Библиотека СОК

Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла

Эффективное решение энергосбережения
в климатическом оборудовании.

Прогноз стоимости электроэнергии даёт неутешительные результаты для потребителей энергии и потому проблема сбережения энергии приобретает первостепенное значение. Решение этой задачи в климатическом оборудовании откладывалось по двум причинам. Во-первых, относительная дешевизна энергоносителей до недавнего времени не способствовала решению этой задачи; во-вторых, техническое решение проблемы наталкивалось на определённые трудности, связанные с обеспечением высокого коэффициента рекуперации тепловой энергии.
Для решения задачи обеспечения высокого коэффициента рекуперации были проведены многочисленные исследования и разработаны разнообразные энергосберегающие устройства и материалы, но у большинства этих устройств коэффициент энергосбережения не достигал выгодных по экономическим показателям значений.
На сегодняшний день существует несколько принципов энергосбережения в приточно-вытяжных вентиляционных устройствах

- Сотовый ротор
- Трубчатый
- Пластинчатый
- Ротор из неупорядоченной матрицы

В ***сотовом роторе*** температура выходящего воздуха передаётся на поверхность вращающегося теплообменника, имеющего вид сот, и затем тепловая энергия, запасенная в материале, вращающегося теплообменника передаётся на входящий поток воздуха, нагревая (охлаждая) его. Достигается 70–80% возврата тепла, отсутствует фильтрация воздуха, в случае закупоривания ячеек часто невозможно их очистить и необходимо использовать сжатый воздух. Процент смешивания входного и выходного воздушных потоков – 5%.
В ***трубчатом теплообменнике*** выходящий воздух проходит сквозь трубки радиатор-конденсатора, нагревая (охлаждая) их. Внутри трубок имеется жидкий теплоноситель, по трубкам хладагент поступает во второй радиатор-испаритель, нагревая (охлаждая) его. Вентилятор сдувает с трубок теплый (холодный) воздух. Достигается 50 – 65% возврата тепла, отсутствует фильтрация воздуха. Нет смешивания воздушных потоков. Сложность проверки уровня загрязнения, при несвоевременной очистке ремонт и чистка значительно усложняются. Для очистки щелей между трубами используется сжатый воздух или вода.
В ***пластинчатом теплообменнике*** выходящий воздушный поток проходит между алюминиевыми пластинами, последние нагреваются (охлаждаются) и их температура передаётся на входной воздушный поток. Достигается 60–70% возврата тепла, отсутствует фильтрация воздуха. Нет смешивания воздушных потоков. При несвоевременной очистке ремонт и чистка значительно усложняются. Для очистки щелей между трубами используется сжатый воздух или вода.
В теплообменнике из ***неупорядоченной матрицы роторного типа*** тепловая энергия выходящего воздуха запасается в материале вращающегося теплообменника, имеющего вид матрицы, а затем эта тепловая энергия через вращающийся теплообменник передаётся на входной поток, нагревая (охлаждая) его. Процент смешивания входного и выходного воздушных потоков – не более 5%. Процент возврата тепловой энергии 90 – 96%. Происходит улавливание микропыли размером до 5μк. Сравнительная оценка различных типов энергосбережения показала, что наиболее эффективным методом решения задачи является метод, использующий неупорядоченную матрицу роторного типа.



В основу энергосбережения в теплообменнике из ***неупорядоченной матрицы роторного типа*** положен принцип работы двигателя внешнего сгорания Стирлинга. С помощью вытяжного вентилятора из вентилируемого помещения удаляется воздух, а его энергия запасается в части материала вращающегося круга, находящейся напротив вытяжного вентилятора. Через половину периода вращения круга вышеназванная часть материала оказывается напротив приточного вентилятора, который "выдувает" запасённую энергию обратно в вентилируемое помещение вместе с притоком свежего воздуха. В данный момент эта часть материала круга запасает энергию входного воздушного потока. В момент повторного нахождения рассматриваемой части круга в исходной точке запасённая энергия приточного воздушного потока "выдувается" вытяжным вентилятором, запасая энергию вытяжного воздушного потока, и цикл повторяется. В результате непрерывности вращения колеса половина материала круга имеет запасённую энергию вентилируемого помещения, а другая половина – энергию внешней среды. Таким образом, воздушный входной поток, независимо от температуры наружного воздуха, без дополнительного подогрева (охлаждения) приобретает температуру, практически равную температуре воздуха в вентилируемом помещении (эффект рекуперации). Это обеспечивается с помощью материала ***Polyester fiber,*** разработанного компанией STI (США). Материал, при практически полном пропускании воздуха, передает через вращение рекуперационного круга поглощенную энергию соответственно на нагрев для зимнего сезона (рис. 1а) и охлаждение для летнего сезона (рис.1в) входящего свежего воздуха, что позволяет более чем на 40% снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование по сравнению с обычными вентиляционными системами.

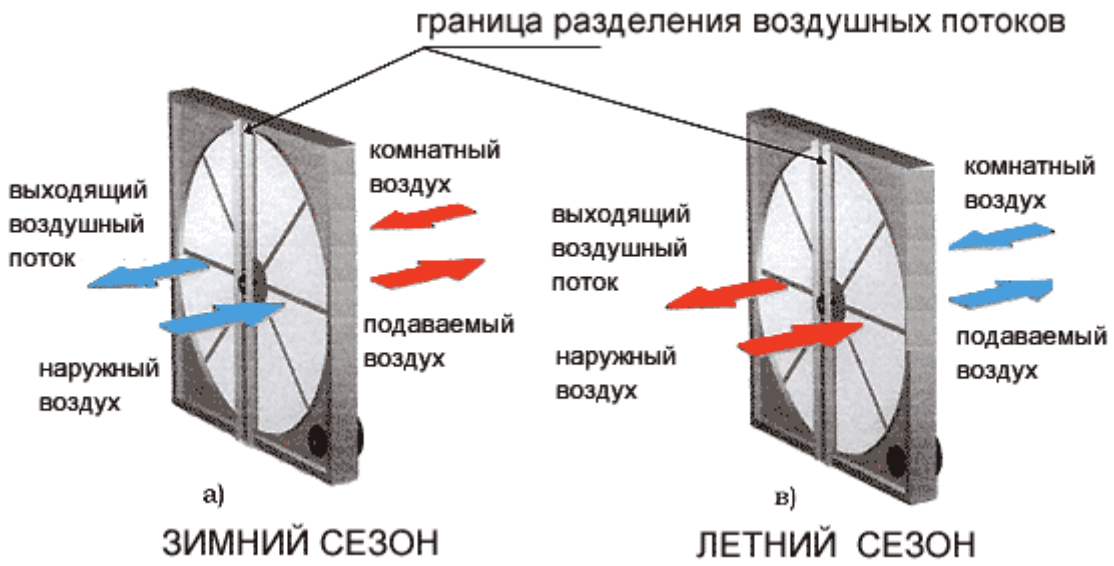


Рис.1

Используя высокоэффективную неупорядоченную матрицу роторного типа на фирме **STK (Stirling Technology Korea Inc.** Южная Корея) было разработано приточно-вытяжное энергосберегающее вентиляционное устройство ***Recoupaerator.*** Фирма **STK** в течение ряда лет представляет на мировой рынок вентиляционные установки, не имеющие аналогов в мировом климатическом оборудовании.



Отличительной особенностью предлагаемого вентиляционного устройства является то, что при использовании приточно-вытяжной вентиляции внутренняя температура помещения остаётся практически постоянной при отсутствии энергетических затрат на её поддержание в широком диапазоне изменения температуры наружного воздуха (см. таблицу). Таким образом, воздушный входной поток, независимо от температуры наружного воздуха, без дополнительного подогрева (охлаждения) приобретает температуру, практически равную температуре вентилируемого помещения (эффект рекуперации).

Н	-15	-10	-5	0	+5	10	15	**20**	25	30	35
П	18,6	18,8	19	19,2	19,4	19,6	19,8	**20**	21	22	23

Расчет проводился по формуле

$$\frac{П - Н}{К - Н} = В,$$ где

П – температура вентилируемого помещения
Н – температура наружного воздуха
К – заданная начальная температура помещения (+20^{o}C)
В – коэффициент рекуперации, равный 0,96 при нагревания (Н<20^{o}C) и 0,8 при охлаждении (Н>20^{o}C).

Эффективность работы таких устройств в значительной степени зависит от эффективной передачи больших количеств тепла при их работе. В распоряжении инженеров **STK** имеются десятки технологических экспертиз и патентов, которые широко используются в развитых странах.
Эффективность ***Recoupaerator*** была подтверждена в 1993 году Канадским исследовательским центром ORTECH INTERNATIONAL, основанным в 1928 г. и пользующимся признанием во многих развитых странах, как компания, способствующая разработкам и исследованиям в области высоких технологий. Более 2.500 предприятий из различных стран мира пользуются услугами этой организации. Компания является лучшей в области разрешения проблем бизнеса и исследования разработок и владеет более чем 75% рынка в Канаде в данной сфере.

Как указывалось выше, высокий коэффициент рекуперации (при нагревании 96%, при охлаждении 80%) достигается за счёт использования в ротационном устройстве рекуператора специально созданного материала ***Polyesther fiber.*** Ниже приведены основные технические характеристики материала

диаметр волокон материала (μк)	25 - 150
пористость (%)	83 - 96
удельный вес (г/см^3)	1,38
коэффициент теплопередачи (Вт/м^{o}C)	0,16
удельная теплоемкость волокна (Дж/м^{o}C)	1340

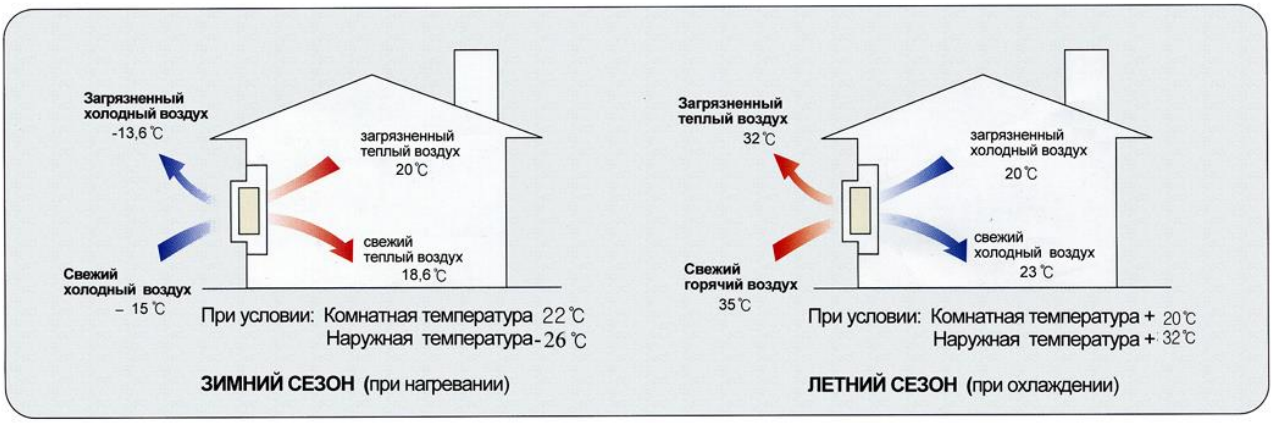
Кроме выполнения функции энергосбережения, материал ***Polyesther fiber*** осуществляет высококачественную очистку воздуха в режиме приточно-вытяжной вентиляции. Очистка воздуха осуществляется также с помощью двух фильтров, вставляемых в специальные направляющие перед приточным и вытяжным вентиляторами, что позволяет достигнуть высокий уровень очистки воздуха. Использование данного устройства позволяет избежать скопления табачного дыма и пыли, а также невидимых для глаза органических веществ.
Повышенная герметичность современных зданий наряду со снижением теплопотерь в качестве побочного эффекта при недостаточном количестве свежего воздуха может сделать внутренний воздух в 2 – 5 раз более загрязненным, чем наружный, что подтверждает распространенную ошибку отечественных пользователей, утверждающих, что наличие чистого наружного воздуха не требует установки вентиляционной системы. Именно принудительное удаление загрязненного внутреннего воздуха является необходимым условием установки вентсистемы. Вот далеко не полный перечень вредных составляющих, содержащихся в воздухе внутри помещения:

- Метаболические выделения в результате жизнедеятельности человека
- Повышенная влажность воздуха за счет внутренних источников влаговыделения
- Формальдегиды, выделяемые из отделочных материалов
- Углекислый газ (CO_2), монооксид углерода (CO), двуокись азота, образуемые в результате неполного сгорания газа и других видов топлива при отоплении
- Радон, выделяющийся из строительных материалов и дочерние продукты его распада
- Летучие органические компоненты
- Асбестовые волокна
- Аэрозоли, содержащие свинец и другие тяжелые металлы
- Биологические загрязнения, включая споры грибков, плесени, бактерии, пыльцу
- Табачный дым, устойчивые запахи
- Взвешенные механические частицы

Предлагаемое приточно-вытяжное вентиляционное устройство ***RecoupAerator*** в наибольшей степени соответствует высоким требованиям очистки воздуха. Устройство содержит два сменных предфильтра, расположенные по обе стороны от рекуперационного круга. Это позволяет проводить тройную очистку воздуха.

Поступающий в помещение внешний воздух проходит через внешний предфильтр. Находящийся между двумя предфильтрами материал рекуперационного круга также обладает отличными фильтрующими свойствами. Выбрасываемый из помещения воздух проходит через внутренний предфильтр, что позволяет предохранить материал рекуперационного круга от излишнего загрязнения.

По мере загрязнения предфильтры чистятся или заменяются, а материал рекуперационного круга чистится в стиральной машине. Срок службы материала рекуперационного круга – 20 лет. Периодичность чистки фильтров и материала рекуперационного круга зависит от степени загрязненности и в среднем составляет один раз в четыре месяца.

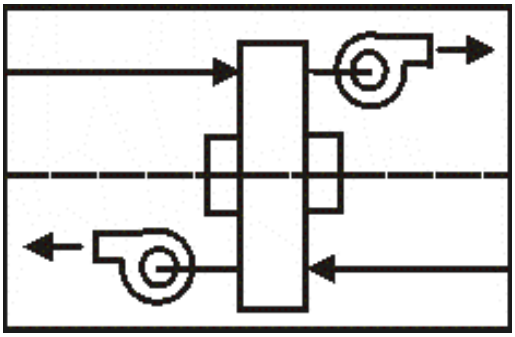


На рисунке представлено изменение температуры воздушных потоков для различных сезонов.

Частая смена направления потока воздуха в материале вращающегося круга, т.е. попеременное его нагревание и охлаждение, препятствует накоплению в нем влаги. Это приводит к поддержанию заданной влажности в вентилируемом помещении и к отказу от осушителя и дренажа.

Если вентиляция осуществляется при очень низких температурах по отношению к температуре вентилируемого помещения, на поверхности материала круга может образоваться конденсат. При температуре ниже -15°С произойдет последующее обмерзание материала, что может привести к уменьшению эффективности теплообмена. В этом случае автоматически подключается обогревающее устройство, которое поддерживает температуру входящего воздушного потока на уровне -15°С. При повышении температуры входящего воздушного потока устройство отключается.

Вентиляторы. Два вентилятора с двигателями фирмы **General Electric** создают раздельные приточный и вытяжной воздушные потоки, причем величина потоков, в зависимости от потребности, может иметь два значения и выбираться с помощью переключателя, выведенного на пульт управления.



Двигатель
энергосберегающего круга

Вращающийся элемент приводится в движение V - образным ремнем и бесщеточным редукторным двигателем, который практически не подвержен поломкам. Вращение происходит со скоростью 10 - 50 оборотов в минуту в зависимости от производительности установки. В устройстве сделан специальный электрический вывод, позволяющий отключать вращающееся колесо. Это рекомендуется делать в случае, если разница между температурой наружного воздуха и температурой вентилируемого помещения не превышает 2 - 3°С.

Корпус

Корпус изнутри выложен теплоизоляционным и звукопоглощающим материалом, что позволяет монтировать установку на открытом воздухе. В этом случае корпус должен быть помещен в защитный ящик.

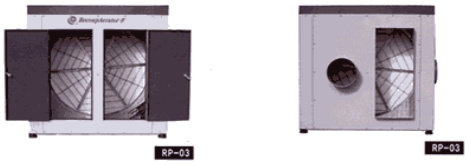
Классификация по производительности

В зависимости от производительности ***Recoupaerator*** делятся на малогабаритные (180м^3/час - 1000м^3/час) и крупногабаритные (1500м^3/час - 60000м^3/час). Малогабаритные содержат рекуперационный круг с двигателем и два вентилятора.



Малогабаритные установки

модель	объем воздуха м3/час	давление Ра	потребление электроэнергии Вт	размеры мм	Вес кг.
SD -250	*180 ~ 200*	*170*	*96 ~ 125*	*569 x 586 x 250*	*29,5*
SD - 350	*230 ~ 250*	*250*	*151 ~ 171*	*569 x 586 x 330*	*31*
SD -500	*300 ~ 350*	*300*	*180 ~ 200*	*569 x 586 x 420*	*31,5*



Крупногабаритные установки

Крупногабаритные установки содержат только рекуперационный круг с двигателем, помещенными в шкаф с выводами для подключения воздуховодов. Вентиляторы ставятся в системе разводки воздуховодов для создания приточного и вытяжного воздушных потоков требуемого давления.

модель	Объем воздуха м³/час	потребление электроэнергии кВт	размеры ширина = высота / глубина мм	размер воздуховода мм
RP-02	1.500 ~2.500	0.2	1.200 /800	900 x 400
RP-03	2.000~4.000	0.2	1.200 / 800	900 x 400
RP-05	3.500~7.000	0.2	1.700 / 800	1.400 x 500
RP-08	6.500~9.500	0.4	2.000 / 800	1.500 x 600
RP-10	8.000~12.000	0.4	2.200 / 800	1.900 x 800
RP-13	10.000~15.000	0.4	2.500 / 800	2.100 x 900
RP-15	13.000~17.000	0.4	2.700 / 800	2.400 x 1.000
RP-18	15.100~21.000	0.4	3.000 / 800	2.600 x 1.200
RP-20	17.000~23.000	0.75	3.200 / 800	2.800 x 1.300
RP-25	20.000~30.000	0.75	3.500 / 800	3.100 x 1.400
RP-30	25.000~35.000	0.75	3.700 / 800	3.300 x 1.500
RP-40	30.000~50.000	0.75	3.900 / 800	3.600 x 1.600
RP-50	40.000~60.000	0.75	4.200 / 800	3.800 x 1.900

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Компания ORTECH провела исследования согласно нормам ассоциации стандартов Канады, результаты которых представлены в нижеприведенных таблицах. При комнатной температуре 22°С были проведены исходные замеры по следующим показателям.

№/№	Наружная t^o (°С)	Скорость потока (л/сек)	Соотношение потоков входной воздух/ выходной воздух	Энергопотребление (Вт)	Эффективность энерговозврата (%)
1	0	75	1,02	227	99
2	0	82	1,01	242	97
3	0	89	1,01	256	96
4	-25	61	1,00	1,297	98

Ниже приводятся исходные замеры значений температуры, влажности и энтальпии для наружного и комнатного воздуха

Сезон	Наружный воздух				Комнатный воздух			
	t^o по сухому термом (°С)	Абс. влажн (г/кг)	Относ влажн (%)	Энтальпия (Ккал/кг)	t^o по сухому термом (°С)	Абсол влажн (г/кг)	Относит. влажн. (%)	Энтальпия (Ккал/кг)
Лето	32	23	75	21,5	26	10,67	50	12,6
Зима	0	1,32	35	0,78	23	8,88	50	10,9

Характеристики теплообменника – рекуператора можно вычислить для зимнего и летнего сезона следующим образом

$$T_п = T_н - \eta\bullet(T_н - T_к)$$

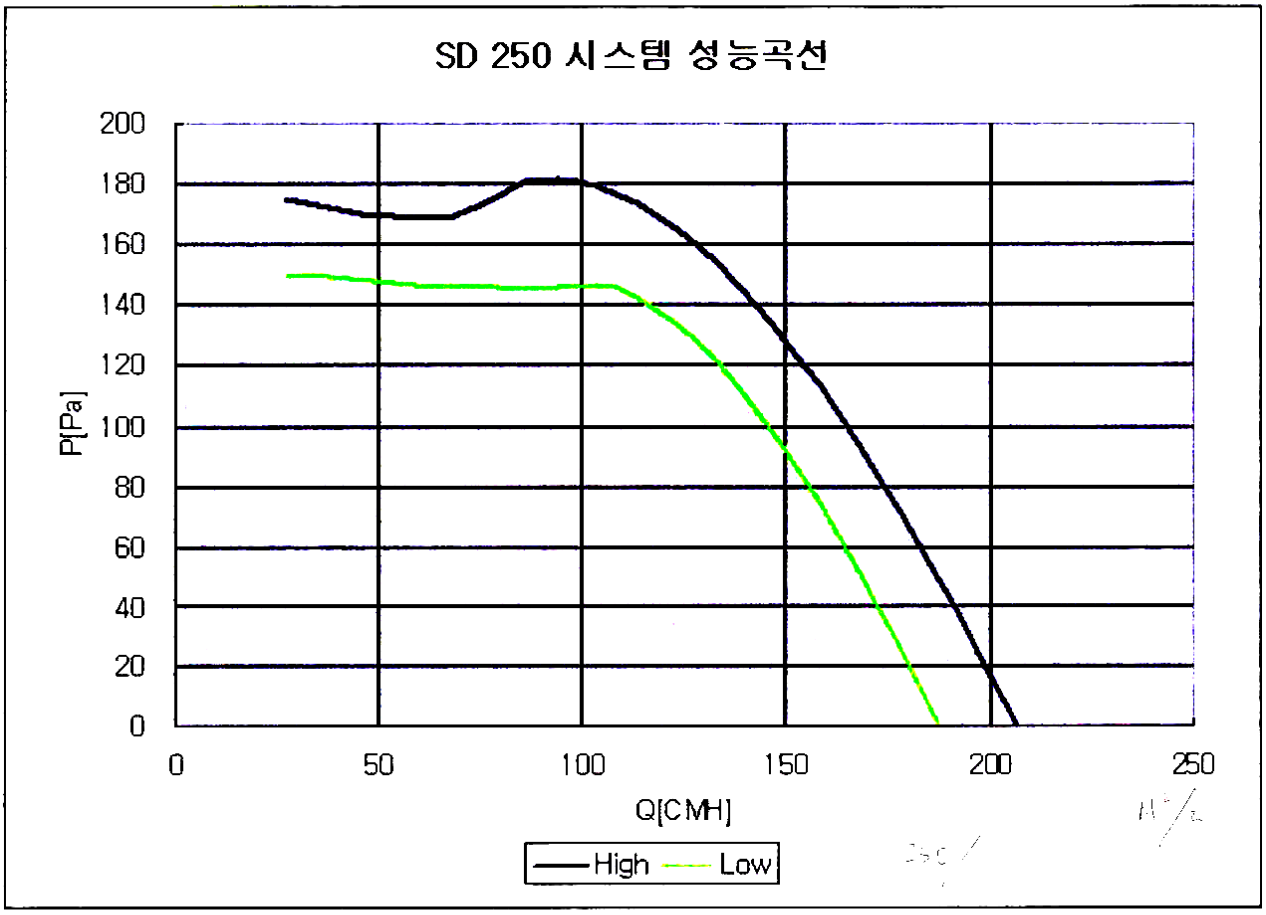
$$X_п = X_н - \eta\bullet(X_н - X_к)$$

$$I_п = I_н - \eta\bullet(I_н - I_к)$$

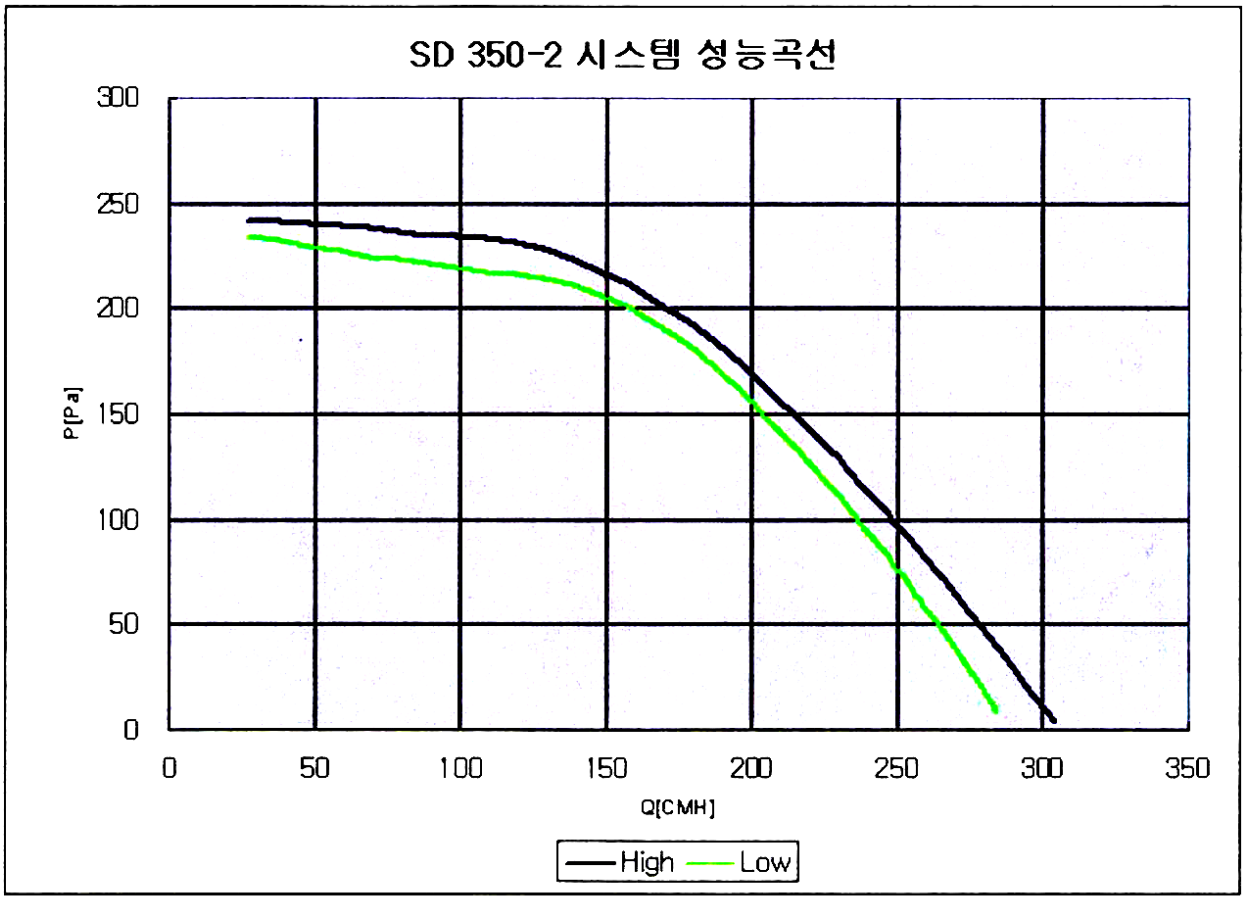
где **T, X, I** означают температуру, влажность и энтальпию, а индексы **п,н** и **к –** подаваемую, наружную и комнатную соответственно. Результаты расчётов приведены в таблице

Сезон	Параметры подаваемого воздуха после рекуператора.			
	t^o по сухому термометру (°C)	Абсол влажн (г/кг)	Относительная влажность (%)	Энтальпия (Ккал/кг)
Лето	26.3	11,28	53	13.04
Зима	21.8	8,5	52	10.4

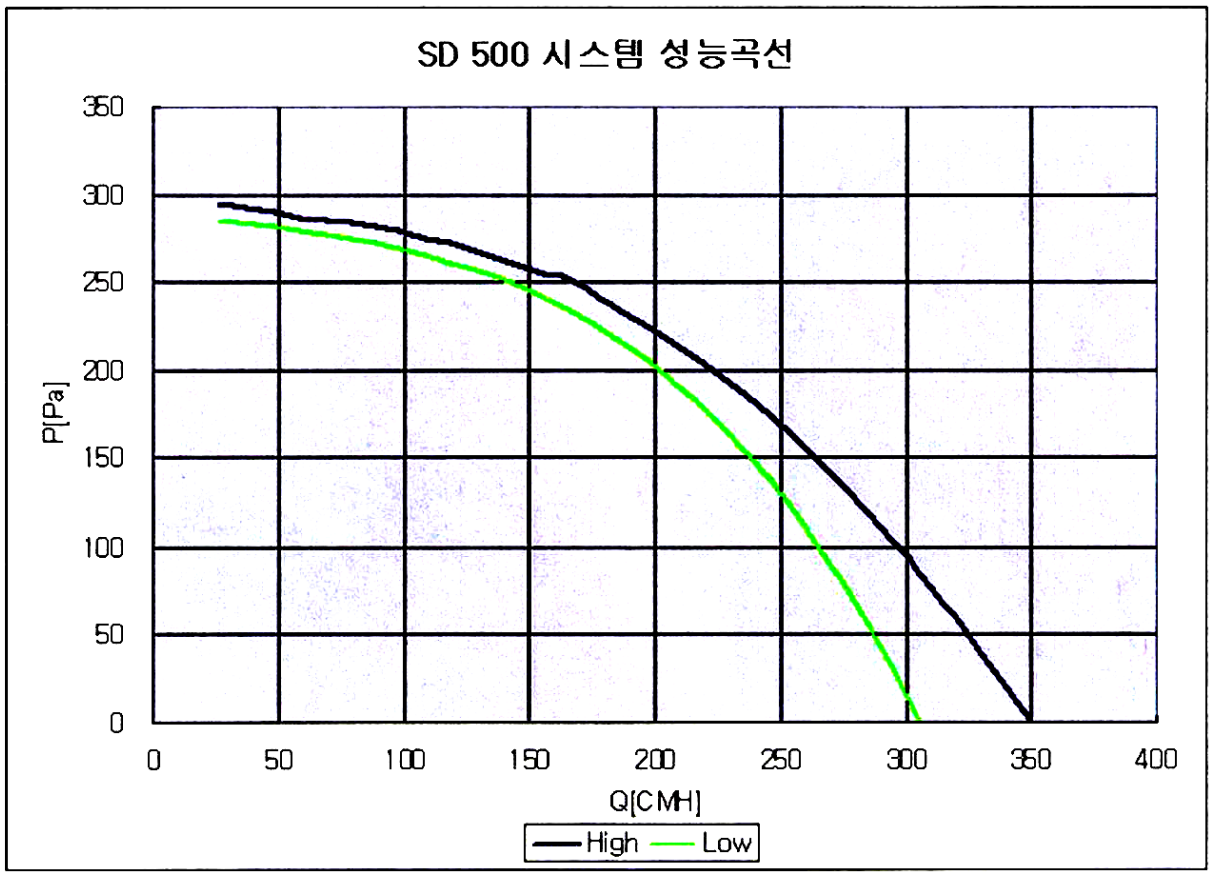
Ниже приводятся характеристики по давлениям для трёх типов малогабаритных установок. (По вертикали – давление в Паскалях, по горизонтали – производительность в $м^3$/час).



(▶주파수 60Hz의 경우이며, 50Hz시에 풍량저하가 일어날수 있슴(20%정도 다운)



▶주파수 60Hz의 경우이며, 50Hz시에 풍량저하가 일어날수 있슴(20%정도 다운)



▶주파수 60Hz의 경우이며, 50Hz시에 풍량저하가 일어날수 있슴(20%정도 다운)

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА

Малогабаритные установки поставляются в полностью собранном виде и готовы к подключению. Вентиляционные устройства могут располагаться в вертикальном (в том числе "вверх дном") и горизонтальном положениях, поставлены на консоли, на пол, на полку, размещены в инженерных сооружениях, подвалах, подсобных помещениях. Они могут устанавливаться на балконах, лоджиях, на кронштейнах за окном. В этом случае корпус устройства помещают в термоизоляционный шкаф, предохраняя его от воздействия низких температур.

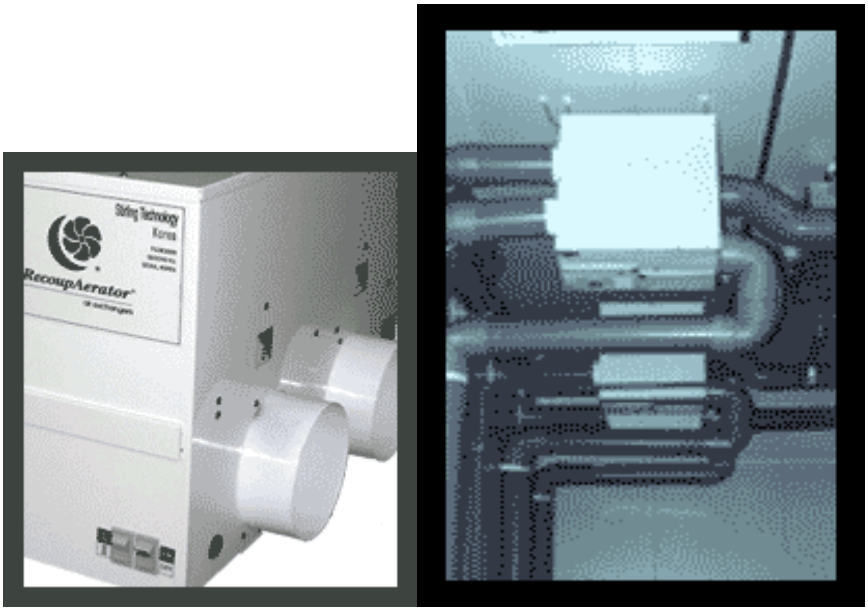


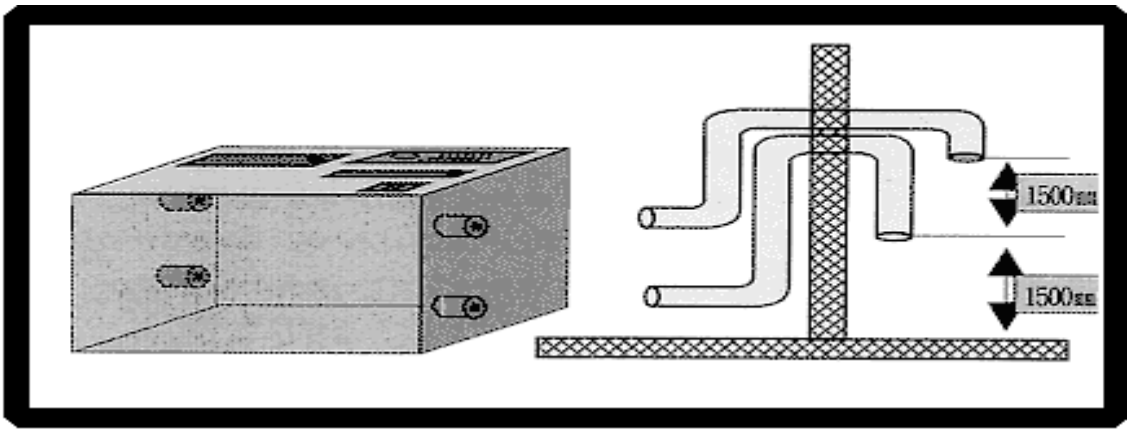
Воздуховоды

Воздуховоды должны быть подключены к установке в соответствии с направлениями потоков воздуха.

Чтобы поддерживать нормальный поток воздуха необходимо избегать использования воздуховодов меньших диаметров, чем выходные отверстия

устройства. Звукоизоляционный материал воздуховода увеличивает звукопоглощение, но при этом увеличивает воздушное сопротивление. Оцинкованные воздуховоды обеспечивают наименьшее воздушное сопротивление, но и эффект звукопоглощения мал. Оптимальным вариантом представляется выполнение воздуховодов таким образом, чтобы исходящие от установок близлежащие выводы воздуховодов со стороны вентилируемого помещения были выполнены из звукопоглощающего материала. Весь воздуховод от точки забора и выброса воздуха со стороны внешней среды должен быть выполнен из термоизоляционного материала во избежание образования конденсата в воздуховодах. Для избежания смешивания воздуха концы воздуховодов, выведенные к наружному воздуху, должны быть разнесены не менее, чем на 1,5м. Если концы воздуховодов направлены вниз, то для избежания попадания мелких частиц (в том числе насекомых, птиц) необходимо ставить сетку. Если концы воздуховодов направлены вверх, то используется крышка для предупреждения попадания воды, снега и т.п. Концы наружных воздуховодов должны отстоять от поверхности земли не менее, чем на 1,5м. Нельзя устанавливать концы воздуховодов забора и подачи воздуха в вентилируемое помещение вблизи сушилок и канализации.





ОБЛАСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- квартиры, офисы, отдельные здания, коттеджи, учебные аудитории
- оздоровительные учреждения: больницы, послеродовые комнаты
- конференц-залы, интернет - клубы, кафе, рестораны, магазины, студии, библиотеки
- заводские помещения, лаборатории

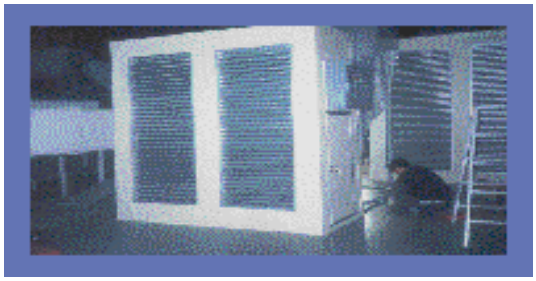


RecoupAerator
в квартире

Широкое использование на производственных и сельскохозяйственных предприятиях



Монтаж RecoupAerator в библиотеке Сеульского государственного универсститета



RecoupAerator на заводе Samsung Electronics

RecoupAerator на моторостроительном заводе ДЭУ. 18 установок -
производительность каждой установки 20.000m3/час.
общая стоимость с монтажом 900.000$
срок окупаемости - 1 год 3месяца



a. Хранилища сельскохозяйственных продуктов

В хранилище сельскохозяйственной продукции происходит газообмен, что является причиной появления испарений, которые при отсутствии вентиляции не только загрязняют воздух и снижают качество продукции, но и являются причиной гниения продуктов. С использованием ***RecoupAerator*** практически без энергозатрат обеспечивается поддержание постоянной температуры внутри хранилища и подача свежего воздуха, что устраняет негативные вышеназванные последствия.

b. Оранжереи, теплицы (выращивание овощей, фруктов, декоративных растений)

При установке рекуператора сохраняется температура внутри помещения, и растения обеспечиваются свежим воздухом, благодаря чему улучшается рост и увеличивается урожайность.

c. Животноводческие фермы, зоопарки, ветлечебницы

Хорошая вентиляция в зоопарках, ветлечебницах, животноводческих фермах является необходимым фактором для предупреждения загрязнения воздуха, устранения недостатка кислорода. При использовании ***RecoupAerator*** исчезает проблема простудных заболеваний у животных как следствие отсутствия температурных изменений в вентилируемом помещении.

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ (для SD – 500)

Определим срок окупаемости ***RecoupAerator*** **SD-500** с учётом сохранённой энергии.
Экономия электроэнергии состоит из двух составляющих – экономии за отопительный период E_x и экономии за период работы в жаркий период $E_т$. Экономия электроэнергии при использовании энергосберегающей вентиляционной установки определяется следующим выражением

$$E_x = L \cdot C_\rho \cdot \rho \cdot (K - H) \cdot D \cdot \alpha \cdot t_v / 1000 \ \text{[кВт час]}, \text{ где}$$

L – производительность установки ($м^3$/час)
C_ρ - теплоёмкость воздуха (0,24 – 0,28) (вт/кг ^oC)
ρ - плотность воздуха (кг/$м^3$)
K – заданная комнатная t^o (+20 ^oC)
H – наружная t^o
D – длительность отопительного периода (дни)
α – коэффициент рекуперации, равный 0,96 при нагревании (H<20^oC), и 0,8 при охлаждении (H>20^oC).
t_v - среднее время работы установки за 1 день (час)

Для подсчета экономии за отопительный период E_x длительность отопительного периода принимаем 213 дней, средняя t^o наружного воздуха за отопительный период $-3{,}6^oC$, время работы установки принимаем 24час. Для установки производительностью 350 $м^3$/час (расчет ведется для наименее благоприятного варианта)

$$E_x = 350 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}28 \cdot [20 - (-3.6) \cdot 213 \cdot 0{,}96 \cdot 24 / 1000 = 13620 \text{ кВт час}$$

Стоимость сэкономленной электроэнергии за рассматриваемый период

$$C_x = E_x \cdot q, \text{ где}$$

q – стоимость 1 кВт час электроэнергии 1,0 руб.)

$$C_x = 13620 \cdot 1 = 13620 \text{ руб.}$$

Для летнего периода примем среднюю t^o равной 27^oC, длительность жаркого периода 90 дней, коэффициент рекуперации установки, работающей на охлаждение 0,8. Аналогично подсчитаем сэкономленную электроэнергию

$$E_т = 350 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}28 \cdot (27 - 20) \cdot 90 \cdot 0{,}8 \cdot 24/1000 = 1422 \text{ кВт час}$$

$$C_т = 1422 \cdot 1 = 1422 \text{руб.}$$

Срок окупаемости

$$T = \frac{S}{C_x + C_т} \text{(лет)}, \quad \text{где}$$

S – стоимость установки.

Для рассматриваемой установки стоимостью 43500 руб. срок окупаемости

$$T = \frac{43500 \text{руб.}}{13620 \text{ руб.} + 1422 \text{руб.}} = 1{,}5 \text{ года}$$

ВЫВОДЫ

1. При вентиляции достигается сохранение комнатной температуры более, чем на 96%.
2. Уменьшаются на 30% затраты на охлаждение и нагревание помещения, т. к. при вентиляции меняется только воздух, а температура практически не изменяется.
3. При засушливой погоде более, чем на 60% сохраняется заданная влажность в помещении.
4. Установки помогают избавиться от грибков, пыли, плесени, табачного дыма, летучих органических соединений, что предотвращает разнообразные заболевания.
5. Установка работает практически бесшумно (не более 30 децибел), изолирует внешние шумы.
6. Значительно повышается эффективность вентиляции благодаря разделению входного и выходного воздушных потоков.
7. Не требуется нагревательный элемент при наружной температуре выше - 15°С.
8. Найдено новое концептуальное решение, приточно - вытяжной вентиляции, без повторной циркуляции комнатного воздуха, что обеспечивает здоровую и комфортную среду внутри помещения.

Следует отметить, что ***RecoupAerator*** не заменяет отопление и кондиционирование, а лишь уменьшает энергетическую нагрузку на них во время работы. Все три составляющие (отопление, кондиционирование и вентиляция) следует рассматривать как комплексную систему энергосбережения, способствующую уменьшить общие энергетические затраты. Эффективность использования энергосберегающих технологий резко повышается при регулировании подачи тепла в зимний сезон и работы кондиционера в летний сезон. Для этого должна существовать автоматическая система регулирования подачи тепла и холода в вентилируемое помещение, связанная с системой климат-контроля.

Чувин Владислав Александрович