

УДК 536.71

Фактор энергоэффективности при выборе параметров системы вентиляции автостоянки закрытого типа

Канд. техн. наук **Волков А.П.** alex78477@ya.ru
Свердлов А.В. alexander.sverdlov@flaktwoods.com

Air Comfort & Fire Safety Europe

117418, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 23

Канд. техн. наук **Рыков С.В.** togg1@yandex.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49

Волков М.А. alex78477@ya.ru

Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров
198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4

Доля затрат энергии на кондиционирование и вентиляцию в энергетическом балансе производственных и общественных зданий может достигать в зависимости от назначения и времени года весьма существенных значений от 25 до 50 % [1]. Для закрытых подземных и крытых автостоянок эта цифра может быть даже выше и достигать значений 60 %. Последнее объясняется значительными объемами приточного воздуха, необходимого для ассимиляции выхлопных газов. В зависимости от назначения и технических параметров автостоянки удельных расход воздуха, необходимого для ассимиляции выхлопных газов может составить от 6 до 16 м³/м²час. Одним из резервов повышения энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования является использование рекуперации и рециркуляции воздушных потоков [1]. Однако, в настоящее время рекуперация в вентиляционных системах автостоянок закрытого типа практически не применяется.

Токсичность выхлопных газов является препятствием к использованию рециркуляции в системах воздушного отопления. В рамках данной статьи рассматривается выбор схемы вентиляции без учета рекуперации и рециркуляции с точки зрения энергоэффективности схемы воздухораспределения внутри помещения автостоянки.

Ключевые слова: системы вентиляции, подземные транспортные сооружения, автостоянки, окись углерода, выбросы от транспортного средства, дымоудаление.

Energy efficiency during the selection of parameters of the ventilation system closed type parking

Ph.D. Volkov A.P. alex78477@ya.ru

Sverdlov A.V. alexander.sverdlov@flaktwoods.com

Air Comfort & Fire Safety Europe

117418, Russia, Moscow, Profsoyuznaya St., 23

Ph.D. Rykov S.V. togg1@yandex.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Kronverksky Avenue, 49

Volkov M.A. alex78477@ya.ru

Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers
198095, Russia, St. Petersburg, Ivan Chernykh St., 4

The share of energy consumption for air conditioning and ventilation in the energy balance of industrial and public buildings can reach depending on the destination and time of year is very significant values of 25 to 50% [1]. For abandoned underground and covered car parks, this figure may be even higher and reach values of 60%. This is explained by significant volumes of fresh air required for the assimilation of the exhaust gases. Depending on the purpose and technical parameters of the car park specific air flow needed for the assimilation of the exhaust gas can be from 6 to 16 m³ / m²h. One of the reserves to improve energy efficiency of HVAC systems is to use the recovery and recycling of air flow [1]. However, now the recovery in ventilation systems, parking gated almost never used. Emissions is an obstacle to the use of recirculation air heating systems. As part of this article explains how to choose the scheme of ventilation without heat recovery and recycling in terms of the energy efficiency of air distribution scheme indoor car park.

Keywords: ventilation systems, underground transport facilities, parking, carbon monoxide, emissions from the vehicle, smoke removal.

В настоящее время существует две схемы вентиляции (воздухораспределения) в крытых и подземных автостоянках, а именно:

- традиционная канальная схема вентиляции и дымоудаления, представленная на рис. 1, предполагающая организацию воздухообмена с использованием развитой сети воздуховодов приточной, вытяжной и противодымной вентиляции;

- струйная схема вентиляции и дымоудаления, представленная на рис. 2, предполагает создание принудительного потока воздуха в помещении автостоянки без воздуховодов, за счет установленных на потолочном перекрытии струйных (осевых или центробежных) вентиляторов.

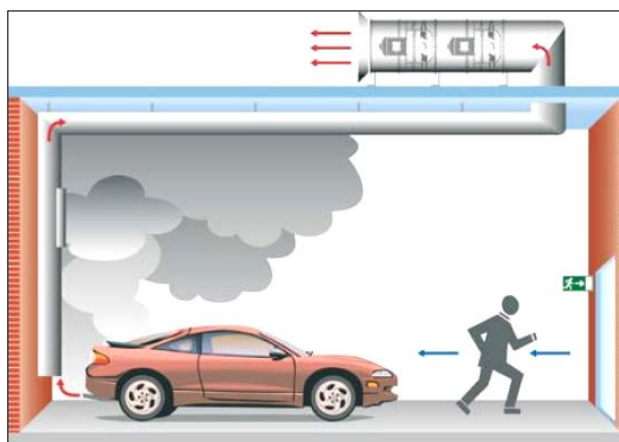


Рис. 1. Канальная схема вентиляции и дымоудаления

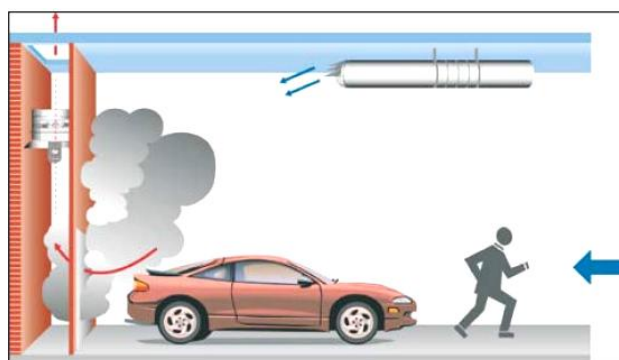


Рис. 2. Струйная схема вентиляции и дымоудаления

Факторами, влияющими на энергопотребление системы вентиляции автостоянки, является уровень эмиссии окиси углерода (CO) [2] от работающих двигателей автомашин. Воздухообмен ($\text{м}^3/\text{час}$), необходимый для ассимиляции (CO), определяется по формуле [2]:

$$V_a = \frac{1000G_{CO}}{CO_{об} - CO_{об пр. возд.}} k_G, \quad (1)$$

где G_{CO} – эмиссия CO, (г/час);

$CO_{об}$ – предельная допустимая концентрация (ПДК) CO ($\text{мг}/\text{м}^3$);

$CO_{об пр. возд.}$ – значение объёмной концентрации CO в приточном воздухе за пределами автостоянки ($\text{мг}/\text{м}^3$); в жилых районах с малым движением транспорта эта величина пренебрежимо мала и обычно принимается равной нулю; на сильно загруженных дорогах достигает $CO_{об пр. возд.} = 4 \text{ мг}/\text{м}^3$;

k_G – коэффициент, учитывающий неравномерность вентиляции помещения автостоянки; обычно находится в диапазоне от 1,25 до 1,50, если данные отсутствуют – принимается значение 1,25.

Как следует из (1) одним из резервов снижения производительности вентиляторов притока и вытяжки, а, следовательно, и энергопотребление на 6 – 8% является организация притока не загазованного чистого воздуха при $CO_{об пр. возд.} = 0$.

Расчет эмиссии и воздухообмена не зависит от типа системы вентиляции, а определяется количеством парковочных мест и интенсивностью движения транспорта или частотой транспортного трафика [2].

Струйные системы вентиляции применяются в больших автостоянках при высоте потолочного перекрытия от 2,5 – 3,0 м [3]. Низкие потолки и большие площади пожарных отсеков характерны для современных многоярусных подземных автостоянок.

Для сравнения рассмотрим энергоэффективность вентиляции автостоянки при традиционной канальной (рис. 3) и струйной схеме (рис. 4) воздухораспределения.

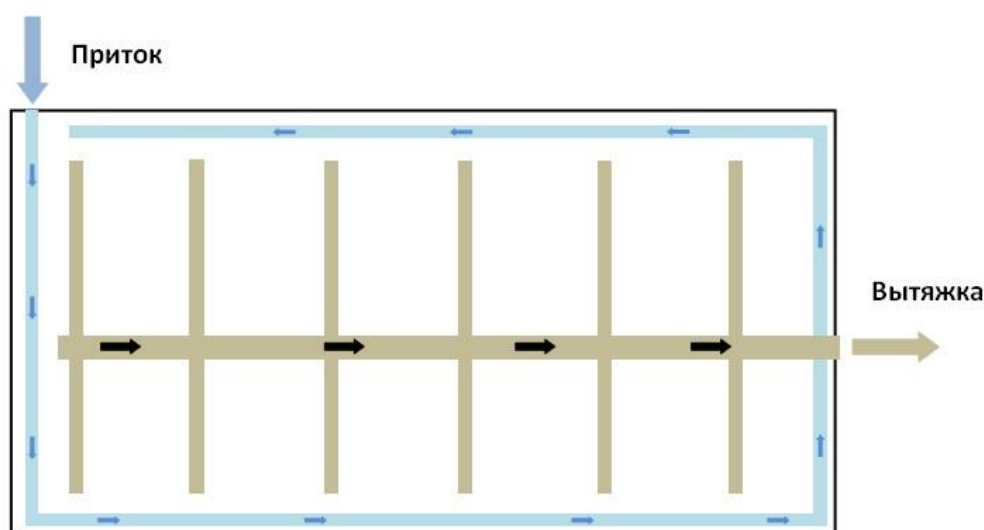


Рис. 3. Схема канальной вентиляции автостоянки (с воздуховодами приточной и вытяжной вентиляции)

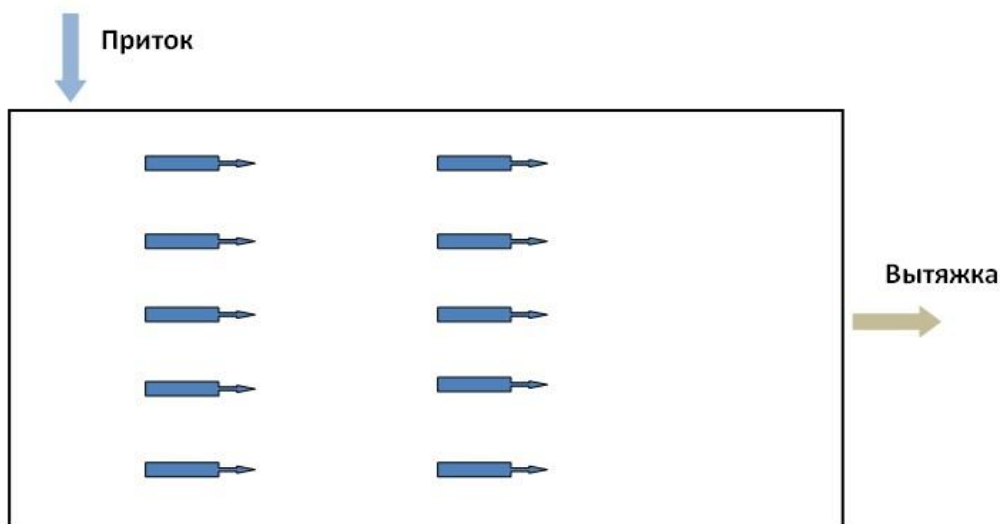


Рис. 4. Схема струйной вентиляции (с использованием струйных вентиляторов)

На рис. 3 и 4 показаны схемы традиционной (канальной) и струйной вентиляции в помещении автостоянки габаритами 50 x 80 м площадью 4000 м² с высотой потолочных перекрытий 3 м.

Рассмотрим среднесуточное энергопотребление системами вентиляции автостоянки в основных режимах работы:

- непрерывная круглосуточная вентиляция с перерывом на 7 часов ночью;
- включение и выключение вентиляции по таймеру в заданные временные интервалы максимальной концентрации СО;
- автоматическое включение и выключение вытяжной и струйной вентиляции по сигналу от датчиков контроля концентрации СО, приточная вентиляция работает постоянно;
- автоматическое включение и выключение приточной, вытяжной и струйной вентиляции по сигналу от датчиков контроля концентрации СО (без постоянной работы приточной вентиляции).

В таблице 1 приведены данные по среднесуточному энергопотреблению систем канальной и струйной вентиляции автостоянок, представленных на рис. 3 и 4.

Таблица 1

| Режим работы вентиляции | Канальная система вентиляции, кВт час | Струйная система вентиляции, кВт час | | |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| | | Вентиляторы притока и вытяжки | Струйные вентиляторы | Суммарная нагрузка |
| Круглосуточная работа с перерывом на 7 часов ночью | 189,6 | 121,9 | 40,8 | 162,7 |
| Работа по таймеру | 110,6 | 71,1 | 23,8 | 94,9 |
| Работа по сигналу датчиков СО при постоянной работе приточной вентиляции | 51,2 | 33,1 | 6,8 | 39,9 |
| Работа по сигналу датчиков СО, без постоянной работы приточной вентиляции | 31,6 | 20,3 | 6,8 | 27,1 |

Удельные энергозатраты, отнесенные к 1 м² площади автостоянки, представлены на рис. 5 для всех приведенных в таблице 1 режимов работы системы вентиляции.

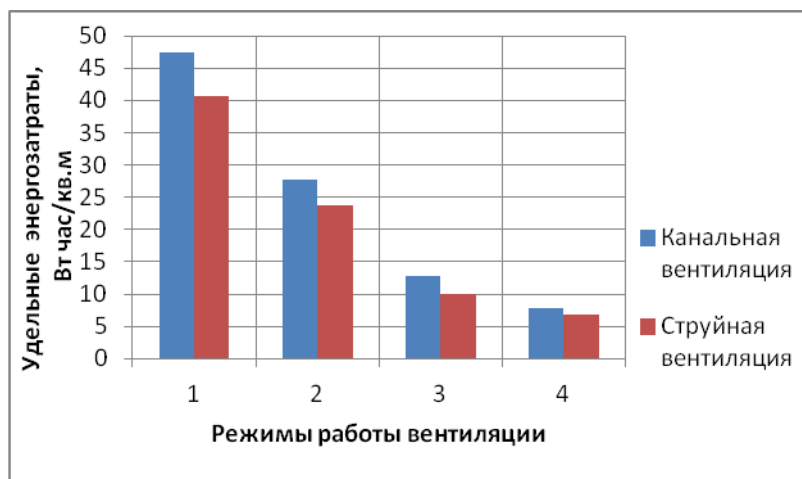


Рис. 5. График удельных среднесуточных энергозатрат канальной и струйной вентиляции, работающей в режимах, перечисленных в таблице 1

Сравнительная оценка вариантов проектных решений свидетельствует, что струйная вентиляция превосходит традиционную канальную вентиляцию по энергоэффективности во всех рассмотренных режимах работы примерно на 15 %. Преимущество струйной вентиляции в части энергоэффективности объясняется отсутствием аэродинамических потерь и утечек воздуха, характерных для традиционной канальной вентиляции, возникающих при движении воздуха по воздуховодам.

Наряду с энергоэффективностью, струйные системы вентиляции автостоянок обладают целым рядом преимуществ [3].

Компактные струйные вентиляторы заменяют сеть воздуховодов приточной, вытяжной и противодымной вентиляции, что позволяет разгрузить подпотолочное пространство, уменьшить высоту потолочных перекрытий и снизить расходы на строительство.

Продольная система дымоудаления позволяет защитить большую часть автостоянки от распространения дыма. В этом случае низкие потолки не являются фактором риска при пожаре [4].

Струйные вентиляционные системы стали стандартным техническим решением для крытых и подземных автостоянок в Германии [5] и других странах Европы, в Китае, Японии и Корее.

Далее проанализируем влияние параметров собственно струйных вентиляторов на энергоэффективность вентиляционной системы автостоянки.

В работе [6] было показано, что в зависимости от архитектурно планировочного решения автостоянки могут применяться однонаправленные и реверсивные струйные вентиляторы. Внутренний к.п.д. проточной части реверсивного вентилятора несколько ниже, чем у однонаправленного (обычного) осевого вентилятора.

Зависимости реактивной тяги струйных вентиляторов от мощности электропривода представлены на рис. 6.

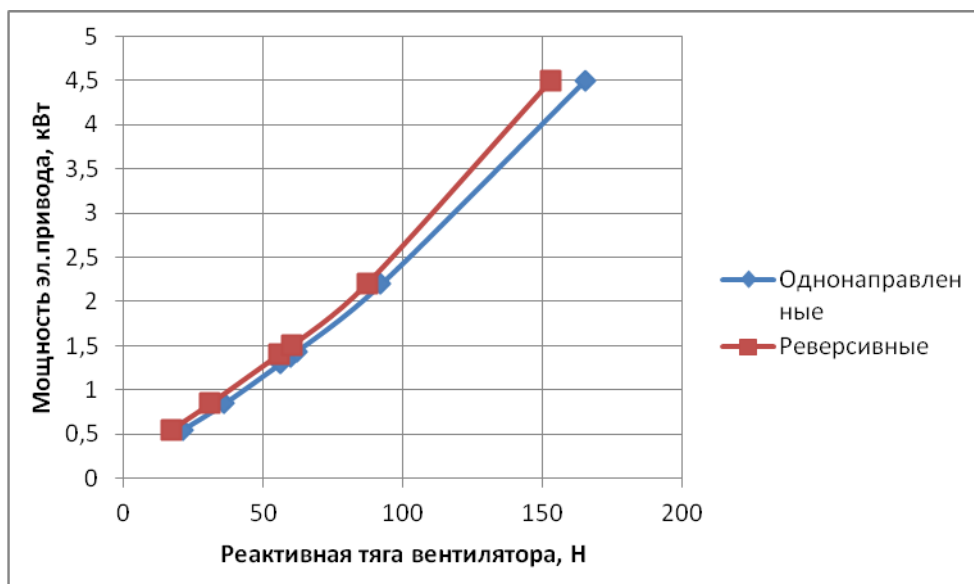


Рис. 6. График зависимости реактивной тяги струйных вентиляторов от номинальной мощности электропривода

Несмотря на то, что энергопотребление реверсивного вентилятора выше чем у аналогичной модели традиционного (однонаправленного) типа примерно на 10 %, они широко применяются в больших автостоянках площадью от 2500 до 10000 м², когда требуется минимизировать площадь локального загрязнения воздуха или задымления автостоянки при различных сценариях пожара [6].

Другим важным вопросом является выбор типоразмера вентилятора. На основе технических характеристик, позволяющих определить площадь, проветриваемую одним струйным вентилятором [7], были определены усредненные значения удельных мощностей электроприводов струйных вентиляторов, отнесенные к 1 м² проветриваемой площади. Данная характеристика представлена на рис. 7.

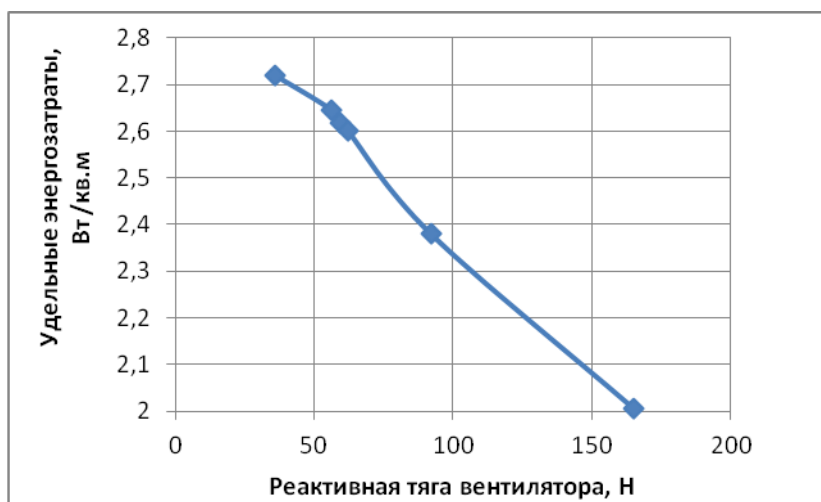


Рис. 7. График зависимости удельной мощности электропривода струйного вентилятора, отнесенной к 1 м² проветриваемой площади, в зависимости от его реактивной тяги

Учитывая данные (рис. 7), использование крупных струйных вентиляторов, имеющих реактивную тягу 50 – 150 позволяет повысить энергоэффективность системы струйной вентиляции. Однако, сложная конфигурация ограждающих конструкций (ломаный профиль стен и выступающие потолочные балки), низкие потолки не позволяют использовать крупные струйные вентиляторы. На практике в

современных автостоянках чаще используют струйные вентиляторы меньших типоразмеров с реактивной тягой около 20 – 40 Н.

Компания FlaktWoods, являющаяся крупнейшим мировым производителем вентиляционного оборудования, предлагает ряд новых технических решений, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики и в том числе энергоэффективность струйных вентиляционных систем автостоянок.

1. Плоский центробежный (роторный) струйный вентилятор, допускающий монтаж в помещениях с высотой потолочного перекрытия до 2,2 м, обладающий увеличенной реактивной тягой до 100 Н. Общий вид вентилятора представлен на рис. 8.



Рис. 8. Центробежный струйный вентилятор

2. Центробежный струйный вентилятор серии TRIX, имеющий 2, 3 или 4 выхлопных патрубка. Многофункциональный тип струйного вентилятора. Имея небольшое количество таких вентиляторов можно обеспечить режим вентиляции и дымоудаления в автостоянке сложной конфигурации. Так же как и модель (рис. 8) может монтироваться в помещениях с низким потолком. На рис. 9 показан общий вид струйного вентилятора TRIX – Т, имеющий 3 выхлопных патрубка.



Рис. 9. Центробежный струйный вентилятор TRIX – Т с тремя выхлопными патрубками

В качестве примера на рис. 10 приведена схема расположения вентиляторов TRIX в помещении со сложной конфигурацией ограждающих конструкций.

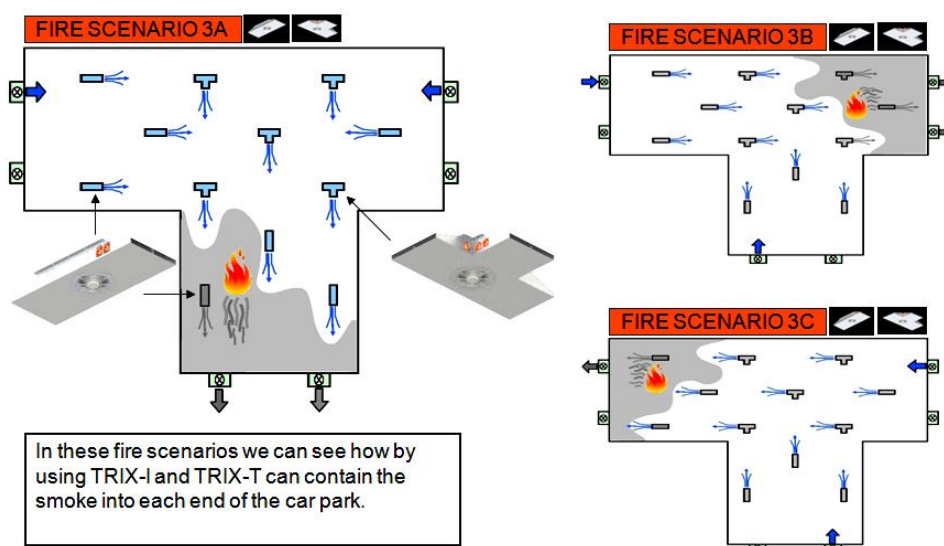


Рис. 10. Принципиальная схема струйной вентиляции автостоянки, оснащенной центробежными вентиляторами TRIX – I с двумя выхлопными патрубками и TRIX – T с тремя выхлопными патрубками при различных сценариях пожара

На рис. 10 показаны 3 различных сценария развития пожара в помещении автостоянки. В зависимости от месторасположения очага возгорания или локального загрязнения воздуха система управления включает соответствующие комбинации струйных вентиляторов и управляет включением соответствующего режима работы. Реверс воздушного потока предполагает использование реверсивных вентиляторов дымоудаления.

Режим дымоудаления при пожаре не имеет прямого отношения к оценке энергоэффективности системы вентиляции. Однако, данный режим работы является определяющим при выборе типоразмеров и количества струйных вентиляторов как режим максимальной нагрузки на вентиляционную систему. В штатном режиме вентиляции струйные вентиляторы обычно работают на 25 % максимальной мощности.

К.п.д. роторного вентилятора не зависит от направления воздушного потока. Модель TRIX – X имеет 4 выхлопных патрубка и позволяет менять направление воздушного потока на 360° с шагом 90° .

Приведенные в статье способы повышения эффективности систем вентиляции могут быть применены не только для подземных автостоянок, но и при проектировании других закрытых сооружений, в которых присутствуют выбросы вредных веществ [8]. Дальнейшее совершенствование рассматриваемых в статье систем вентиляции может быть связано с уточнение свойств веществ с помощью методов [9–13] и использованием демфирующих устройств [14–17].

Выводы

1. Струйная вентиляция превосходит традиционную канальную вентиляцию по энергоэффективности примерно на 15%.
2. Осевые струйные вентиляторы в реверсивном исполнении уступают по энергоэффективности однонаправленным примерно на 10 %.
3. Использование крупных струйных вентиляторов, имеющих реактивную тягу 50 – 150 Н, позволяет повысить энергоэффективность системы струйной вентиляции. Однако, сложная конфигурация ограждающих конструкций (ломаный профиль стен и выступающие потолочные балки), низкие потолки не позволяют использовать крупные осевые струйные вентиляторы. На практике в

современных автостоянках чаще используют осевые струйные вентиляторы меньших типоразмеров с реактивной тягой около 20 – 40 Н.

4. Плоские центробежные (роторные) струйные вентиляторы с увеличенной реактивной тягой до 100 Н допускается монтировать в помещениях с высотой потолочного перекрытия до 2,2 м.

5. Реверс или разворот воздушной струи плоского центробежного вентилятора достигается без дополнительных потерь и снижения энергоэффективности.

Список литературы

1. Вишневецкий Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2004. № 11. С 90–101.

2. Волков А.П., Свердлов А.В., Рыков С.В. Экология и расчет воздухообмена подземных автостоянок // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2014. № 3. С. 9–16.

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. Вишневецкий Е.П., Волков А.П. Противодымная защита крытых и подземных автопарковок, оборудованные струйной (импульсной) вентиляцией // Мир строительства и недвижимости. – 2012, № 44, с. 54 -56.

5. Йос Виссник, Карлос Вогет. Вентиляция в подземных гаражах. Опыт Германии // Мир строительства и недвижимости. – 2012, № 43, с. 58.

6. 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.

7. 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). С. 45–57.

8. Волков А.П., Свердлов А.В., Рыков С.В. Управление экологической безопасностью подземных транспортных сооружений при различных режимах движения транспортных средств // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2015. № 3.

9. Кудрявцева И.В., Камоцкий В.И., Рыков С.В., Рыков В.А. Расчет линии фазового равновесия диоксида углерода // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 4. С. 11.

10. Рыков С.В. Фундаментальное уравнение состояния, учитывающее асимметрию жидкости // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 1. С. 33–36.

11. Рыков С.В., Кудрявцев Д.А., Рыков В.А. Новое уравнение линии фазового равновесия R32 // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 2. С. 27–29.

12. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков В.А. Асимметричное масштабное уравнение состояния хладона R23 // Вестник Международной академии холода. 2012. № 4. С. 26–28.

13. Рыков С.В., Кудрявцева И.В. Непараметрическое масштабное уравнение и феноменологическая теория критических явлений // Фундаментальные исследования. 2014. № 9 (8). С. 1687-1692.

14. Авринский А.В., Будрин С.В., Пименов И.К., Рыков С.А. Демпфер // Патент на изобретение RUS 2060415.

15. Рыков С.А., Рыков С.В. Выбор рациональной конструкции мобильного демпфера для пластинчатых конструкций холодильных машин // Холодильная техника и кондиционирование. 2015. № 1. С. 51-58.

16. Рыков С.А., Кудрявцева И.В., Рыков С.В. Мобильные широкополосные демпферы для демпфирования колебаний пластинчатых конструкций // Холодильная техника и кондиционирование. 2014. № 3. С. 90-97.

17. Рыков С.А., Рыков С.В. Критерии оценки эффективности мобильных демпферов, установленных на пластинчатых поверхностях холодильных машин // Холодильная техника и кондиционирование. 2014. № 2 (15). С. 8-16.

Статья поступила в редакцию 29.08.2015 г.