Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра енергозбереження та енергетичного менеджменту

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА РОЗПОДІЛІ ПОВІТРЯ У ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Виконав ст. гр. ЕМм-61
Івасюк А.Р.

Керівник: к.т.н., доц.
Зінь М.М.

Тернопіль - 2017

Мета роботи

Об'єктом дослідження є процеси тепло- та масоперенесення у житлових приміщеннях.

Предметом дослідження є системи вентиляції і кондиціонування повітря, що використовуються в житлових приміщеннях.

Метою роботи є встановити енергетичну та економічну ефективність бюджетних систем вентиляції житлових приміщень, та запропонувати енергоефективну систему прямоточної вентиляції, яка б забезпечувала чистий мікроклімат у приміщенні.

Наукова новизна, практичне значення

Наукова новизна.

1. Запропонована методика техніко-економічної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів із врахуванням механізму дисконтування на нарощування доходів.
2. Розроблено принципову схему енергоекономної прямоточної установки підготовки повітря, що включає тепловий насос з можливістю регулювання теплопродуктивності (холодопродуктивності) теплообмінників, для чистих житлових приміщень.

Практичне значення.

1. Розроблено установку кондиціонування повітря на основі запропонованої схеми на основі використання стандартних функціональних елементів.
2. Встановлено, що максимальний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів у системах кондиціонування може бути досягнутий лише в разі їх масового використання, причому при високих значеннях вартості теплової енергії цей ефект буде більш виражений.
3. Результати дослідження можуть використовуватися в навчальному процесі з дисциплін, що читаються на кафедрі енергозбереження та енергетичного менеджменту, а саме: «Енергетичні системи забезпечення життєдіяльності людини» та «Забезпечення енергоощадності цивільних та промислових споруд».

Системи вентиляції

Системи вентиляції розділяють за призначенням на:

- **припливні,** які подають повітря у приміщення, **та витяжні**, які забирають відпрацьоване (забруднене) повітря із приміщений та викидають назовні, крім цього, дані вентиляційні системи можуть бути:

✔ - **загальнообмінні,** коли вентилюється (провітрюється) все приміщення (або його робоча зона) при наявності розосереджених джерел шкідливих виділень рівномірно по площі приміщення;

✔ - **місцеві**, коли видаляється повітря безпосередньо від обладнання (джерела шкідливих виділень) або подається повітря у яку-небудь визначену частину приміщення, чи на фіксоване робоче місце.

Способи забезпечення необхідного повітрообміну в будинках

Найбільш широко застосовуються:

- авторегульована (гігрорегульованої) системи вентиляції з природнім притоком через приточні клапани (див. слайд 6) та із природною витяжкою через гігрорегульовані витяжні решітки (див. слайд 7, а);

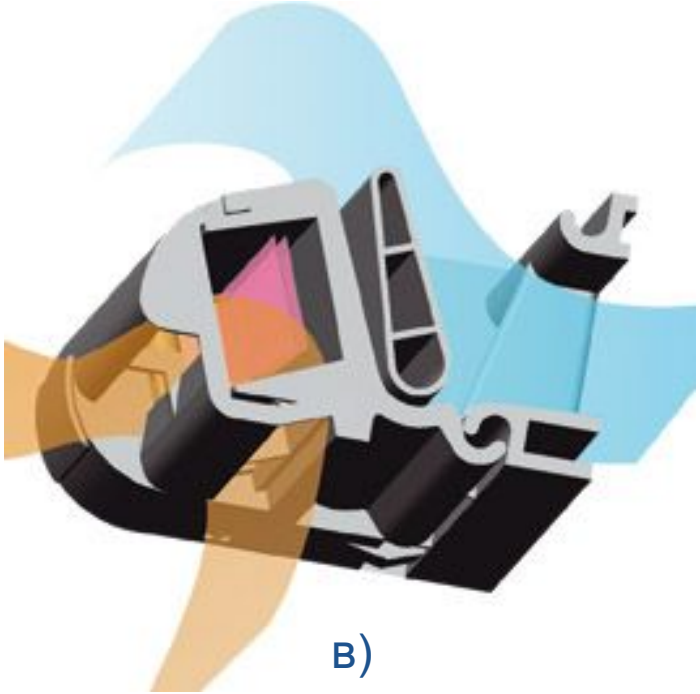
- авторегульована (гігрорегульованої) системи вентиляції з природнім притоком через приточні клапани та із механічною витяжкою через гігрорегульовані витяжні решітки (див. слайд 7, б);

- механічна приточно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти повітря, яке видаляється із приміщення (див. слайд 8).

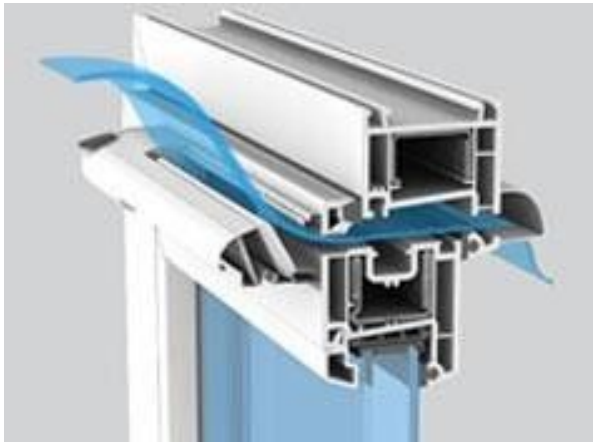
Авторегульована (гігрорегульованої) системи вентиляції з природнім притоком через приточні клапани

а)

б)



в)

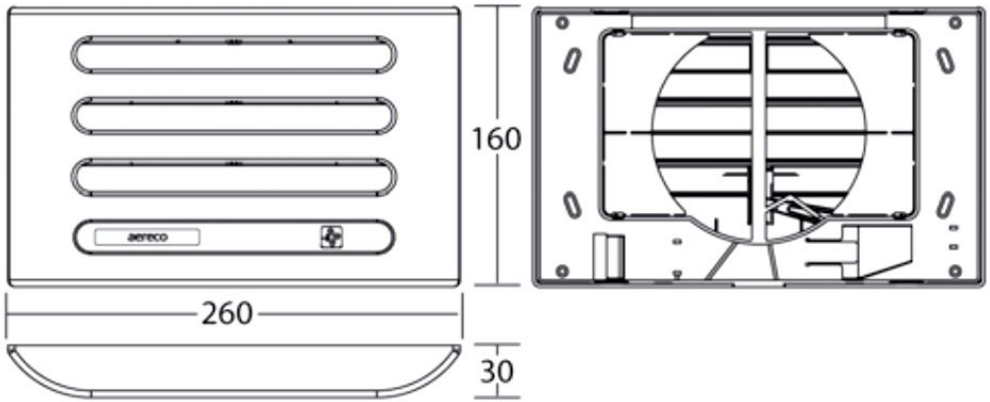


г)

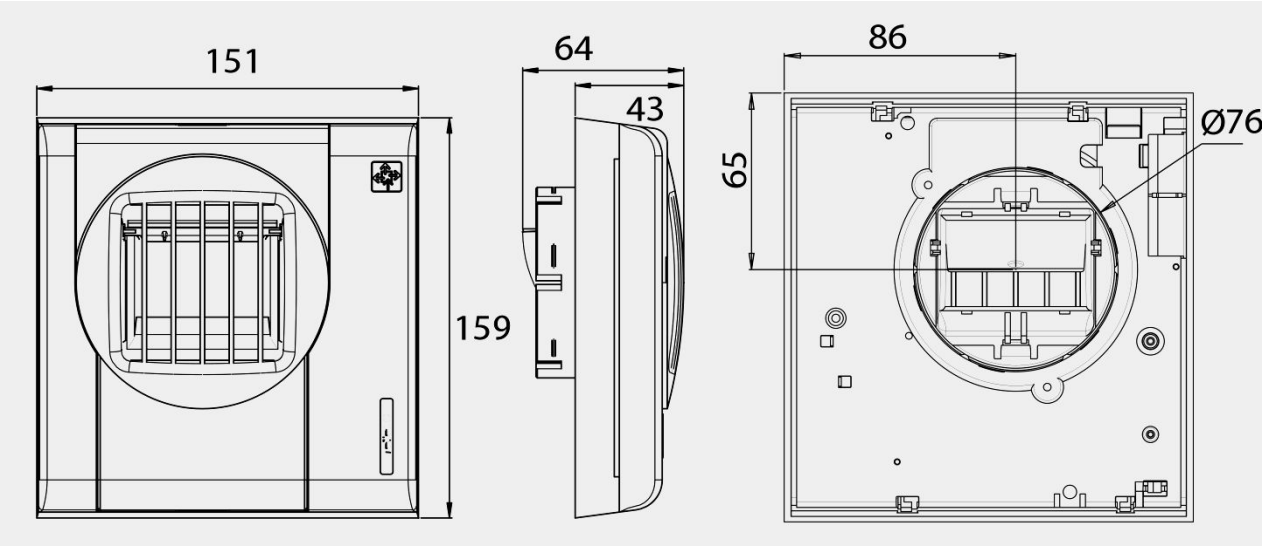
Приточний клапан ЕММ 707:
а) зовнішній вигляд; б) монтаж; в, г) принцип дії

Гігрорегульована витяжна решітка

а)



б)



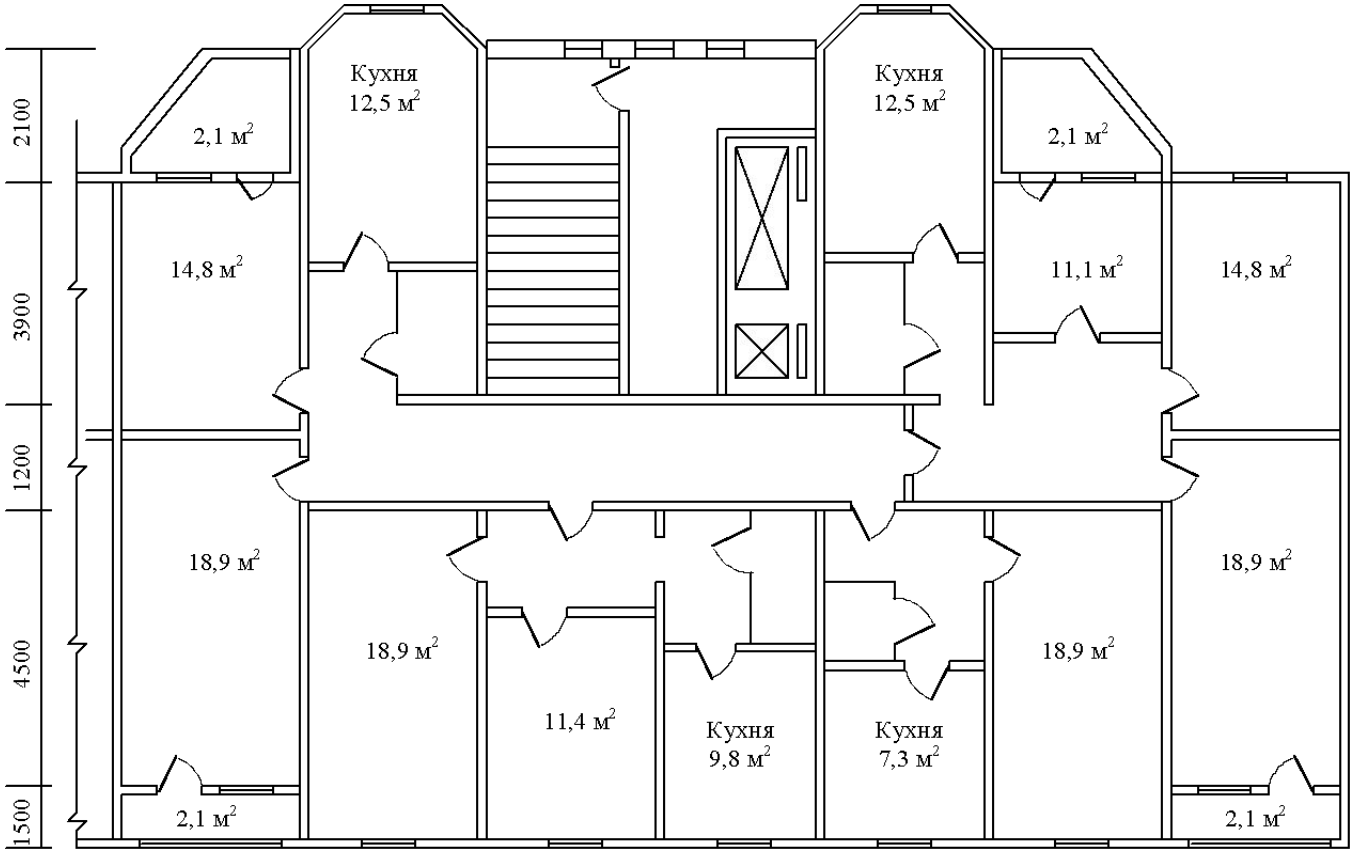
Витяжна решітка : а) GHN; б) BXS

а)

б)

а) зовнішній вигляд; б) конструкція всередині

План типового поверху



Розрахунок енергоефективності регульованого повітрообміну

Оцінимо потенціал зниження витрат теплової енергії на підігрівання припливного повітря в разі використання автоматично регульованої по рівню вологості (гігрорегулювальної) системи вентиляції в багатоповерховому житловому будинку типової серії П-44Т за кліматичних умов м. Києва.
Нозрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію $Q_{вент}$, *Вт*, рівна:

$$Q_{вент} = 0,28 \cdot c_p \cdot \rho_н \cdot L_{вент} \left(t_в - t_н \right)$$

де c_p – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°С), c_p=1,005 кДж/(кг·°С);

$\rho_н$ – середня густина припливного повітря за опалювальний період, кг/м^3, що обчислюється за формулою:

$$\rho_н = 353 \Big/ \left[273 + 0,5 \cdot \left(t_в + t_н \right) \right]$$

$L_{вент}$ – розрахункова витрата повітря в квартирі, м^3/год;

$t_в$ – середня за опалювальний період температура внутрішнього повітря в квартирі °С; $t_в$ = 20 °С;

$t_н$ – розрахункова температура зовнішнього повітря °С; приймаємо як середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період: $t_н$ = – 3,6 °С.

Тоді

$$\rho_н = 353 \Big/ \left[273 + 0,5 \cdot \left(t_в + t_н \right) \right] = 353 \Big/ \left[273 + 0,5 \cdot \left(20 + \left(-3,6 \right) \right) \right] = 1,26 \quad / \quad ^3$$

1. Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію для чотирьох квартир при постійному повітрообміні рівна:

$$Q_{вент} = 0,28 \cdot 1,005 \cdot 1,26 \cdot 440 \left(20 - \left(-3,6 \right) \right) = 3681,8 \text{ Вт}$$

За добу опалювального періоду це складає 88,4 *кВт*·год.

Розрахунок енергоефективності використання регульованого повітрообміну

2. Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію для чотирьох квартир при регульованому по вологості повітрообміні складається з суми витрат теплової енергії при різних режимах роботи вентиляції обліком часу роботи в даних режимах.

Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію при максимальному повітрообміні дорівнює розрахунковій витраті теплової енергії на вентиляцію при постійному повітрообміні тобто 3681,8 *Вт*.

Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію при мінімальному повітрообміні рівна:

$$Q_{вент..\min} = 0,28 \cdot 1,005 \cdot 1,26 \cdot 187\left(20 - \left(-3,6\right)\right) = 1564,7 \; Вт$$

З врахуванням прийнятого для розрахунку режиму роботи витрати теплової енергії (50 % часу відкрито, 50 % часу закрито) на вентиляцію за добу опалювального періоду складає 63,0 *кВт*·год.

Таким чином, **зниження витрат теплової енергії на підігрівання вентиляційного повітря можна оцінити в 28,7 %.**

Очікувана економія енергії при різних варіантах енергозберігаючих заходів в будинку П-44Т

Енергозберігаючий захід	Очікувана економія, %
Використання індивідуальних поквартирних теплоутилізаторів	26
Зменшення повітрообміну на 30 %	12
Зменшення повітрообміну на 30 % при використанні індивідуальних поквартирних теплоутилізаторів	30

Результати розрахунку

Загальні данні по оцінці ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи (з врахуванням дисконтування поступаючих доходів)

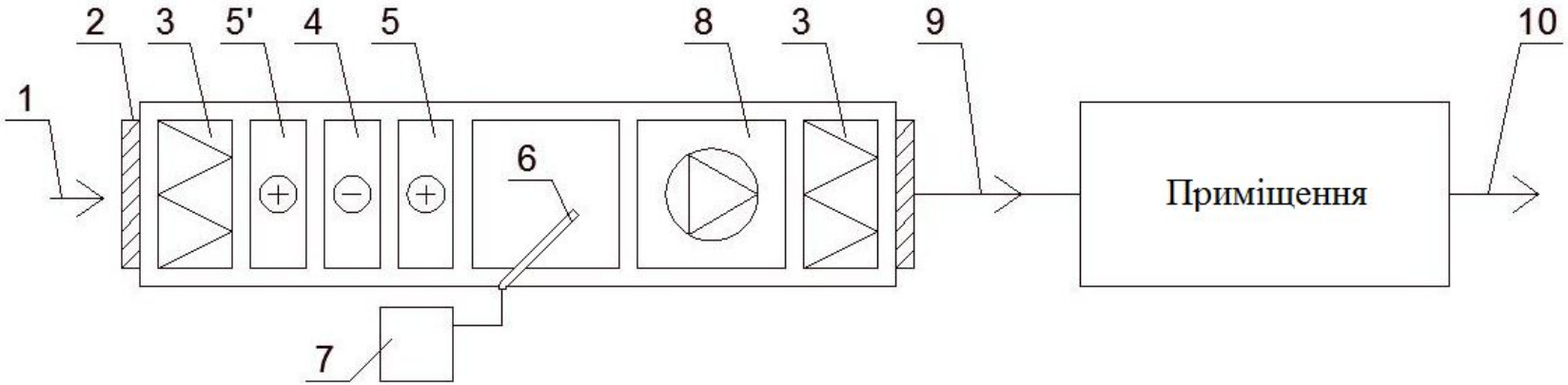
Енергозберігаючі заходи	Вихідні дані					Результати розрахунку			
	Окремі одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи, віднесені до 1 м^2 Площі тис.грн./ м^2	Спільні одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи тис.грн.	Термін експлуатації, років.	Степінь зниження окремих витратенергії в порівнянні з нормативне рівнем %. Категорія енергетичне ефективності приміщення	Окремий середній додатковий дохід за рахунок економії енергоресурсів протягом всього терміну експлуатації енерго зберігаючих заходів	Окремий чистий дисконтований дохід за рахунок енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів	Загальний чистий дисконтований дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів тис.грн.	Індекс прибутковості інвестицій	Термін окупності з урахуванням дисконтування,років
Вариант 1	0,126	905,587	20	16,8/ Підвищена	0,018	0,027	194,054	1,216	12,6
Вариант 2	0,089	6396,608	20	16,8/ Підвищена	0,018	0,064	4599,808	1,722	7,2
Вариант 3	0,303	2177,722	20	30,5/ висока	0,028	-0,064	-467,168	0,787	—
Вариант 4	0,437	3140,806	20	34,7/ висока	0,031	-0,173	-1243,386	0,604	—

Результати розрахунку

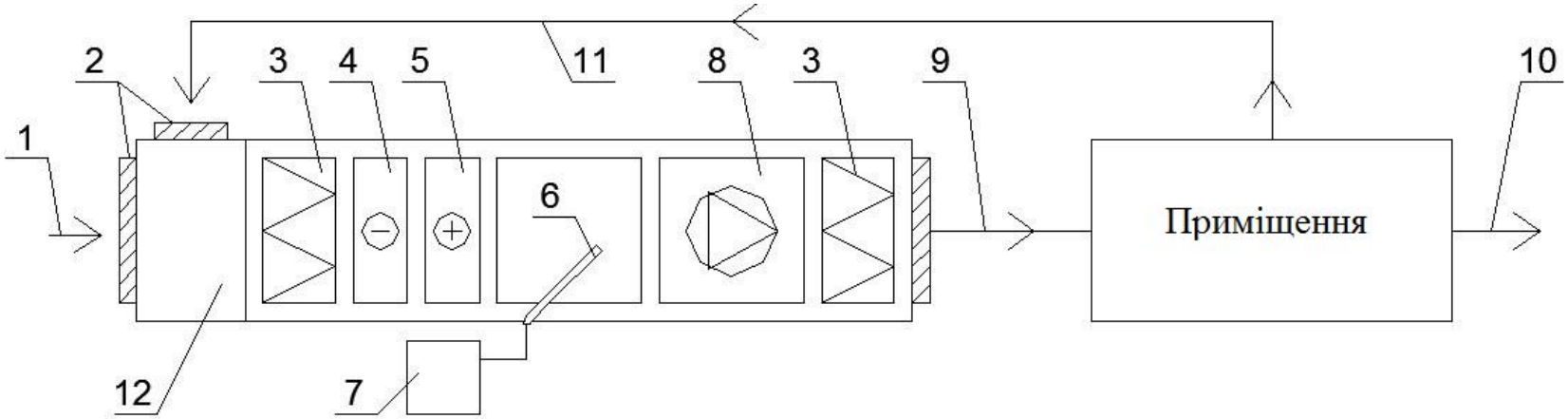
Загальні данні по оцінці ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи (з врахуванням нарощення (капіталізації) поступаючих доходів)

Енергозберігаючі заходи	Вихідні дані					Результати розрахунку			
	Окремі одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи, віднесені до 1 м^2 Площі тис.грн./ м^2	Спільні одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи тис.грн.	Термін експлуатації, років.	Степінь зниження окремих витратенергії в порівнянні з нормативне рівнем %. Категорія енергетичне ефективності приміщення	Окремий середній додатковий дохід за рахунок економії енергоресурсів протягом всього терміну експлуатації енерго зберігаючих заходів	Окремий чистий дисконтований дохід за рахунок енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів	Загальний чистий дисконтований дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів тис.грн.	Індекс прибутковості інвестицій	Термін окупності з урахуванням дисконтування,років
Варіант 1	0,126	905,587	20	16,8/ підвищена	0,018	0,905	6504,416	8,182	5,6
Варіант 2	0,089	6396,608	20	16,8/ підвищена	0,018	0,942	67703,424	11,584	4,2
Варіант 3	0,303	2177,722	20	30,5/ висока	0,028	1,301	9350,547	5,293	7,7
Варіант 4	0,437	3140,806	20	34,7/ висока	0,031	1,339	9623,661	4,063	9,2

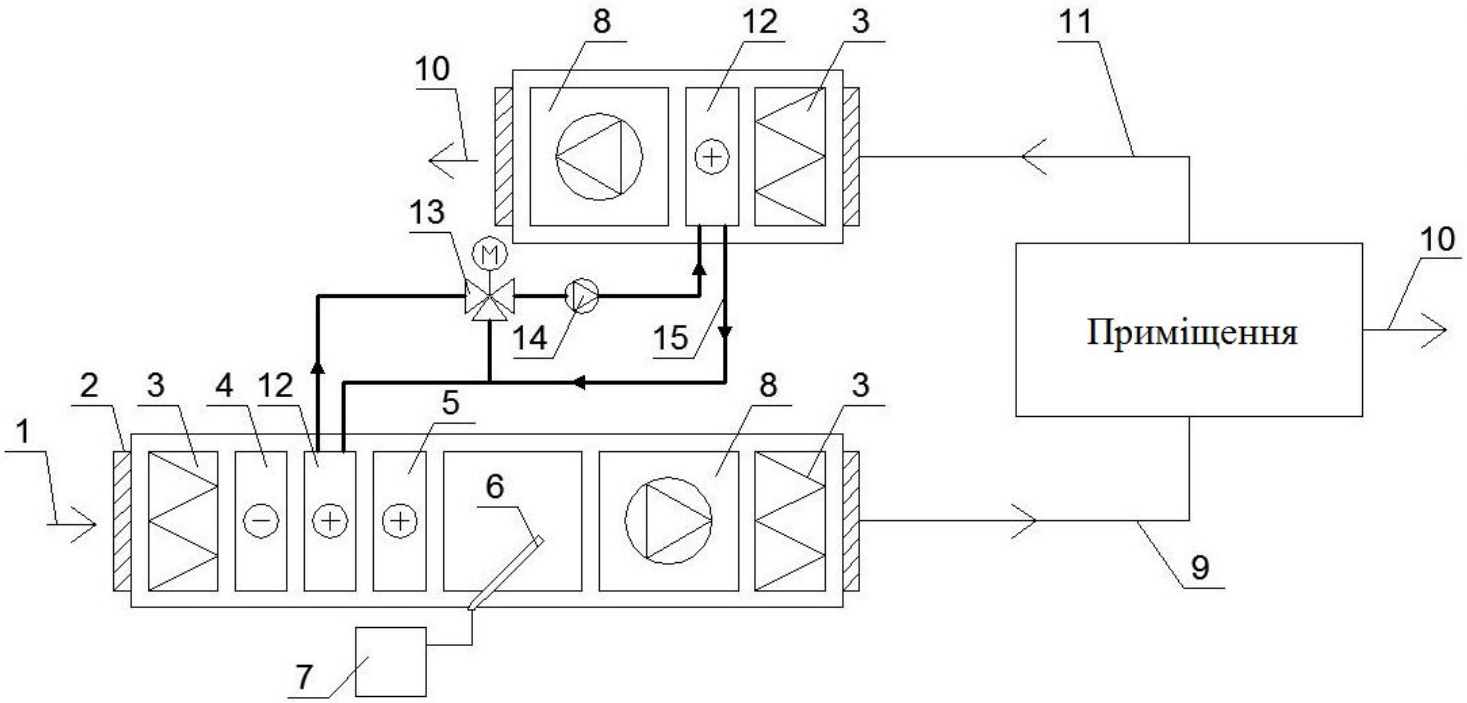
Прямоточна установка кондиціонування повітря



Установка кондиціонування повітря з першою рециркуляцією

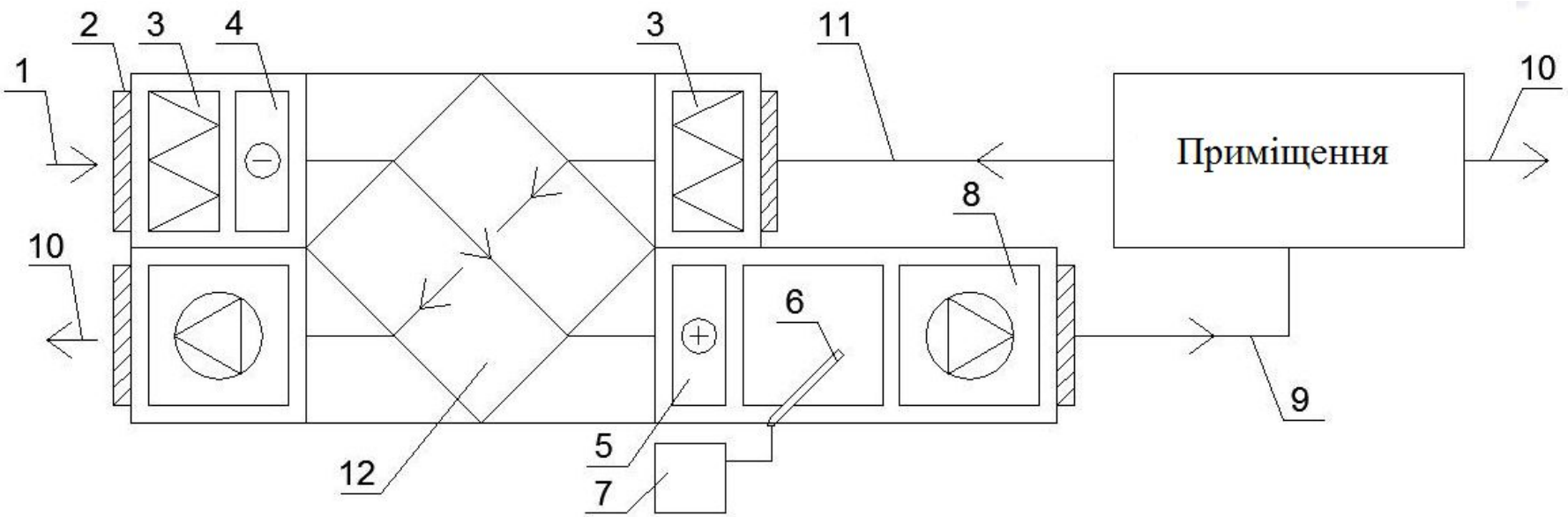


Установка кондиціонування повітря з утилізацією теплоти із застосуванням проміжного теплоносія



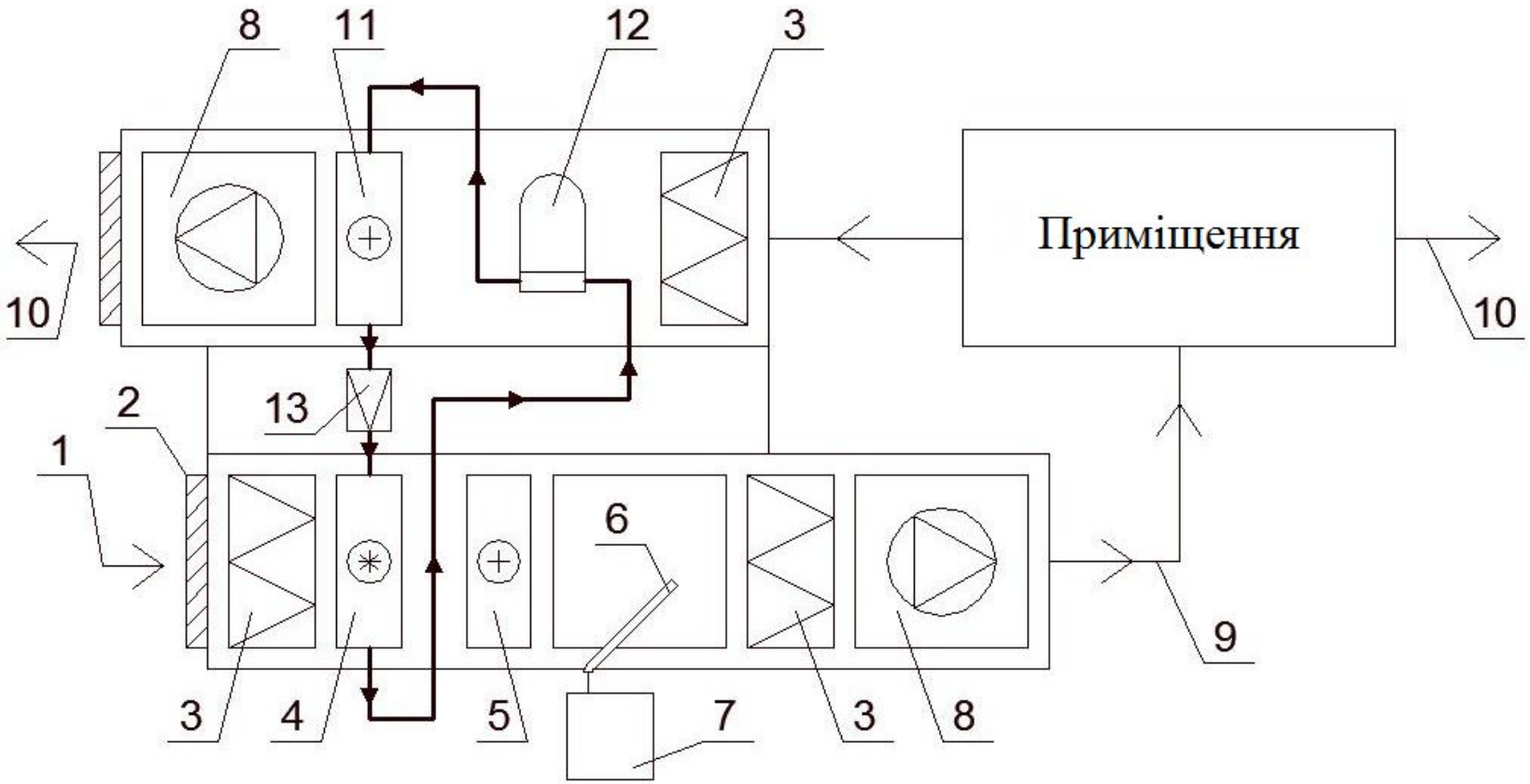
1 - зовнішнє повітря; 2 - повітряний клапан; 3 - повітряний фільтр; 4 - секція охолодження; 5 - повітронагрівач; 6 - трубка, що подає пар; 7 - парогенератор; 8 - вентилятор; 9 - припливне повітря; 10, 11 - видаляється повітря; 12 - теплообмінник; 13 – триходовий клапан; 14 - насос

Припливно-витяжна установка кондиціонування повітря з пластинчастим теплоутилізатором



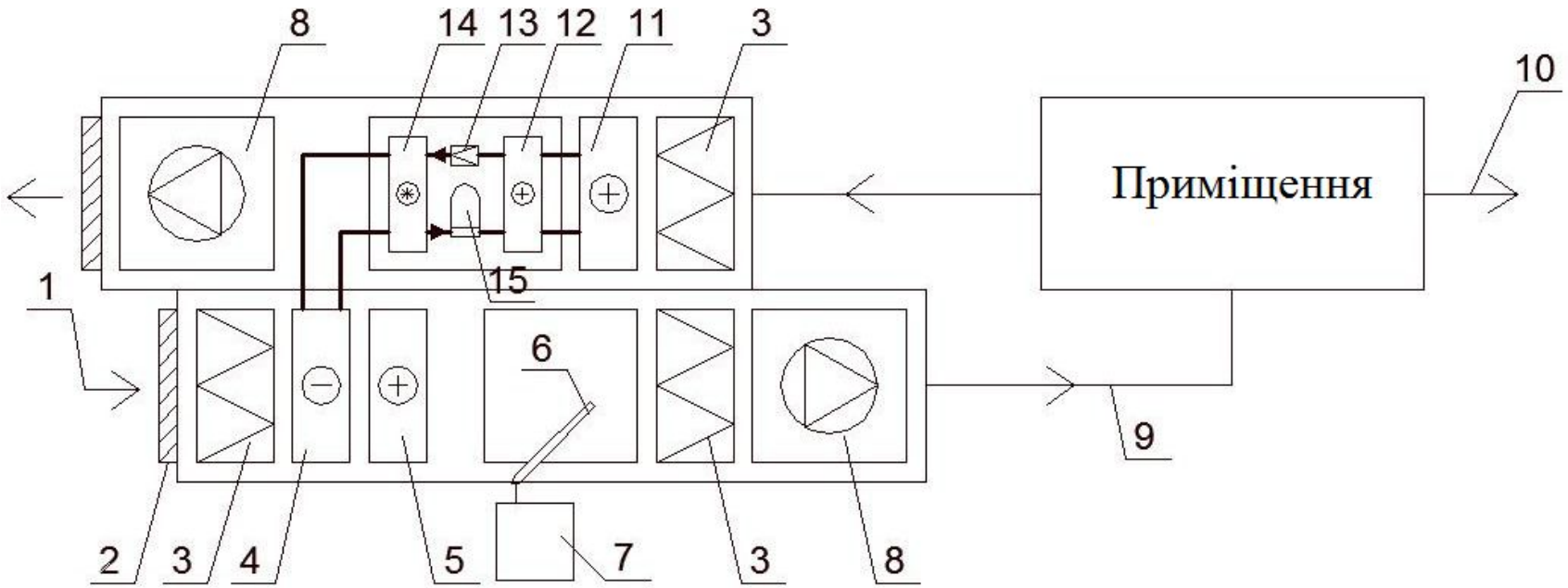
1 - зовнішнє повітря; 2 - повітряний клапан; 3 - повітряний фільтр; 4 - секція охолодження; 5 - повітронагрівач; 6 - трубка, що подає пар; 7 - парогенератор; 8 - вентилятор; 9 - припливне повітря; 10, 11 - видаляється повітря; 12 - пластинчастий теплоутилізатор

Припливно-витяжна установка з охолодженням зовнішнього повітря з допомогою теплового насоса



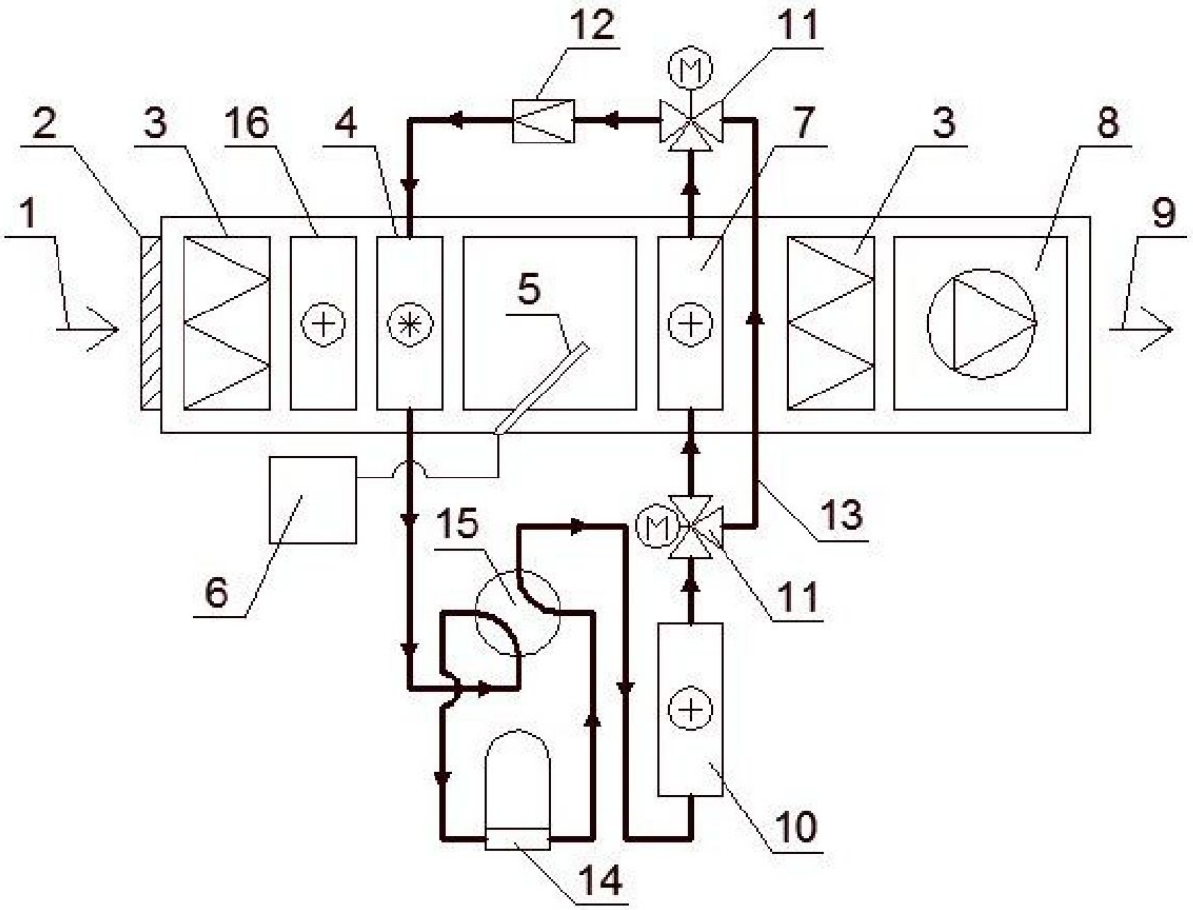
1 - потік зовнішнього повітря; 2 - повітряний клапан; 3 - повітряний фільтр; 4 - випарник; 5 - повітронагрівач; 6 - трубка, що подає пар; 7 - парогенератор; 8 - вентилятор; 9 - припливне повітря; 10 - видаляється повітря; 11 - конденсатор; 12 - компресор; 13 – дросель

Припливно-витяжна установка з тепловим насосом і проміжним холодо/теплоносієм



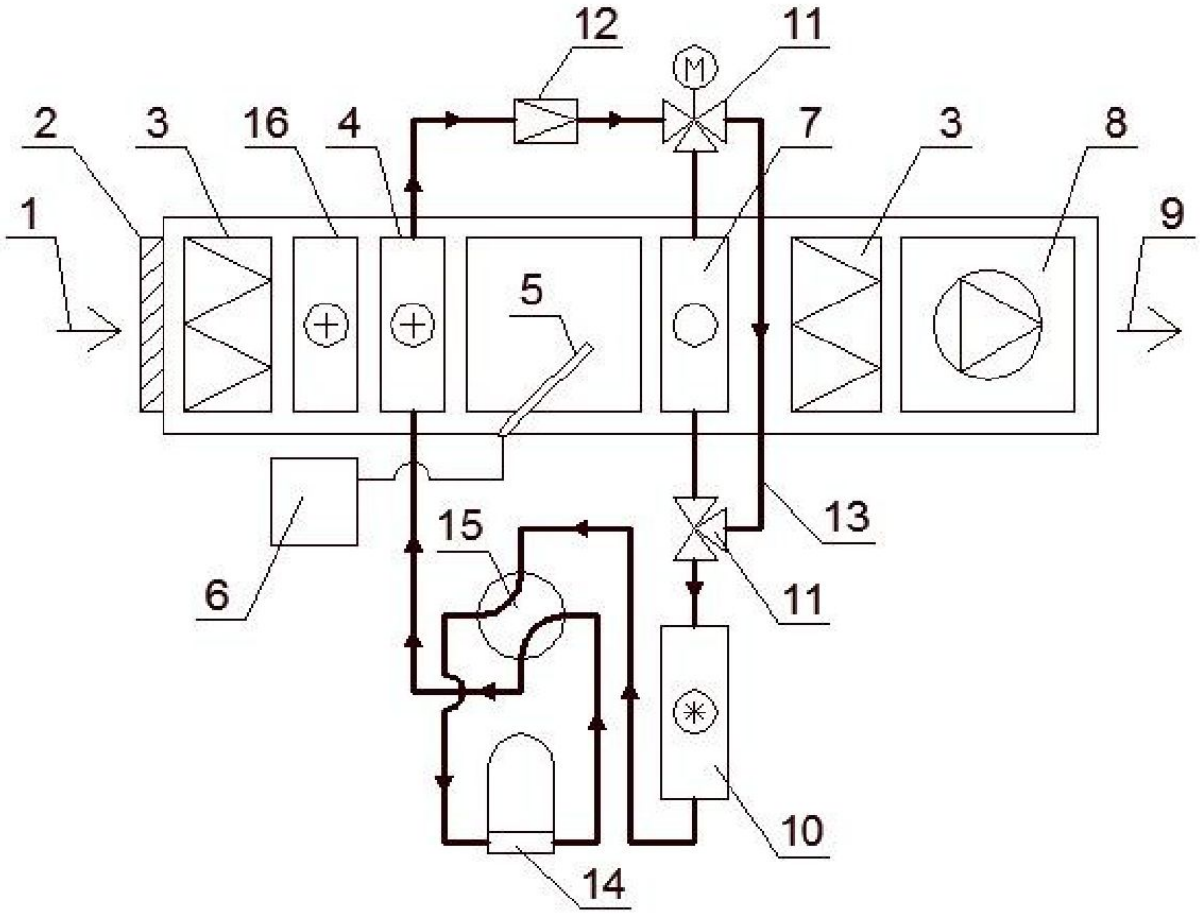
1 - потік зовнішнього повітря; 2 - повітряний клапан; 3 - повітряний фільтр; 4, 11 - водо-повітряний теплообмінник охолоджувача; 5 - повітронагрівач; 6 - трубка, що подає пар; 7 - парогенератор; 8 - вентилятор; 9 - припливне повітря; 10 - видалене повітря; 12 - конденсатор ПКХМ; 13 - дросель; 14 - випарник ПКХМ; 15 - компресор

Розроблена схема кондиціонування повітря (теплий період)



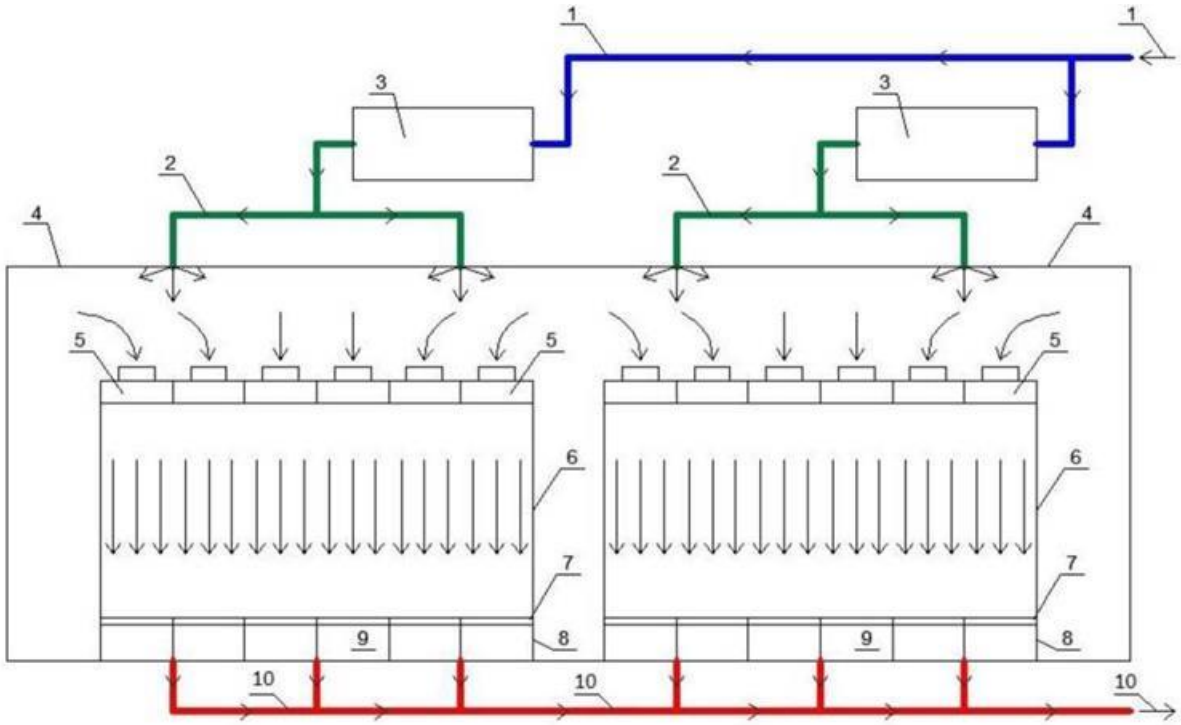
1 – потік зовнішнього повітря;
2 – повітряний клапан;
3 – повітряний фільтр;
4,7,10 – фреоновий теплообмінник;
5 – трубка, що подає пар;
6 – парогенератор;
8 – вентилятор;
9 – потік підготовленого повітря;
11 – триходовий клапан;
12 – дроселює;
13 – байпас;
14 – компресор;
15 – чотириходовий клапан;
16 – електричний повітронагрівач.

Розроблена схема кондиціонування повітря (холодний період)



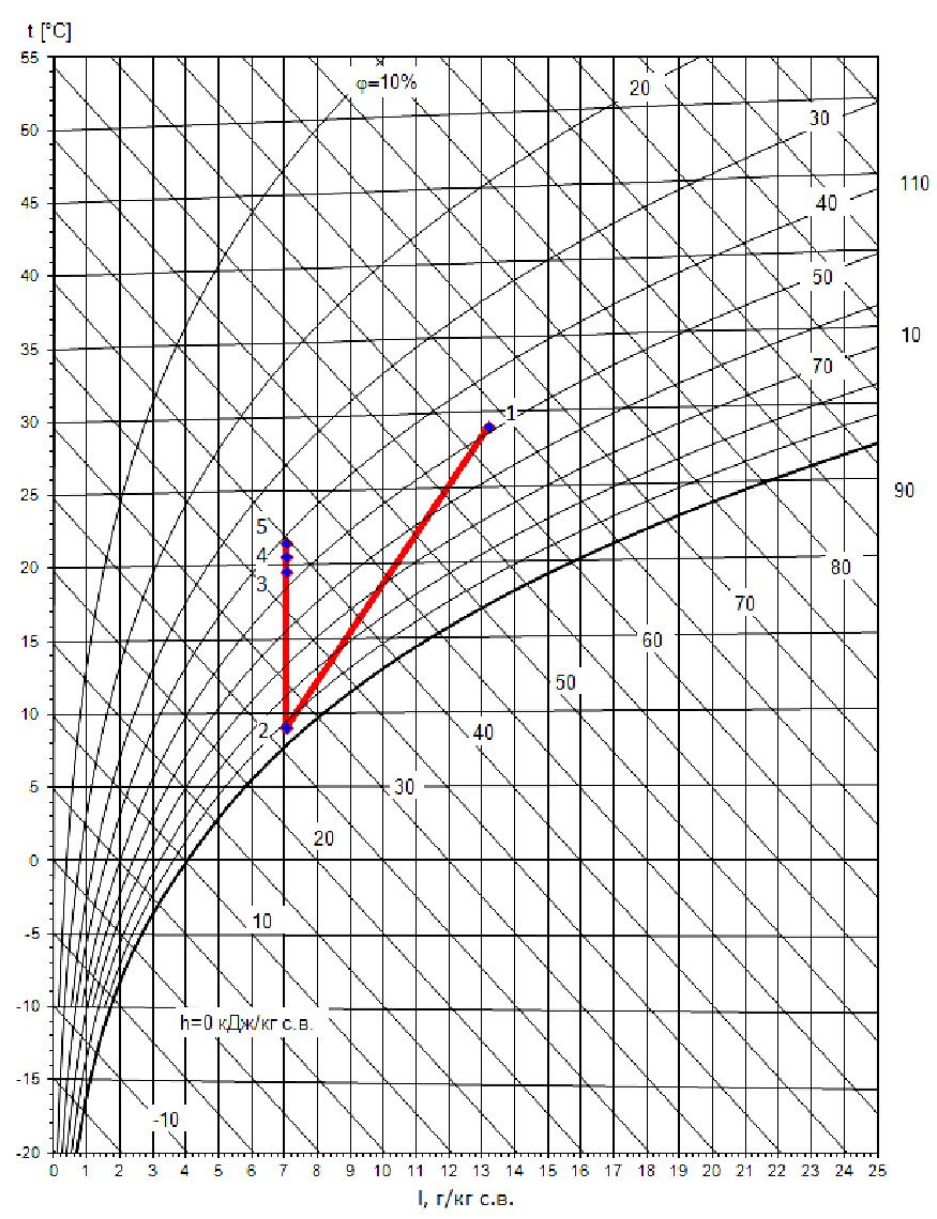
1 – потік зовнішнього повітря;
2 – повітряний клапан;
3 – повітряний фільтр;
4,7,10 – фреоновий теплообмінник;
5 – трубка, що подає пар;
6 – парогенератор;
8 – вентилятор;
9 – потік підготовленого повітря;
11 – триходовий клапан;
12 – дроселює;
13 – байпас;
14 – компресор;
15 – чотириходовий клапан;
16 – електричний повітронагрівач.

Схема розглянутого комплексу та системи вентиляції



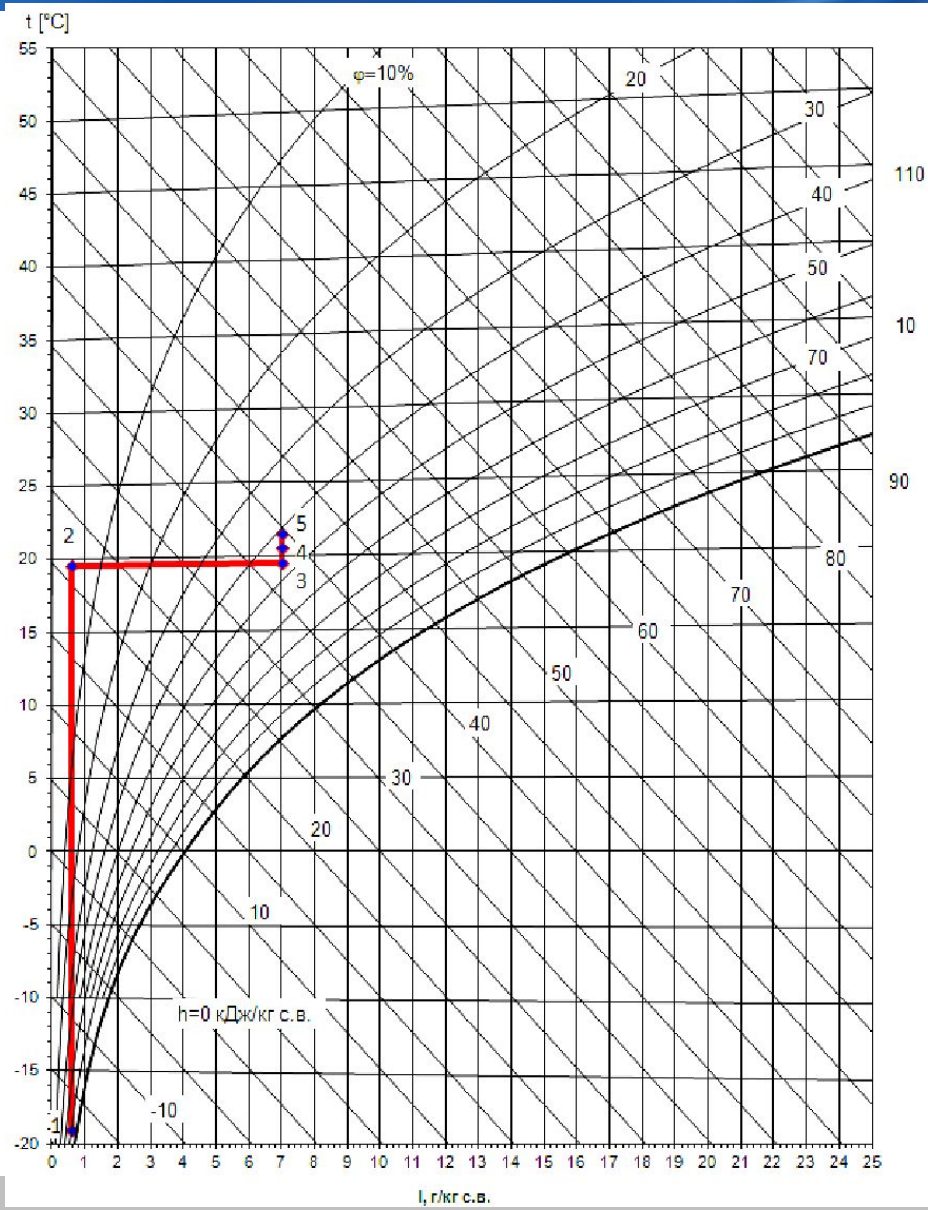
1 – потік зовнішнього повітря;
2 – потік повітря, що пройшло підготовку в установці кондиціонування;
3 – запропонована установка кондиціонування;
4 – сервісне приміщення комплексу;
5 – фільтровентиляційний модуль;
6 – житлове приміщення;
7 – перфоровані панелі;
8 – підлога;
9 – герметична камера;
10 – потік, що видаляється..

Процес зміни стану припливного повітря в теплий період



1-2 – процес охолодження / осушення зовнішнього повітря в секції охолодження;
2-3 – процес нагрівання повітря в повітронагрівачі другого підігріву теплообмінник 7);
3-4 – процес додаткового нагріву повітря в вентиляторної секції;
4-5 – процес додаткового нагріву повітря в повітроводах.

Процес зміни стану припливного повітря в холодний період



1-2 – процес нагрівання зовнішнього повітря в повітронагрівачі;
2-3 – процес парового зволоження повітря;
3-4 – процес додаткового нагріву повітря в вентиляторної секції;
4-5 – процес додаткового нагріву повітря в повітроводах

Переваги розробленої схеми кондиціонування

В результаті аналізу отриманих даних розрахунків та існуючих конструкцій установок кондиціонування повітря можна стверджувати, що:

- ✔ в розробленій установці для нагріву повітря в секції нагрівача 7 в теплий період не використовуються додаткові джерела теплової енергії, в ролі яких зазвичай виступають водяні повітронагрівачі, які отримують енергію від котельні або індивідуального теплового пункту.
- ✔ при використанні авторської установки відсутня необхідність побудови додаткового гідравлічного контуру з теплоносієм, циркулюючим між ІТП або котельні і установкою кондиціонування, як в холодний, так і в теплий період року.
- ✔ важливою особливістю авторської установки є те, що для її роботи до неї необхідно підвести тільки електричну енергію, тобто немає необхідності додаткової прокладки трубопроводів, що з'єднують авторську установку з ІТП / котельні або чиллером.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу схем існуючих систем вентиляції та їх типів, виявлено основні їх недоліки, особливості використання, про що зроблено відповідні висновки у розділі 1. Основна увага приділена систем прямоточної вентиляції із системами рекуперації, зволоження, осушення, підігрівання та охолодження припливного повітря.

2. Встановлено основні положення, що визначають підходи до систем вентиляції багатоповерхових житлових будинків та проведено аналіз засобів підвищення їх теплової ефективності.

3. На основі проведеного розрахунку ефекту від впровадження чотирьох варіантів систем вентиляції у багатоквартирному будинку, встановлено, що економічно та енергетично ефективним є варіант із пристроєм авторегульованої (гігрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гігрорегульовані витяжні решітки для 10 будинків. Термін окупності 4,2 роки. При переобладнання лише одного будинку термін окупності більше 5 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

4. Проведено розрахунок економічної ефективності інвестицій при чотирьох варіантах організації системи кондиціонування. Визначено термін окупності інвестицій з урахуванням дисконтування поступаючих доходів та з урахуванням нарощування (капіталізації) поступаючих доходів. При врахуванні дисконтування поступаючих доходів тільки 2 варіант мав термін окупності менше 5 років а при врахуванні нарощування поступаючих доходів варіанти 3 та 4 мають термін окупності більше 10 років (СЛАЙД 10, 11).

5. Запропоновано власну схему прямоточної установки кондиціонування повітря, що, на відміну від усіх розглянутих, забезпечує чистий мікроклімат у житловому приміщенні, при високій енергоефективності. При проектуванні і монтажі діючої установки кондиціонування повітря, заснованої на даній схемі, немає потреби в розробці принципово нових конструктивних елементів. Таким чином, впровадження запропонованої автором схеми, дозволяє уникнути істотних фінансових витрат, які неминуче присутні при розробці принципово нового конструктивного елемента.

6. На відміну від більшості пластинчастих теплоутилізаторів, конструкція авторської установки повністю виключає потрапляння повітря, що видаляється в потік припливного повітря. У свою чергу в порівнянні з існуючими установками з тепловим насосом (СЛАЙД 16 та 17) авторська установка характеризується більш високим холодильним коефіцієнтом. Ефективність даної установки не залежить від параметрів повітря, що видаляється.

Дякую за Увагу!

LOGO