

УДК 620.9.01

Ковальчук Артем Михайлович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри електропостачання, тел. +380967780597. E-mail: kovalchuk_artem@ukr.net (orcid.org/0000-0003-2858-8454)

Листопадська Тетяна Валентинівна, магістрант, тел. +380682029597. E-mail: lustopadskatv@ukr.net (orcid.org/0000-0002-8818-2157)

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна. Вул. Борщагівська 115, м. Київ, Україна, 03056.

ЭФЕКТИВНОСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПУ

Протягом останніх десятиліть все більше і більше зусиль прикладається вченими всього світу для знаходження нових технічних і технологічних рішень, які б сприяли скороченню споживання енергетичних ресурсів. Шлях до вирішення проблеми раціонального використання енергії - проведення активної енергозберігаючої політики та створення енергоефективного устаткування. При розробці та проектуванні систем вентиляції задача економії енергоресурсів відчувається особливо гостро: використання механічної вентиляції будівель може призвести до значних втрат енергії. Вони можуть досягати 45% і більше загальних теплових втрат будівель.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, вентиляційна установка, рекуператор, теплообмінник.

Ковальчук Артем Михайлович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри електропостачання, тел. +380967780597. E-mail: kovalchuk_artem@ukr.net (orcid.org/0000-0003-2858-8224)

Листопадська Тетяна Валентинівна, магістрант, тел. +380682029597. E-mail: lustopadskatv@ukr.net (orcid.org/0000-0002-8818-2157)

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина. Ул. Борщаговская 115, г. Киев, Украина., 03056.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПА

В течение последних десятилетий все больше и больше усилий прилагается учеными всего мира для нахождения новых технических и технологических решений, которые бы способствовали сокращению потребления энергетических ресурсов. Путь к решению проблемы рационального использования энергии - проведение активной энергосберегающей политики и создания энергоэффективного оборудования. При разработке и проектировании систем вентиляции задача экономии энергоресурсов ощущается особенно остро: использование механической вентиляции зданий может привести к значительным потерям энергии. Они могут достигать 45% и более общих тепловых потерь зданий.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, вентиляционная установка, рекуператор, теплообменник.

Kovalchuk Artyom Mikhaylovich, PhD. Sc. Science, PhD., Associate Professor of electricity, tel. 380 967 780 597. E-mail: kovalchuk_artem@ukr.net (orcid.org/0000-0003-2858-8224)

Lystopadska Tatiana Valentinovna, undergraduate, tel. 380 682 029 597. E-mail: lustopadskatv@ukr.net (orcid.org/0000-0002-8818-2157)

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", m. Kyiv, Ukraine. Street. Borschagivska 115 m. Kyiv, Ukraine, 03056.

EFFICIENCY TYPE REGENERATIVE AIR HANDLING UNITS

In recent decades, more and more effort applied by scientists around the world to find new technical and technological solutions that would help reduce energy consumption. The way to solve the problem of energy efficiency - an active energy saving policy and energy efficient equipment. In the development and design of ventilation problem saving energy is felt particularly acutely: the use of mechanical ventilation buildings can result in significant energy loss. They can reach 45% or more of total heat loss of buildings.

Keywords: energy conservation, energy efficiency, ventilation systems, heat exchanger, heat exchanger.

Вступ

Енергетична криза, яка розвинулась в усьому світі призвела до широкого впровадження в будівництво сучасних теплозберігаючих світлопрозорих конструкцій і нових технологій теплоізоляції фасадів будівель. Поява нових, абсолютно герметичних віконних

систем з пластику практично звела нанівець можливість забезпечувати притік свіжого повітря за допомогою інфільтрації. Якщо в приміщенні, в якому встановлені такі віконні блоки, відсутній притік свіжого повітря, його необхідно регулярно провітрювати. Та не завжди є така можливість, оскільки за вікном більшості жителів мегаполісів загазоване брудне повітря. Але, якщо не забезпечити в приміщенні достатній притік свіжого повітря, то буде спостерігатися нестача кисню, підвищена вологість або сухість (в залежності від пори року) і забрудненість. Також можливий варіант, коли в будинку погано працює витяжка, як наслідок – грибок на стінах та у ванній кімнаті, конденсат на вікнах та підвіконнях, підвищена вологість, псування шпалер та меблів, неприємний запах в приміщенні. Крім того, вищеперераховані явища можуть стати причиною підвищення ризику захворювань серцево-судинної та дихальної системи людини.

Постановка задачі

В процесі своєї життєдіяльності людина виділяє вологу в результаті потовиділення і при диханні. В середньому, в звичайних умовах, при диханні виділяється 40 грам/год рідини у вигляді пари. При фізичних навантаженнях кількість виділяється людиною водяної пари збільшується в кілька разів. Крім того, волога виділяється тваринами, акваріумами, рослинами; ми готуємо їжу – при цьому виділяється багато пари; також волога утворюється при умовно, прийнятті ванни і душа, миття посуду і т. д.

Європейські вчені вивчали цю проблему, так як зіткнулися з нею набагато раніше, і отримали цікавий результат: сім'я з 3-х чоловік виробляє близько 10 літрів рідини у вигляді водяної пари протягом доби. Ця волога при нормально працюючій вентиляції виводиться з витяжним повітрям, а якщо вентиляція після заходів з утеплення та заміни вікон перестав працювати або стає недостатньою, куди дівається ця волога? Відповідь на це питання дуже проста – волога накопичується в оточуючих нас предметах, будівельних конструкціях і т. д. До чого це призводить?

Надмірна вологість в приміщенні сприяє утворенню грибків, цвілі, хвороботворних мікробів, що несприятливо позначається на нашому самопочутті, здоров'я дітей і близьких.

У сучасних містах з величезною кількістю промислових підприємств, транспорту, різного роду котелень, що спалюють тонни вугілля, мазуту та ін., повітря дуже забруднене, і звичайне провітрювання шляхом відкривання вікон не завжди можливо. Особливо, в будинках, що знаходяться в безпосередній близькості від шумних транспортних магістралей, промислових підприємств та інших об'єктів, що забруднюють повітря. Що робити в такій ситуації?

Основна частина

Способів рішення даної проблеми безліч – від простого провітрювання приміщення через певні проміжки часу до облаштування центральних автоматизованих систем вентиляції. Як відомо, за способом, що викликає рух повітря, системи вентиляції бувають природні та штучні (з механічним спонуканням), за призначенням – приточні і витяжні. У кожного способу є свої переваги і недоліки.

Отже, природна вентиляція. Природний неорганізований повітрообмін у приміщення обумовлений дією двох факторів: теплового тиску і вітрового тиску. Тепловий тиск створюється різницею ваги стовпів повітря поза і усередині приміщення. Таким чином, виникає перепад тисків, що викликає повітрообмін. Дешевизна системи, простота облаштування, незалежність від електрозабезпечення поза сумнівом, є великою перевагою. Проте, продуктивність природної вентиляції безпосередньо залежить від таких природних чинників, як різниця температур зовнішнього і внутрішнього повітря, напряму і сили вітру, різниці тиску. Ця залежність робить ефективність природної вентиляції украй не стабільною. Також суттєвий недолік полягає в тому, що повітря вводиться в приміщення без попереднього очищення і підігріву, а що видаляється – не очищається від викидів і забруднює зовнішнє повітря.

Якщо ж потрібна ефективна, комфортна та енергозберігаюча вентиляційна система, яка б не залежала від погоди, то потрібно надати перевагу *приточно-витяжній механічній*

вентиляції. Хоча такий тип вентиляції і є найбільш оптимальним для забезпечення комфортних умов та санітарних норм [2] проблема витрат електроенергії на догрів або охолодження повітря залишається.

Основні переваги та недоліки природньої та примусової вентиляції наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні переваги та недоліки природньої та примусової вентиляції

Природна вентиляція	Примусова вентиляція
Простота і дешевизна монтажу;	Забезпечує провітрювання в необхідному обсязі незалежно від погодних умов;
не має жодних механізмів, що вимагають підключення до мережі електроживлення;	робить можливим інтенсивне провітрювання шляхом перемикання вентилятора на більш високу швидкість;
в ній нічого не ламається	дозволяє фільтрувати, нагрівати або охолоджувати свіже повітря, перед тим як він потрапить у приміщення;
її експлуатація дуже дешева, витрати виникають тільки у зв'язку з необхідністю виконання перевірок та чистки вентиляційних шахт;	робить можливим застосування пристроїв для рекуперації тепла з вихідного потоку повітря, завдяки чому знижуються витрати на опалення;
не шумить;	вимагає підключення до мережі живлення, споживає електроенергію;
ефективність залежить від погодних умов: при несприятливих умовах продуктивність дуже низька;	механічні елементи можуть ламатися;
регулювання інтенсивності вентиляції вельми обмежена	вентиляція не працює під час перебоїв в подачі електроенергії
взимку призводить до великих втрат тепла;	канали і вентиляційний приточно-витяжний блок займає багато місця, їх важко інсталювати, якщо вони не були запроектовані на етапі будівництва будинку.
влітку вентиляція приміщень можлива тільки при відкритих вікнах;	–
не дозволяє використовувати фільтри, а також нагрівати або охолоджувати повітря;	–
мало комфортна, з точки зору наявності протягів.	–

В сучасних будівлях з теплими стінами і герметичними вікнами в міру зниження теплових втрат через вікна і стіни все більшу роль стали грати втрати енергії на обробку повітря, що подається в приміщення. Це навіть, скоріше, не втрати, а вимушені витрати енергії, так як в холодну пору року для підтримки комфортної температури в житловому приміщенні доводиться підігрівати свіже повітря, що надходить ззовні, а в літній час - навпаки, його охолоджувати, а потім, після часткового використання, відправляти назад, тобто, в певному сенсі опалювати або охолоджувати вулицю. Що ж тут можна зробити?

Найбільш ефективним способом є технологія рекуперації, тобто утилізації теплоти.

Неконфліктне енергозбереження та збалансований приточно-витяжний повітрообмін у приміщенні забезпечують системи вентиляції з теплообмінниками - утилізаторами різних типів, які дозволяють в зимовий період використовувати теплоту повітря, що видаляється з приміщення, для нагрівання холодного повітря, що надходить у приміщення. У літній період приточне повітря охолоджується за рахунок витяжного. Також це збільшує тепловий комфорт мешканців будівлі, так як температура приточного повітря наближається до комфортного рівня.

Рекуперативна вентиляція міцно зійшла на п'єдестал лідера і залишиться там, швидше за все, надовго, адже витрати на обслуговування такої приточно-витяжної системи мінімальні.

Коефіцієнт корисної дії рекуператорів може коливатися в широкому діапазоні – від 36 до 95 %. Цей показник визначається видом використовуваного рекуператора, швидкістю руху повітряного потоку крізь теплообмінник і різницею температур відведеного і надходить повітря.

Повітря, яке подається в приміщення, необхідно підігріти в холодний період року, а в теплий період року, охолодити. У стандартній вентиляції для підігріву повітря використовують електричний або водяний нагрівач, що призводить до збільшення енергоспоживання, яке можна уникнути, якщо застосовувати системи вентиляції з рекуперацією тепла. Така система вентиляції використовує підігрів приточного повітря витяжним повітрям за допомогою спеціального теплообмінника. При роботі на охолодження досягається така ж економія, при цьому приточне повітря охолоджується за рахунок витяжного. Рекуператор утилізує не тільки явну, а й приховану теплоту повітря за рахунок використання спеціального матеріалу для повітряного теплообмінника.

Системи вентиляції з рекуперацією повітря зараз широко представлені на ринку України. Класифікація найбільш поширених з них представлена в табл. 2. Ці прилади мають мінімальні розміри, практично непомітні серед інтер'єру приміщення, є дуже тихими при режимі роботи. ККД рекуператорів дозволяє домогтися мінімум витрат на енергію при максимумі корисної роботи.

Таблиця 2

Вентиляційні установки рекуперативного типу широко представлені на ринку України

Вид рекуператора	Конструктивне виконання	Ефективність
Пластинчатий рекуператор	Касета з металевих листів (монолітну або розбірну), в якій витяжне та приточне повітря проходять по каналах, що виштампувані на листах або утворені проміжними ущільнювачами. Обидва потоки не змішуються та відбувається неминучий теплообмін за рахунок одночасного нагрівання й охолодження пластин з різних сторін.	Залежно від конструктивного виконання пластинчасті теплообмінники можуть досягати ефективності від 40 до 70% і мати втрату напору по припливу і витяжці від 50 до 250 Па.
Роторний регенератор	Короткий циліндр, начинений розташованими вздовж щільно упакованими шарами гофрованої сталі. Такий ротор розташовується в осьовому напрямку приточно-витяжної установки. Обертаючись, барабан регенератора спочатку пропускає через себе тепле витяжне, потім холодне приточне повітря.	Залежно від конструктивного виконання роторні теплообмінники можуть досягати загальної ефективності від 60 до 85% і мати втрату напору по припливу і витяжці від 75 до 500 Па.
Рекуператори з проміжним теплоносієм	Два рідинних теплообмінника, по яких циркулює розчин етиленгліколю. Такі пристрої є єдино можливими в тому випадку, коли рекуперація проходить в роздільних системах, — приточна і витяжна секції відокремлені один від одного на деякій відстані. Також використовуються у випадках, коли неприпустиме перемішування приточного і витяжного повітря.	Для досягнення максимальної ефективності даного рекуператора, необхідне регулювання потоку теплоносія відповідно до проекту.

Продовження таблиці 2		
Теплові труби	Рекуператор вкладається із закритої системи трубок, заповнених фреоном, який випаровується при нагріванні повітрям, що видаляється. Коли приточне повітря проходить уздовж трубок, пара конденсується і знов перетворюється на рідину	Ефективність теплових труб складає від 45 до 65% і може регулюватися за рахунок зміни нахилу по відношенню до вертикального положення
Водяні циркуляційні системи	Включають два оребрені теплообмінники типу «вода-повітря», об'єднаних між собою гідравлічним контуром, в якому здійснюється прокачування води або водо-гліколевої суміші. Тепло, що поглинається з одного повітряного потоку, проміжним теплоносієм переноситься в другий теплообмінник, через який передається іншому повітряному потоку.	Залежно від конструкції водо-повітряних теплообмінників і використуваної запірно-регулюючої арматури водяні циркуляційні системи можуть забезпечувати ефективність рекуперації від 50 до 65% і мати втрату напору по припливу і витяжці від 200 до 900 Па.

Одним з таких найбільш популярних пластинчатих рекуператорів є приточно-витяжна установка Lossnay, від компанії Mitsubishi. Вентиляційна установка Lossnay утилізує явну і приховану теплоту повітря, тобто майже вирівнює не тільки температуру приточного і витяжного повітря, але і його вологовміст. Матеріал рекуператора має виборчу проникність до різних газам, що забезпечує вільне проходження водяної пари і перешкоджає проникненню забруднюючих речовин (вуглекислий газ, аміак) через стінки теплообмінника.

Зовнішній вигляд такої установки представлений на рис. 1.

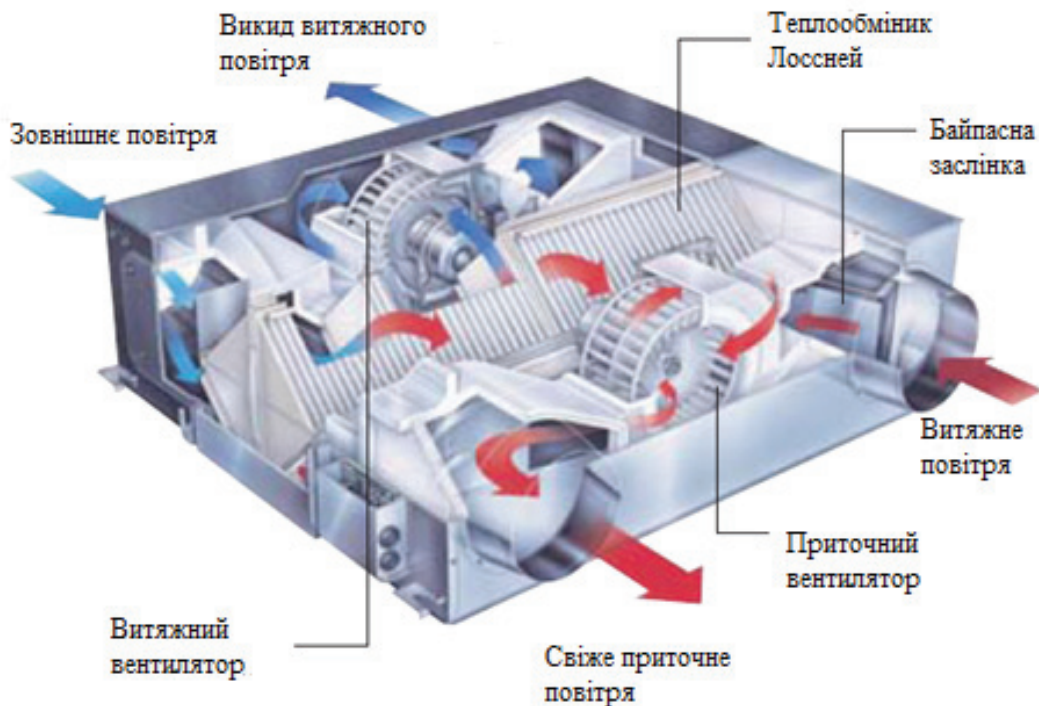


Рис. 1. Пластинчатий теплообмінник Lossney

Прорахуємо можливу економію теплової енергії, на прикладі такої установки, для приміщення з загальною подачею повітря 500 м³/год. Використаємо метеорологічні дані – температуру зовнішнього повітря та вологість –, які були взяті з архіву погоди за 28.07.14 та 28.12.14. – рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Дата	Час	Температура	Атм. Тиск	Вологість	кВт·год		Дата	Час	Температура	Атм. Тиск	Вологість	кВт·год
2	29.07.2014	0:00	+20°C	749	73	1		28.12.2014	0:00	-7°C	742	77	5,2
3	29.07.2014	1:00	+19°C	749	78	0		28.12.2014	1:00	-7°C	742	77	5,2
4	29.07.2014	2:00	+18°C	749	77	0		28.12.2014	2:00	-7°C	741	77	5,2
5	29.07.2014	3:00	+16°C	749	88	0		28.12.2014	3:00	-8°C	741	84	5,4
6	29.07.2014	4:00	+16°C	748	82	0		28.12.2014	4:00	-8°C	741	77	5,4
7	29.07.2014	5:00	+16°C	748	88	0		28.12.2014	5:00	-9°C	741	77	5,6
8	29.07.2014	6:00	+16°C	748	82	0		28.12.2014	6:00	-9°C	742	77	5,6
9	29.07.2014	7:00	+19°C	748	78	0		28.12.2014	7:00	-10°C	741	84	5,7
10	29.07.2014	8:00	+22°C	748	65	1,3		28.12.2014	8:00	-10°C	741	84	5,7
11	29.07.2014	9:00	+24°C	748	57	1,5		28.12.2014	9:00	-10°C	742	84	5,7
12	29.07.2014	10:00	+25°C	748	54	1,7		28.12.2014	10:00	-9°C	742	77	5,5
13	29.07.2014	11:00	+27°C	749	42	1,5		28.12.2014	11:00	-8°C	742	70	5,4
14	29.07.2014	12:00	+28°C	749	40	1,7		28.12.2014	12:00	-7°C	742	64	5,3
15	29.07.2014	13:00	+28°C	749	37	1,4		28.12.2014	13:00	-6°C	742	59	5,2
16	29.07.2014	14:00	+29°C	749	33	1,4		28.12.2014	14:00	-5°C	743	54	5,1
17	29.07.2014	15:00	+29°C	749	31	1,3		28.12.2014	15:00	-6°C	744	54	5,2
18	29.07.2014	16:00	+29°C	748	31	1,3		28.12.2014	16:00	-6°C	744	54	5,2
19	29.07.2014	17:00	+29°C	748	29	1,1		28.12.2014	17:00	-7°C	745	64	5,3
20	29.07.2014	18:00	+28°C	747	33	1,1		28.12.2014	18:00	-7°C	745	59	5,4
21	29.07.2014	19:00	+27°C	747	32	0,8		28.12.2014	19:00	-7°C	745	59	5,4
22	29.07.2014	20:00	+26°C	747	37	0,9		28.12.2014	20:00	-7°C	745	64	5,3
23	29.07.2014	21:00	+24°C	747	44	0,8		28.12.2014	21:00	-8°C	745	70	5,4
24	29.07.2014	22:00	+19°C	747	64	0		28.12.2014	22:00	-8°C	746	70	5,4
25	29.07.2014	23:00	+19°C	747	64	0		28.12.2014	23:00	-8°C	746	77	5,4
26	Сумарна економія теплової енергії за добу					18,8		Сумарна економія теплової енергії за добу					129,2
27													

Рис. 2. Метрологічні дані за 28.07.14 та 28.12.14

Провівши моделювання процесів рекуперації тепла вентиляційного повітря на базі ретроспективних даних для київського регіону по вищезазначених датах отримали наступні результати на рис.3 :

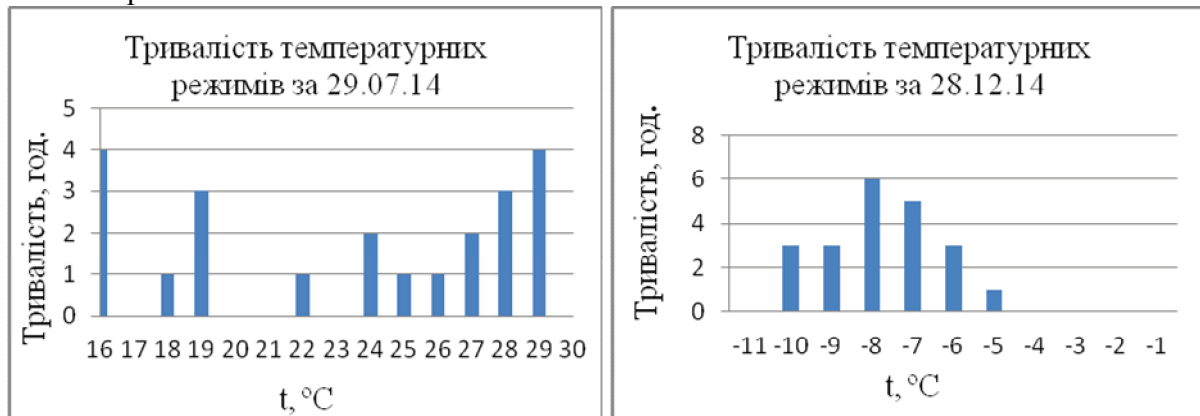


Рис. 3. Тривалість температурних режимів за 28.07.14 та 28.12.14

Розрахункова внутрішня температура 20°C, вологість 50%. В результаті розрахунку для моделі Lossnay LGH-50RX5-Ex в літню пору року економія теплової енергії становить 18,8 кВт·год/добу, взимку – 129,2 кВт·год/добу.

Аналогічні розглянемо найтеплішу та найхолоднішу добу зими та літа в якості пікових точок для чіткого розуміння можливого потенціалу енергозбереження при впровадженні даної технології. Найхолоднішим днем літа в 2014 є 16.06.14, а найтеплішим 04.08.14. Для зими це 08.01.15 та 24.12.14 відповідно. Графіки наведені на рис. 4 та рис. 5.

З отриманих результатів видно, що діапазон зміни потенціалу економії теплової енергії напряму залежить від погодних умов. Взимку, коли різниця внутрішньої та зовнішньої температур є найбільшою, маємо 151,8 кВт·год/добу зекономленої теплової енергії.

Беручи до уваги невпинний ріст тарифів на ЖКГ дані цифри є досить вагомими. Можливо такий шлях ефективного енергозбереження набуде широкого використання в Україні і в найближчому майбутньому саме вентиляція рекуперативного типу буде зустрічатися в кожній будівлі?!

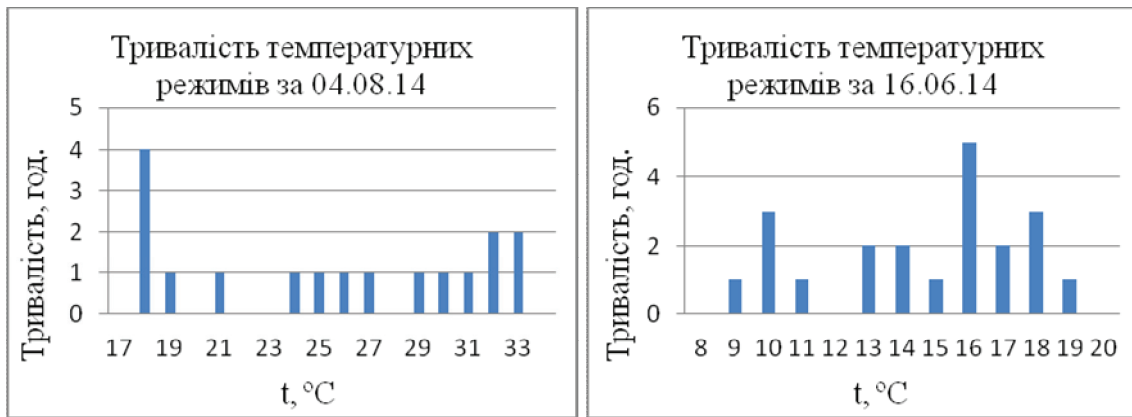


Рис. 4. Тривалість температурних режимів за 04.08.14 та 16.06.14

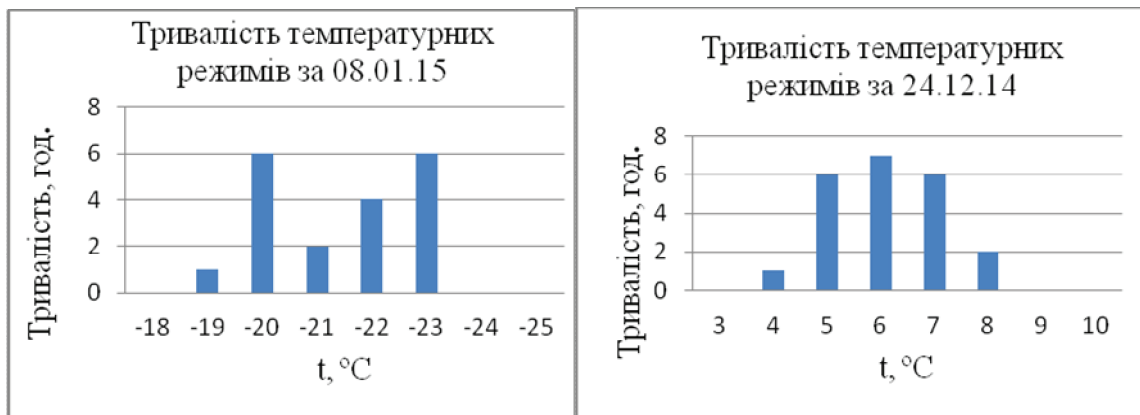


Рис. 5. Тривалість температурних режимів за 08.01.15 та 24.12.14

Економія теплової енергії, яка змінюється в залежності від температурного режиму наступна:

Дата	04.08.14	16.06.14	08.01.15	24.12.14
Економія теплової енергії, кВт·год/добу	41,5	13,3	151,8	59,5

Висновки

1. Якщо порівнювати ефективність традиційної природної каналної витяжної вентиляції та інженерних систем нового покоління за критеріями якості повітря, витрат теплової енергії в системах вентиляції та акустичного режиму, можна зробити висновок, що найкращим є приточно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням і утилізацією теплоти вилученого повітря в рекуперативних теплообмінниках.

2. Установка і монтаж приточно-витяжних систем вентилявання найбільш актуальна не тільки в житлових квартирах, але й у великих приміщеннях громадського типу (бібліотеках, їдальнях, театрах, готелях, вокзалах, офісних центрах). Типи рекуперативних систем вентиляції дозволяють встановити обладнання в будь-якому будинку: одно- або багатоповерховому, приватного типу, котеджах. Враховуючи, що рекуперативні системи вентиляції все більш набувають популярності варто зосередитися на цій досліджені цієї теми і ефективного впровадженню.

3. Діапазон зміни потенціалу економії теплової енергії, від використання вентиляційної установки рекуперативного типу, напряму залежить від погодних умов. Взимку економія теплової енергії є більш суттєвою ніж влітку.

Список використаної літератури:

1. Суходуб І. О. Енергетичні процеси перехресноплинного рекуперативного теплоутилізатора систем вентиляції // міністерство освіти та науки України національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут», –2014.

2. Барон В. Г. Взаплив рекуператорів тепла витяжного повітря і вентиляційних каналів в сучасних спорудах // Новини теплопостачання. – 2008. – № 3 (91). – С. 46–48.

3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

4. Гершкович В. Ф. Енергозберігаючі системи житлових будівель. Посібник з проектування [Електронний ресурс] // СОК – 2006. – № 8. Режим доступу: <http://www.cok.com.ua/content/view/467/01.09.2013>.

5. Богословський В. Н. Теплофізика апаратів утилізації тепла систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря / В. Н. Богословський, М. Я Поз. – М. : .

6. Теплообмінники. Визначення експлуатаційних характеристик теплообмінників та загальна методика випробування для встановлення експлуатаційних характеристик усіх теплообмінників: ДСТУ EN 305-2001 – [Чинний від 01.04.02]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 15 с.

7. Беккер А. Системи вентиляції / А. Беккер – М. : Техносфера, Евроклімат, 2005. – 232 с.

8. Нестеренко О. В. Основи термодинамічних розрахунків вентиляції та кондиціонування повітря: Навч. посібник, вид. 3, доп. / А. В. Нестеренко. – М. : Вища школа, 1971. – 460 с.

9. Гусев В. М. Теплотехніка, опалення, вентиляція і кондиціонування повітря: Підручник для вузів / В. М. Гусев, Н. І.Ковалев, В. П. Попов, В. А. Потрошки, під ред. В. М. Гусєва. – Л. : Стройиздат, 1981. – 343 с.,

10. Системи вентиляції та кондиціонування. Теорія і практика. / В. А. Ананьев [и др.] / – Евроклімат, 2001. – 416 с.

References:

1. Sukhodub I. O. Energetichni regenerative processes perehresnoplinnogo teploutilizatora systems ventilyatsii // ministerstvo osviti is the science of Ukraine natsionalny tehnicny universitet Ukraine "Kiev The politehnicny institut" – 2014.

2. Baron V. G. Vzavpliv rekuperatoriv heat vityazhnogo povitrya i ventilyatsiynih kanaliv in Suchasna sporudah // News teplopstachannya. – 2008. – № 3 (91). – P. 46–48.

3. DBN V.2.5-67: 2013. Seared, ventilyatsiya that konditsionuvannya.

4. Hershkowitz V. F. Energozberigayuchi Sistemi zhitlovih budivel. Posibnik s proektuvannya [Electron resource] // СОК - 2006. – № 8. Mode of access: <http://www.cok.com.ua/content/view/467/01.09.2013>.

5. Bogoslovsky V. N. Teplofizika aparativ utilizatsii heat scorched systems, ventilyatsii that konditsionuvannya povitrya / VN Bogoslovsky, M. I Pos. – М. : .

6. Teploobminniki. Vznachennya ekspluatatsiynih characteristics teploobminnikov that zagalna technique viprobuvannya for vstanovlennya ekspluatatsiynih characteristics usih teploobminnikov: DSTU EN 305-2001 – [Chinny od 01.04.02]. – К. : Derzhspozhivstandart Ukraine, 2003. – 15 p.

7. A. Becker. Sistemi ventilyatsii / A. Becker. – М. : Technosphere, Evroklimat, 2005. – 232 p.

8. Nesterenko O. V. Basics of termodinamichnih rozrahunkiv ventilyatsii that konditsionuvannya povitrya: Navch. posibnik, look. 3, ext. / A. V. Nesterenko. – М. : Vishcha School, 1971. – 460 p.

9. Gusev V. M. Teplotehnika, Seared, ventilyatsiya i konditsiyuvannya povitrya: Pidruchnik for vuziv / V. M. Gusev, N. I. Kovalev, V. P. Popov, V. A. Giblets, pid ed. V. M. Guseva. – L.: Stroyizdat, 1981. – 343 p.,

10. The system ventilyatsii that konditsionuvannya. Teoriya i practice. / V. A. Ananayev [et al.] / - Evroklimat, 2001. – 416 p.

Поступила в редакцию 16.03 2015 г.