



# 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 «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  $5000 \text{ м}^2$  пожарными отсеками была построена в Португалии.

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 стал отказ от традиционных канальных систем вентиляции и переход к продольным струйным системам вентиляции и дымоудаления, позволяющим уменьшить риски нахождения

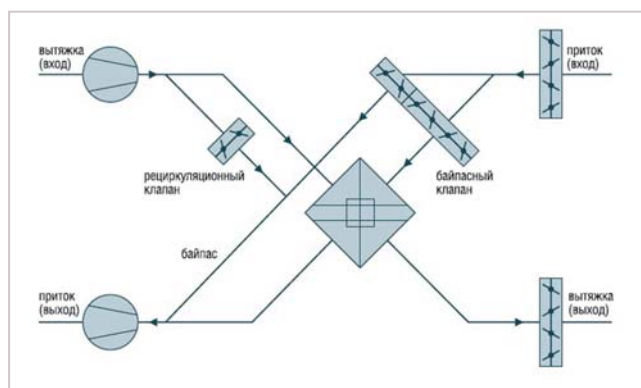


Рис. 1. Схема вентиляционной установки с пластинчатым теплообменником в качестве рекуператора и линией рециркуляции



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

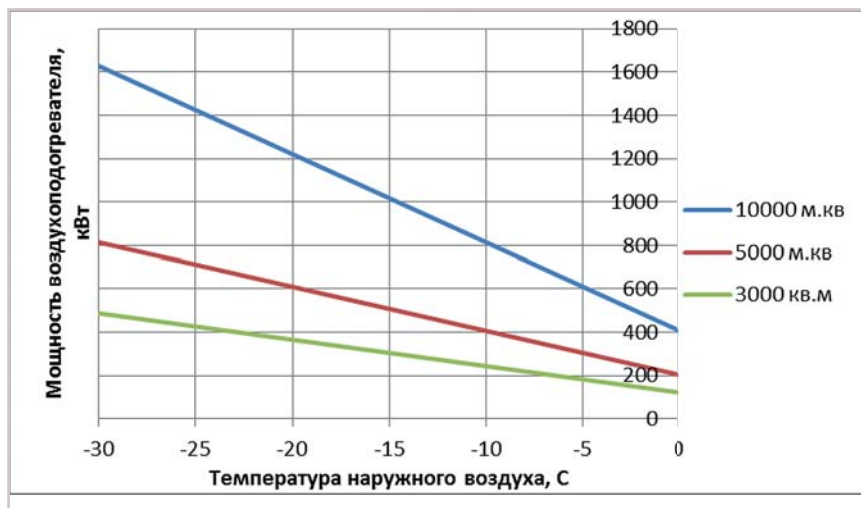
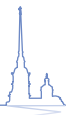


Рис. 3. График зависимости мощности воздухоподогревателя, предназначенного для воздушного отопления помещения автостоянки 10 000, 5000 и 3000 м<sup>2</sup> при различных температурах наружного воздуха (параметры воздухообмена – 12 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/ч, температура воздуха в помещении 10 °С)

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]. Улучшается экология и условия пребывания человека на автостоянке [5].

Наиболее остро вопросы энергосбережения стоят по отношению к большим, многоярусным подземным стоянкам, где применяются реверсивные струйные вентиляционные системы [6]. На таких автостоянках площади пожарных отсеков могут достигать 5000–10 000 м<sup>2</sup>. Удельный расход воздуха на автостоянках общественных зданий (торговых и бизнес-центров) может приниматься в соответствии с [7] равным 12 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/ч.

В соответствии с СП 113.13330.2012 на отапливаемых автостоянках расчет-

ную температуру воздуха следует принимать не менее 5 °С, на постах мойки, технического осмотра (ТО) и технического ремонта (ТР) 18 °С. Будем считать, что система воздушного отопления на максимальной нагрузке должна обеспечить температуру воздуха в автостоянке не менее 10 °С.

Выбирая расчетное значение площади пожарного отсека, оснащенного самостоятельной системой вентиляции, следует учитывать, что при использовании реверсивной струйной вентиляции допускается увеличение площади такого отсека до 10 000 м<sup>2</sup> при автоматической (спринклерной) системе пожаротушения и до 5000 м<sup>2</sup> 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 5000–10 000 м<sup>2</sup> максимальная мощность воздухоподогревателей может составить 0,5–1,5 МВт. Очевидно, что проект системы вентиляции такой автостоянки без рекуперации теплоты, выбрасываемой в атмосферу, будет энергозатратен и неконкурентоспособен.

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 отсутствия перетечек загрязненного воздуха из вытяжного канала в приточный, что недопустимо при наличии токсичных веществ от выхлопа автомобилей в отработанном воздухе.

Пластинчатый теплообменник может 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 м<sup>2</sup>, 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 пото-



Рис. 4. Схема расположения вентиляционных шахт приточной и вытяжной вентиляции в помещении автостоянки 10 000 м<sup>2</sup>

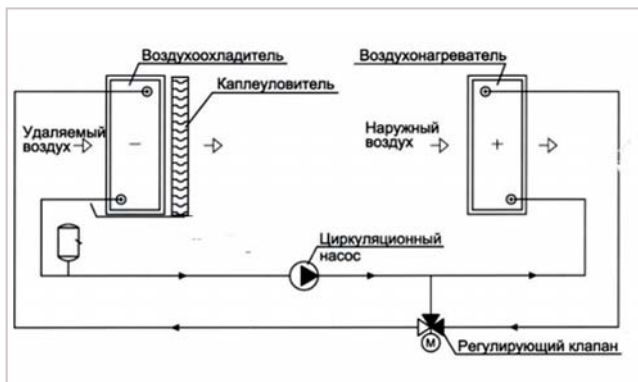


Рис. 5. Система рекуперации с промежуточным контуром

ков усложнит систему вентиляции и потребует дополнительных затрат.

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

го 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 оборотной воды центрального теплоснабжения может быть уменьшена до 20–25 °С, что ведет к уменьшению энергозатрат. Схема работы EcoNet зимой представлена на рис. 8.

Система EcoNet может использовать горячую воду от теплового насоса при температуре около 30 °С (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 °С. Система обеспечивает подогрев наружного воздуха до 20 °С, расход воздуха 10 000 м³/ч. Горячая вода с температурным графиком +95/+70 °С поступает в промежуточный пластинчатый теплообменник, расположенный в системе EcoNet для нагрева теплоно-

сителя, циркулирующего в замкнутом контуре (принято 30% этиленгликоль). В рассматриваемом режиме работы температура этиленгликолевого раствора на выходе из теплообменника в приточном канале может снижаться до –6 °С. 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 высокоэффективные теплообменники могут возвращать охлаждающей воде желаемый температурный уровень без увеличения размеров охлаждающего теплообменника в вентиляционной установке, как это имеет место в традиционных системах.

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 испари-

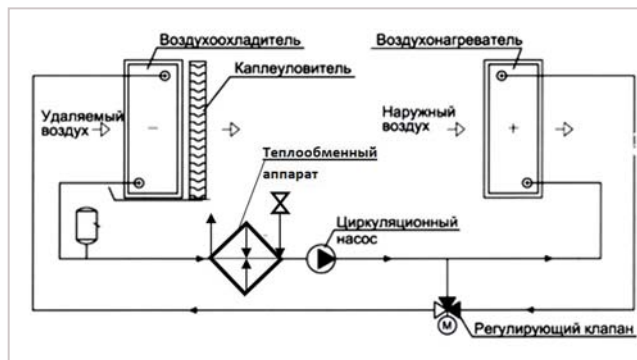


Рис. 6. Схема рекуперации EcoNet с промежуточным контуром и дополнительным теплообменным аппаратом

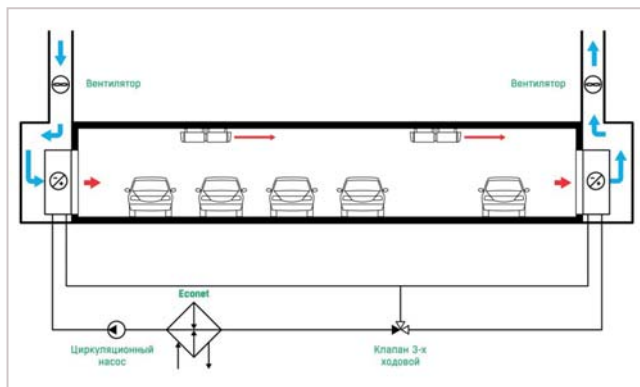


Рис. 7. Схема размещения элементов EcoNet

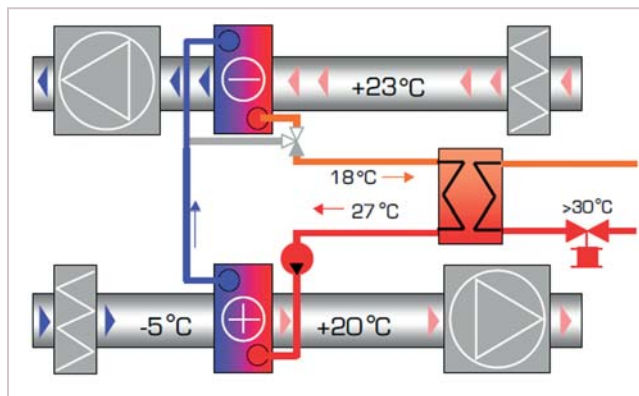


Рис. 8. Тепловая схема EcoNet (зимний период)

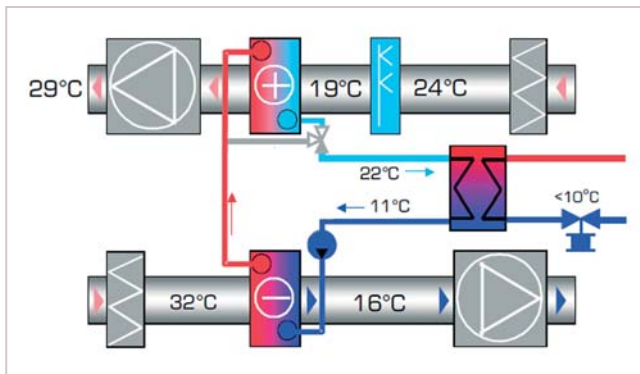


Рис. 9. Тепловая схема EcoNet (летний период)



Рис. 10. Общий вид оборудования EcoNet

тельное 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 запрограммированным алгоритмом работы, включающая функцию измерения эффективности.

Традиционно считалось, что системы с промежуточным жидкостным контуром теплоносителя обладают невысокой 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 вентиляци-

онными 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 безопасности 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).

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.



Крытая автостоянка оборудована системой струйной вентиляции

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

**FläktWoods**