



Реверсивная струйная вентиляция и рекуперация как новое энергоэффективное проектное решение для крупных многоуровневых автостоянок

А. В. Свердлов, генеральный директор, Fläkt Woods Россия

А. П. Волков, технический эксперт, канд. техн. наук, Fläkt Woods Россия

В отопительный период нагрев воздуха в жилых и общественных зданиях, на промышленных сооружениях составляет не менее 25–55% от расходуемого тепла [1, 2]. Мероприятия по снижению энергозатрат за счет утилизации тепла, выбрасываемого в окружающую среду с потоком вытяжного воздуха, привели к развитию различного типа рекуператоров [2], что стало целым направлением в создании вентиляционных агрегатов, оснащенных такими устройствами.

Другим альтернативным способом энергосбережения стало применение рециркуляции в системах вентиляции, позволяющей вторично использовать уже нагретый до необходимой температуры воздух из вытяжного воздуховода, смешивая его с приточным воздухом. Обязательным условием при использовании рециркуляции стало превышение фактического расхода приточного воздуха над расчетным значением, обусловленным необходимостью снижения концентрации вредных веществ в воздухе помещения до приемлемого уровня (ПДК).

Рассмотрим пример. Система вентиляции производственного помещения, совмещенная с воздушным отоплением, рассчитана в соответствии с СП 60.13330.2012. Площадь помещения $S = 150 \text{ м}^2$;

высота потолка $H = 3 \text{ м}$; норма приточного воздуха для рабочего $80 \text{ м}^3/\text{ч}$, для ИТР $= 20 \text{ м}^3/\text{ч}$. В помещении работают 15 рабочих и 3 ИТР.

Воздухообмен:

$$V_{\text{пр}} = (15 \cdot 80) + (3 \cdot 20) = 1260 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Воздушное отопление при кратности циркуляции равной 5:

$$V_{\text{от}} = 150 \cdot 3 \cdot 5 = 2250 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

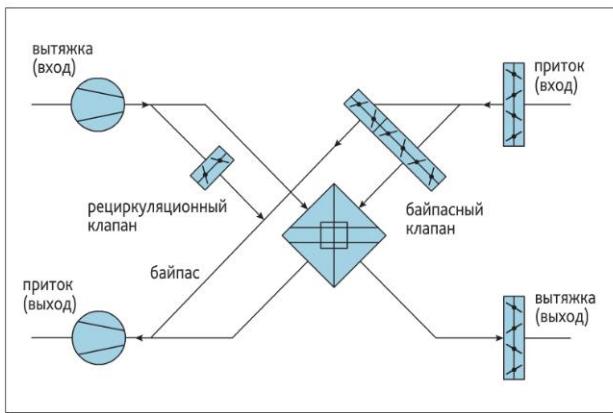
Рециркуляция:

$$2250 - 1260 = 990 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Обобщенная схема вентиляционной установки, имеющей возможность работы с рециркуляцией и рекуперацией, представлена на рис. 1.

Подземные и крытые автостоянки в течение достаточно долгого времени оставались объектом, где вопросами энергосбережения по средствам применения рециркуляции и рекуперации не занимались.

Во-первых, новые технологические решения в части вентиляции автостоянок закрытого типа разрабатывались в основном в странах Западной Европы, где климатические условия существенно мягче российских. Например, одна из первых автостоянок с укрупненными до 5000 м^2 пожарными отсеками была построена в Португалии.



■ Рис. 1. Схема вентиляционной установки с пластинчатым теплообменником в качестве рекуператора и линией рециркуляции

Во-вторых, температурно-влажностный режим в помещении автостоянки с коротким пребыванием человека допускал, по европейским нормам, использование необогреваемого помещения.

Важными особенностями современных подземных и крытых автостоянок стали отказ от традиционных канальных систем вентиляции и переход к продольным струйным системам вентиляции и дымоудаления, позволяющим уменьшить риски нахождения человека в замкнутом пространстве с высокими концентрациями выхлопных газов и высокими пожарными нагрузками [3]. Струйные вентиляционные системы подземных автостоянок стали типовым техническим решением в странах ЕС.

Общий вид автостоянки, оснащенной струйными вентиляторами, представлен на рис. 2.

Одним из важных достоинств таких систем является их высокая энергоэффективность. По сравнению с традиционными канальными системами удельные затраты электроэнергии снижаются на 10–15% [4]. Улучшаются экология и условия пребывания человека на автостоянке [5].

Наиболее остро вопросы энергосбережения стоят применительно к большим, многоярусным подземным стоянкам, где применяются реверсивные струйные вентиляционные системы [6]. На таких автостоянках площади пожарных отсеков могут достигать 5000–10000 м². Удельный расход воздуха на автостоянках общественных зданий (торговых и бизнес-центров) может приниматься в соответствии с [7] равным 12 м³/м²/ч.

В соответствии с СП 113.13330.2012 на отапливаемых автостоянках расчетную температуру воздуха следует принимать не менее 5 °C, на постах мойки, технического осмотра (ТО) и технического ремонта (ТР) – 18 °C. Будем считать, что система воздушного



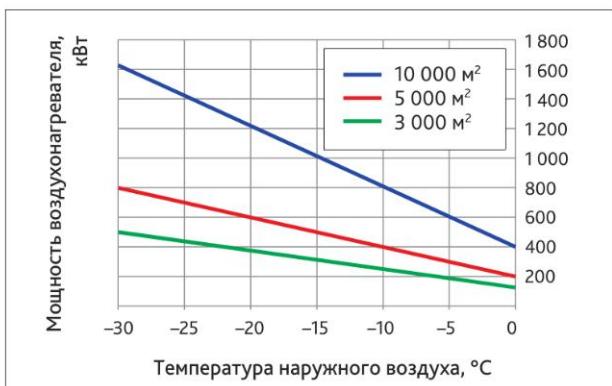
■ Рис. 2. Струйные вентиляторы, установленные на потолочном перекрытии подземной автостоянки

отопления на максимальной нагрузке должна обеспечить температуру воздуха на автостоянке не менее 10 °C.

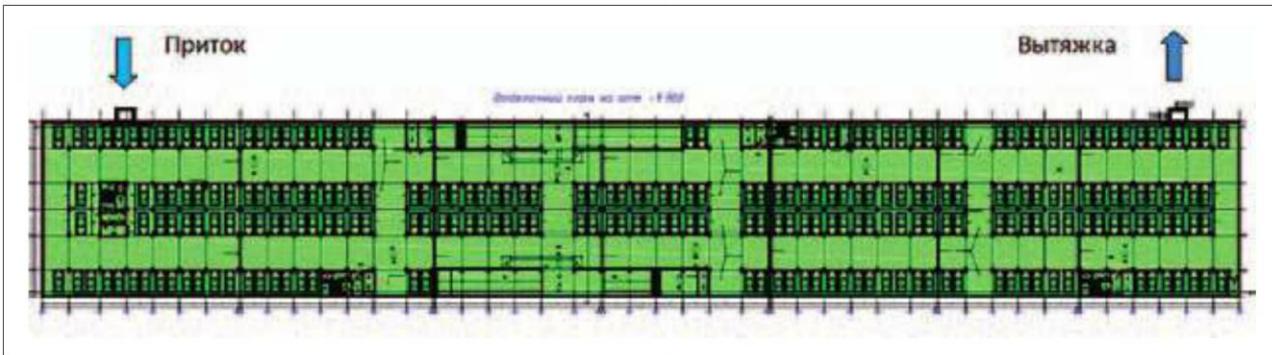
Выбирая расчетное значение площади пожарного отсека, оснащенного самостоятельной системой вентиляции, следует учитывать, что при использовании реверсивной струйной вентиляции допускается увеличение площади такого отсека до 10000 м² при автоматической (спринклерной) системе пожаротушения и до 5000 м² при ее отсутствии [6].

Зависимость мощности воздухоподогревателя при различных температурах наружного воздуха представлена на рис. 3.

Таким образом, в условиях России для современных автостоянок площадью 5000–10000 м² максимальная мощность воздухоподогревателей может составить 0,5–1,5 МВт. Очевидно, что проект



■ Рис. 3. График зависимости мощности воздухоподогревателя, предназначенного для воздушного отопления помещения автостоянки 10 000, 5 000 и 3 000 м² при различных температурах наружного воздуха (параметры воздухообмена – 12 м³/м²/ч, температура воздуха в помещении 10 °C)



■ Рис. 4. Схема расположения вентиляционных шахт приточной и вытяжной вентиляции в помещении автостоянки 10 000 м²

системы вентиляции такой автостоянки без рекуперации теплоты, выбрасываемой в атмосферу, будет энергозатратен и не конкурентоспособен.

После принятия Федерального закона №261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» [8] заказчики и инвесторы проектов автостоянок стали обращаться с запросами о разработке мероприятий по энергосбережению в системах вентиляции таких объектов.

Построение системы вентиляции в соответствии со схемой, представленной на рис. 1, применительно к автостоянке, оборудованной струйной системой вентиляции, невозможно по целому ряду причин.

В соответствии с СП 60.13330.2012 на подземных и крытых автостоянках запрещена рециркуляция воздуха, поэтому возрастает значение рекуперации. Применение наиболее распространенных способов рекуперации – роторного или пластинчатого теплообменника – также затруднено. Роторный теплообменник не гарантирует отсутствие перетечек загрязненного воздуха из вытяжного канала в приточный, что недопустимо при наличии токсичных веществ от выхлопа автомобилей в отработанном воздухе.

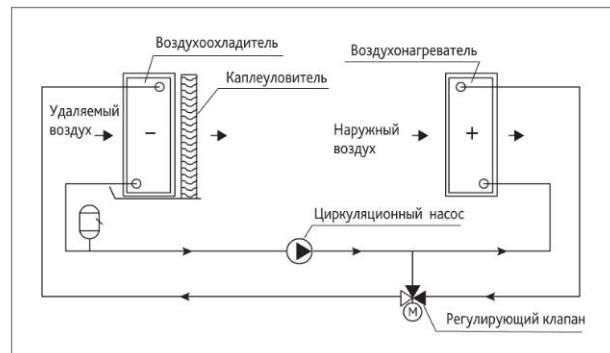
Пластинчатый теплообменник мог бы обеспечить рекуперацию в вентиляционной системе, однако необходимость транспортировки воздушных потоков к месту его установки становится существенной проблемой в случае использования струйной вентиляционной системы. Более того, внушительные габаритные размеры требуют дополнительного места для размещения пластинчатых рекуператоров.

Рассмотрим общий вид автостоянки площадью около 10 000 м², представленной на рис. 4.

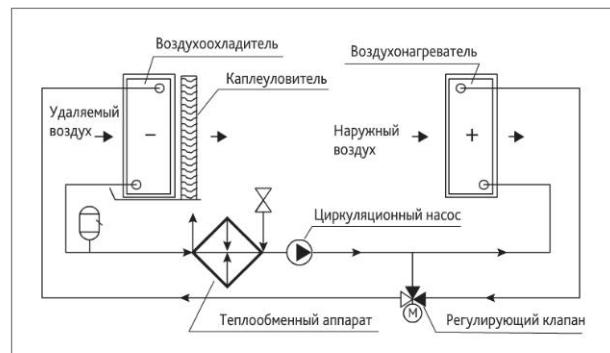
Расстояние между шахтами приточной и вытяжной вентиляции (см. рис. 4) около 200 м. Поток воздуха между притоком и вытяжкой создается при

помощи системы струйных вентиляторов, вентиляционные воздуховоды в помещении автостоянки отсутствуют. Прокладка дополнительных воздуховодов для транспортировки воздушных потоков усложнит систему вентиляции и потребует дополнительных затрат.

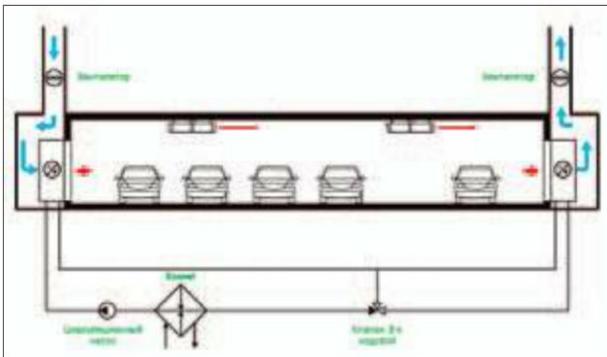
В этом случае наиболее целесообразно использование децентрализованной системы рекуперации, имеющей в своем составе промежуточный водяной (гликоловый) контур. Перенос теплоты между потоками вытяжного и приточного воздуха



■ Рис. 5. Система рекуперации с промежуточным контуром



■ Рис. 6. Схема рекуперации EcoNet с промежуточным контуром и дополнительным теплообменным аппаратом



■ Рис. 7. Схема размещения элементов EcoNet

осуществляется путем перекачки жидкого теплоносителя (гликоль) между теплообменниками, установленными в приточном и вытяжном вентиляционных каналах [2, 9]. Принципиальная схема такой установки представлена на рис. 5 [9].

Компания Fläkt Woods предлагает запатентованное техническое решение EcoNet на основе схемы (рис. 6), дополненное теплообменником в контуре теплоносителя, представленное на рис. 6.

Основное достоинство представленной на рис. 6 схемы – это возможность совместить рекуперацию и воздушное отопление в одном гликоловом контуре. Кроме того, система EcoNet удачно вписывается в помещение автостоянки, оснащенной струйной вентиляцией. На рис. 7 показана схема размещения элементов системы.

Представленное техническое решение имеет целый ряд достоинств. В системе EcoNet в качестве внешнего энергоносителя можно использовать горячую воду более низкой температуры, что дает возможность полностью утилизировать оборотную воду, например, из системы отопления. Это означает, что в оптимальных случаях температура обратной воды центрального теплоснабжения может быть уменьшена до 20–25 °C, что ведет к сокращению энергозатрат. Схема работы EcoNet зимой представлена на рис. 8.

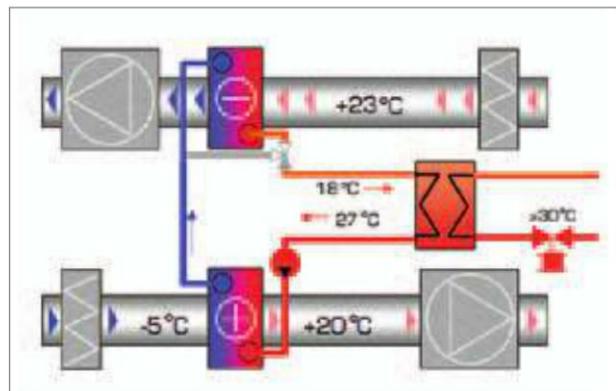
Система EcoNet может использовать горячую воду от теплового насоса при температуре около 30 °C (см. рис. 9). Чем ниже температура воды, производимой тепловым насосом, тем выше экономичность его эксплуатации. Это означает, что мы получаем более компактный и экономичный тепловой насос. Данное направление применения EcoNet считается перспективным и требует дополнительных исследований.

В работе [10] рассмотрен режим работы EcoNet в холодный период при температуре наружного

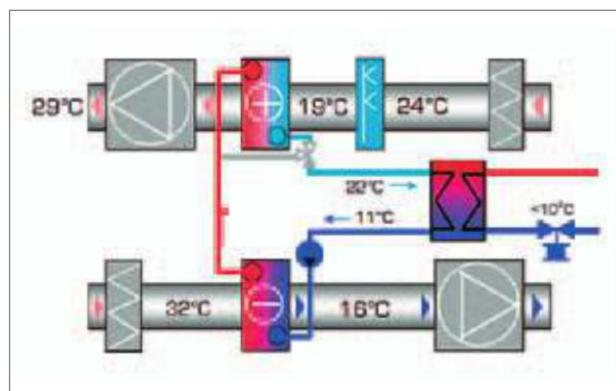
воздуха –28 °C. Система обеспечивает подогрев наружного воздуха до 20 °C, расход воздуха 10000 м³/ч. Горячая вода с температурным графиком +95/+70 °C поступает в промежуточный пластинчатый теплообменник, расположенный в системе EcoNet для нагрева теплоносителя, циркулирующего в замкнутом контуре (принято 30% этиленгликоля). В рассматриваемом режиме работы температура этиленгликолевого раствора на выходе из теплообменника в приточном канале может снижаться до –6 °C. Для уменьшения риска обмерзания теплообменника в вытяжном канале предусмотрен перепуск переохлажденной жидкости при помощи трехходового клапана (см. рис. 8).

Система EcoNet может использоваться для рекуперации холода в летний сезон. Такой вариант работы показан на рис. 9.

В системе EcoNet высокоеэффективные теплообменники могут возвращать охлаждающей воде желаемый температурный уровень без увеличения размеров охлаждающего теплообменника в вентиляционной установке, как это имеет место в традиционных системах.



■ Рис. 8. Термовая схема EcoNet (зимний период)



■ Рис. 9. Термовая схема EcoNet (летний период)



■ Рис. 10. Общий вид оборудования EcoNet

Возможна рекуперация холода при температуре охлаждающей воды до 12 °С, а это значит, что можно использовать термальную энергию грунта или морской воды.

Когда желательна более глубокая рекуперация холода – установка обработки вытяжного воздуха дооснащается увлажнительной секцией (см. рис. 9), и, таким образом, может использоваться адиабатическое испарительное охлаждение. Этот способ существенно уменьшает требование к холодопроизводительности чиллера, что ведет к уменьшению его типоразмера и снижению эксплуатационных затрат.

Общий вид оборудования представлен на рис. 10.

Система EcoNet представляет собой комплектный агрегат, в который входят: пластинчатые теплообменники, циркуляционный насос (резервирование по требованию) с частотным регулированием, расширительный бак, система гидравлической обвязки и комплексная система автоматизации с за-программированным алгоритмом работы, включающая функцию измерения эффективности.

Традиционно считалось, что системы с промежуточным жидкостным контуром теплоносителя обладают не высокой степенью рекуперации – 50–65% [2]. Система рекуперации Econet имеет более высокую энергоэффективность – степень рекуперации достигает 65–75%. Такие показатели достигнуты за счет применения высокоэффективных теплообменных аппаратов и новых технических решений, в том числе гибкой, встроенной универсальной системы управления.

Вывод

Компания Fläkt Woods Россия предлагает новое проектное решение для общеобменной вентиляции и дымоудаления многоярусных подземных и крытых автостоянок на основе реверсивной струйной

вентиляционной системы и высокоэффективной системы рекуперации EcoNet.

Литература

1. Besant R.W., Johnson A.B. Reducing energy costs using run-around systems // ASHRAE J. – 1995. – Vol. 37. № 2. P. 41–46.
2. Вишневский Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха// С.О.К. – 2004. – № 11. – С. 90–101.
3. Волков А.П. Продольная система дымоудаления в подземных сооружениях, оснащенных струйными вентиляционными системами // С.О.К. – 2013. – № 8. – С. 82–88.
4. Волков А.П., Свердлов А.В., Рыков С.В., Волков М.А. Фактор энергоэффективности при выборе параметров системы вентиляции автостоянки закрытого типа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2015. – № 3 (15). – С. 27–36.
5. 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.
6. Волков А.П., Свердлов А.В. Реверс воздушного потока при продольной вентиляции и дымоудалении подземных и крытых автостоянок // АВОК. – 2015. – № 1. – С. 34–38.
7. VDI 2053 Air treatment systems for car parks. January 2004. (VDI 2053. Системы обработки воздуха для автостоянок).
8. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями), – М., 2009.
9. Немировская В.В., Кузовлев А.В. Энергосбережение с применением утилизаторов теплоты // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2015. – № 2. – С. 14–21.
10. Свердлов А. В. Температурный расчет системы рекуперации тепла Econet // АВОК. – 2015. – № 2. С. 22. ◉

www.flaktwoods.ru

FläktWoods