудаления V_{ex} (м³/час) следует осуществлять в соответствии с формулой:

$$V_{ex} = G_K \frac{T_0 + \Delta T_{пл}}{\rho_0 T_0} \psi 3600, \quad (5)$$

где ρ_0 — плотность наружного воздуха, кг/м³;

T_0 — температура наружного воздуха, К;

ψ — коэффициент безопасности, равный 1,3 при $H \leq 3,5$ м, в соответствии с [3].

В таблице 2 представлен сравнительный расчет производительности вентилятора дымоудаления при пожаре одного автомобиля, выполненный в соответствии с российскими и европейскими нормами.

Таблица 2. Расчет значения V_{ex}

	Методика расчета [3]	Методика расчета [13]
Тип здания	Подземная автостоянка	Одноэтажное здание
Высота потолка H , м	3,0	3,5
Высота границы дыма Y , м	2,4	2,0
Конвективная мощность очага горения Q_k , кВт	2800	2700
Расчетный массовый расход продуктов горения, кг/с	9,78	7,33
Коэффициент безопасности ψ	1,3	1,0
Повышение температуры продуктов горения, К	283	117
Объемный расход продуктов горения и производительность вентилятора дымоудаления, м ³ /ч	74 900	28 990

На рис. 4 приводятся данные, рассчитанные по европейским [3] (ЕС) и российским [13] (РС) стандартам, позволяющие выбрать производительность вентилятора дымоудаления поперечной канальной системы противодымной вентиляции, при различных принятых расчетных значениях высоты границы дыма Y .

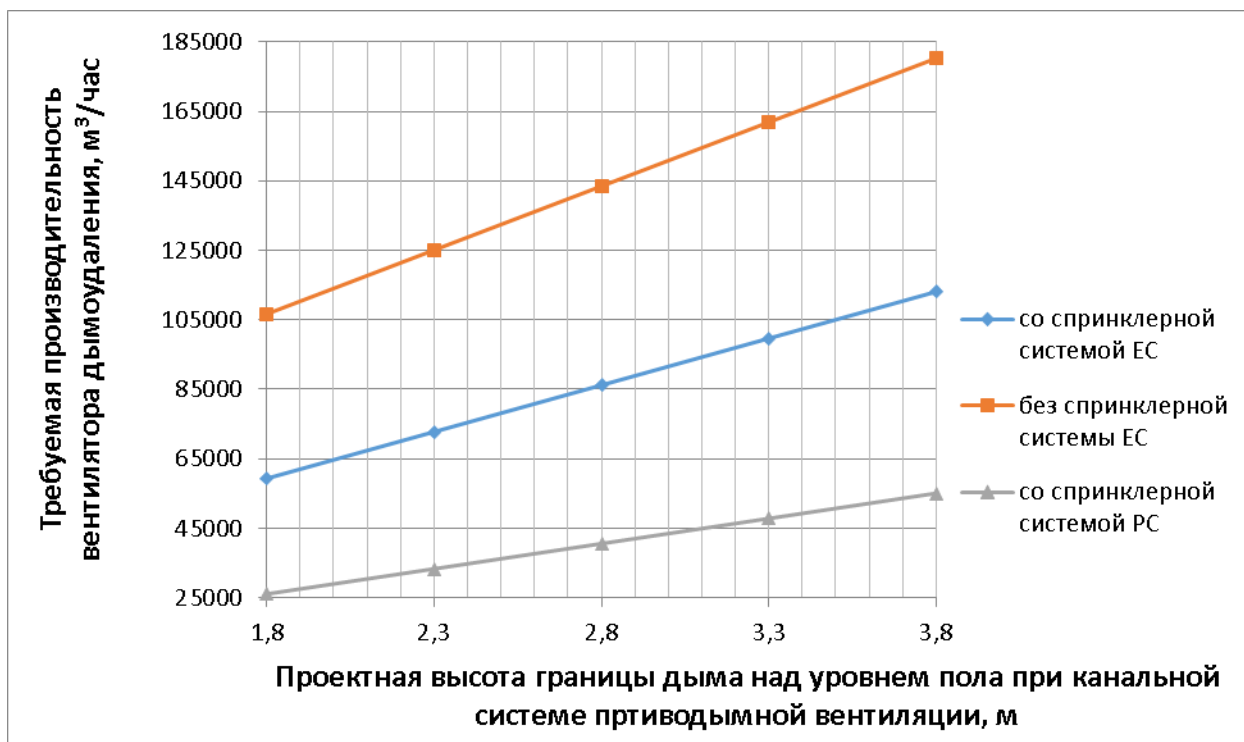


Рис. 4. Графики требуемой производительности вентилятора дымоудаления при изменении высоты границы дыма Y для автостоянки, оборудованной и не оборудованной автоматической спринклерной системой пожаротушения

На рис. 5 приводятся данные, рассчитанные по европейским [3] (ЕС) и российским [13] (РС) стандартам, позволяющие выбрать производительность вентилятора дымоудаления поперечной канальной системы противодымной вентиляции, при различных принятых расчетных значениях температуры продуктов горения.

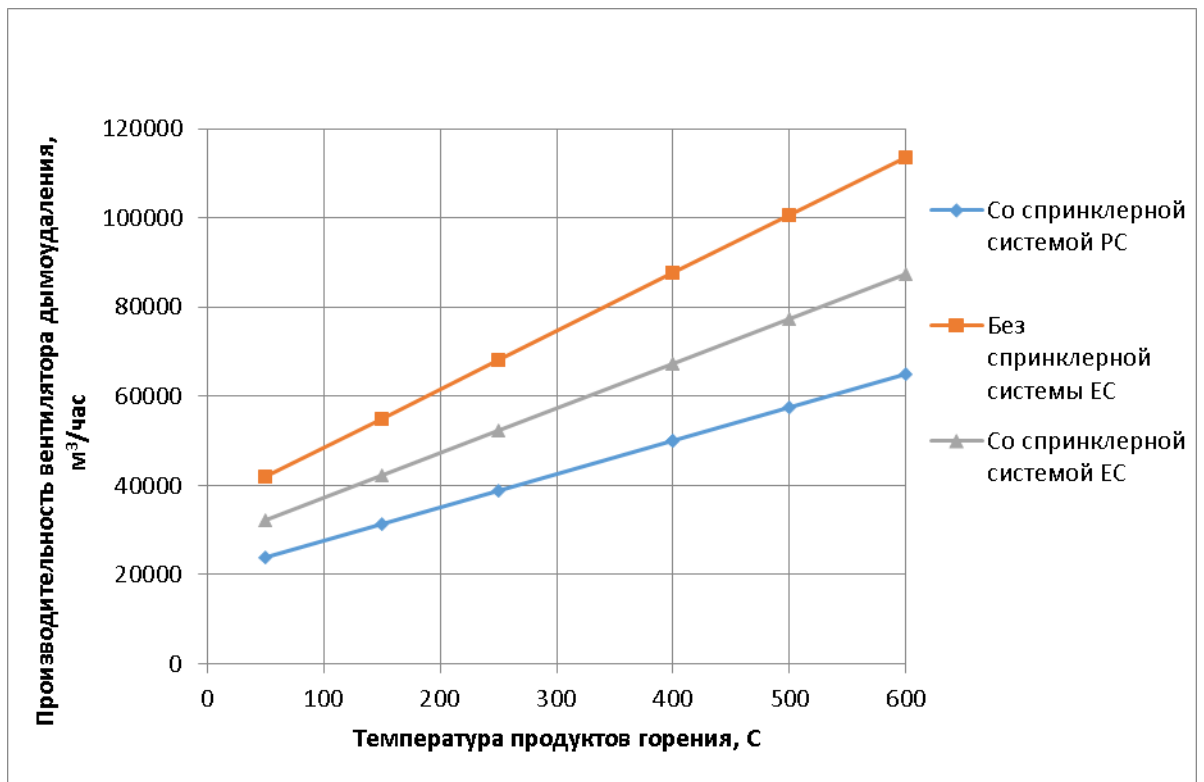


Рис. 5. Графики требуемой производительности вентилятора дымоудаления при изменении температуры продуктов горения для автостоянки, оборудованной и не оборудованной автоматической спринклерной системой пожаротушения

Другим важным обстоятельством при выборе производительности вентилятора дымоудаления является определение максимальной площади пожарного отсека автостоянки, которая должна быть оснащена автономной системой вентиляции и дымоудаления.

В России площадь помещения подземной автостоянки под пожарный отсек принимается в соответствии с [22] не более 3000 м². В [3] аналогичная норма ограничена значением 2600 м². Пожарные отсеки большего размера допустимы, если производительность системы противодымной вентиляции будет увеличена пропорционально частному от деления площади зоны и размера 2600 м², а эффективность системы будет подтверждена с использованием численных расчетов и метода CFD-моделирования.

На рис. 6 показано влияние габаритов пожарного отсека автостоянки на выбор производительности вентилятора дымоудаления, рассчитанной в соответствии с рекомендациями [3]. В качестве габаритных характеристик приняты: площадь пожарного отсека и высота нижней границы продуктов горения Y над уровнем пола как функции высоты потолочного перекрытия, см (2).

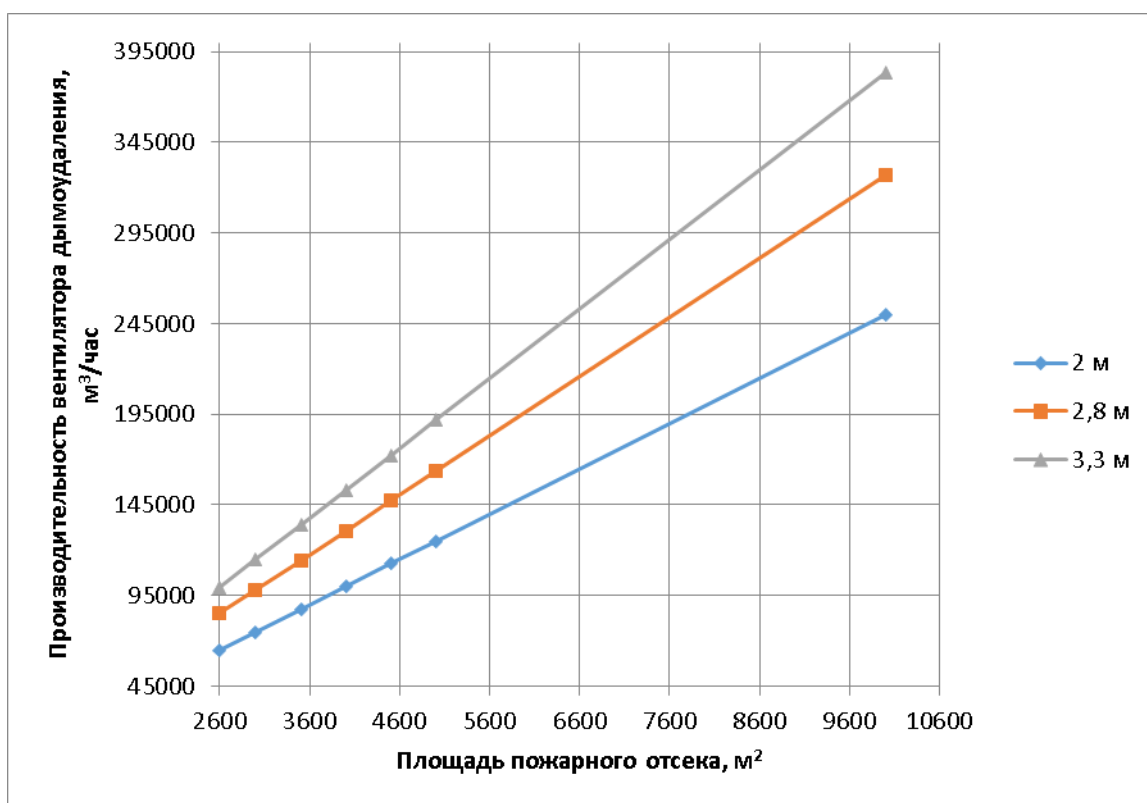


Рис. 6. Графики требуемой производительности вентилятора дымоудаления при увеличении площади пожарного отсека автостоянки, при различных высотах нижней границы продуктов горения

Выполненный анализ свидетельствует о наличии существенных различий при выборе производительности вентиляторов дымоудаления канальной системы вентиляции с использованием отечественной и зарубежной нормативной базы. Представленные материалы позволяют сформулировать ряд выводов.

1. Производительность вентиляторов дымоудаления является важнейшим фактором обеспечения безопасности нахождения человека в помещении автостоянки закрытого типа.
2. Европейские стандарты предусматривают большее в 1,5...2,0 раза значение требуемой производительности вентиляторов дымоудаления, чем в отечественных стандартах.
3. Европейские стандарты допускают увеличение площади пожарного отсека автостоянки, оснащенной канальной вентиляцией, при пропорциональном увеличении производительности вентиляторов дымоудаления.

Литература

1. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В. и др. Расчетные методы проектирования продольных струйных систем вентиляции автостоянок закрытого типа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. — 2016. — № 4. — С. 23–32.
2. Й. Висник, К. Воет. Вентиляция в подземных гаражах. Опыт Германии // Мир строительства и недвижимости. — 2012. — № 43. — С. 58.
3. W. Vengzhinsky, G. Krajewski. Systemy wentylacji pożarowe jgaraże. Projektowanie, ocena, akceptacja / Системы противопожарной вентиляции гаражей. Проектирование, оценка, приемка: пособие // Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa, 2015. ISBN 987–83–24–6792–6. URL: <http://www.flaktwoods.ru/about-us/media/news/sistemy-protivopozharnej-ventilyatsii-garazhej/>.
4. Волков А. П., Свердлов А. В. Реверс воздушного потока при продольной вентиляции и дымоудалении подземных и крытых автостоянок // АВОК. — 2015. — № 1. С. 34–38.
5. BS 7346–7:2006 Components for smoke and heat control systems — Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smock and heat control systems for covered car park.
6. NEN 6098:2010 Rookbcheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages.
7. NBN S 21–208–2 Brandbeveiliging in gebouwen Ontwerp van rook — en warmteafvoersystemen (RWA) van gesloten parkeergebouwen.
8. СП 113.13330.2012 «Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02–99*». М., 2012.
9. СП 154.13130.2013 «Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности». М., 2013.
10. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». М., 2013.
11. Р НП «АВОК» 5.5.1–2015 «Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий». М., 2015.
12. СТО НОСТРОЙ 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.

13. СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». М., 2012.

14. Вишневский Е. П., Волков А. П. Противодымная защита крытых и подземных автопарковок, оборудованных струйной (импульсной) вентиляцией // Мир строительства и недвижимости. — 2012. — № 44. — С. 54–56.