

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

ІВАСЮК АНДРІЙ РОМАНОВИЧ

УДК 621.3; 697.9

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

8.05070108 – Енергетичний менеджмент

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2017

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Зінь Мирослав Михайлович,
доцент кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук,
Осадца Ярослав Михайлович
доцент кафедри світлотехніки та електротехніки
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "___" _____ 2017 р. о _____ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 8.05070108 – енергетичний менеджмент при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

*Секретар
екзаменаційної комісії № 41*

Хомишин В.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

З кожним роком будівлі стають все надійніші і економніші. Не дивно, адже забудовникам тепер доступні інноваційні енергозберігаючі технології і нові ізоляційні матеріали з недосяжними раніше характеристиками. Причому ринок не стоїть на місці: винахідники, виробничники, маркетологи і продавці працюють не покладаючи рук. Якісна гідроізоляція конструкцій, багат шарові стіни, утеплені перекриття та покрівля, герметичні віконні блоки, ефективне опалення - все це не дає ні найменшого шансу для атмосферних опадів і ґрунтових вод, міського шуму, зимових холодів і літньої спеки.

Так, людина дуже добре навчилася наглухо відгороджуватися від несприятливих умов навколишнього середовища, але при цьому ми втратили зв'язок із зовнішнім світом, тепер нам став недоступний природний механізм самоочищення повітря. Обиватель потрапив в іншу пастку - всередині приміщень скупчується і концентрується волога, вуглекислота, шкідливі для здоров'я речовини та хімічні сполуки, що виділяються самою людиною, будівельними матеріалами, предметами побуту, побутовою хімією. Навіть у розвинених країнах неухильно зростає кількість автоімунних і алергічних захворювань, викликаних розмноженням у житлі бактерій, грибків, цвілі і вірусів. Не менш небезпечний і пил, який складається з найдрібніших частинок ґрунту, пилку рослин, кухонної кіптяви, шерсті тварин, обривків різних волокон, лусочок шкіри, мікроорганізмів. Пил - це не обов'язково гість з вулиці, він утворюється навіть в щільно закритій нежитловій квартирі. Останні наукові дослідження показали, що в більшості випадків домашнє повітря в рази токсичніше і брудніше зовнішнього.

Зниження концентрації кисню в приміщенні істотно знижує рівень працездатності, згубно впливає на самопочуття мешканців та їх здоров'я в цілому.

Саме тому питання забезпечення вентиляції та очищення повітря стали наймовірно **актуальними**, поряд з гідро-і теплоізоляцією будівель. Сучасні системи вентиляції повинні ефективно видаляти застоєне, "відпрацьоване" повітря, в необхідному обсязі замінювати його свіжим повітрям ззовні, при необхідності очищаючи, нагріваючи або охолоджуючи його.

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

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити ряд наступних **завдань**:

- представити огляд існуючих систем вентиляції та їх типів;
- провести аналіз існуючих систем прямої вентиляції із системами рекуперації, зволоження, осушення, підігрівання та охолодження припливного повітря;
- проаналізувати засоби підвищення теплової ефективності систем вентиляції будинків;

– провести розрахунок ефекту від впровадження різних систем вентиляції у багатоквартирному будинку, а саме: **Варіант 1.** Пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки. **Варіант 2.** Пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки (для 10 будинків). **Варіант 3.** Пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з механічною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки. **Варіант 4.** Пристрій поквартирної механічної приточно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти повітря, що видаляється;

– на основі аналізу існуючих прямоточних установок кондиціонування повітря запропонувати власну схему та провести її порівняльний аналіз;

– провести розрахунок економічної ефективності інвестицій при чотирьох варіантах організації системи кондиціонування.

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

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

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались на основі:

а) теоретико-експериментальних досліджень перехідних процесів накопичення електричної енергії у акумуляторах; б) системного та статистичного аналізу в середовищі Microsoft Office Excel.

Наукова новизна одержаних результатів.

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 одержаних результатів.

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».

Апробація результатів роботи.

Результати роботи були апробовані на ІХ Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя “ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ” [1]

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 140 сторінок, що містить 23 таблиці і 27 рисунків; список літератури з 46 найменувань, 1 додаток.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням. Проведено огляд типів систем вентиляції та кондиціонування в житлових приміщеннях і здійснено аналіз їх режимів роботи. Здійснено порівняльний аналіз існуючих схем прямоточних установок кондиціонування повітря, виділено їх переваги та недоліки в залежності від особливостей роботи. На основі цього визначено особливості конструкції енергоефективної прямоточної установки вентиляції та кондиціонування повітря для житлових приміщень.

У **другому розділі** «Основна частина» проведено дослідження способів забезпечення необхідного повітрообміну в будинках з герметичними заповненнями світлових отворів, що дало можливість виділити ті, які найбільш широко застосовуються. Це:

- авторегульована (гігрорегульованої) системи вентиляції з природнім притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гігрорегульовані витяжні решітки;
- авторегульована (гігрорегульованої) системи вентиляції з природнім притоком через приточні клапани і з механічною витяжкою через гігрорегульовані витяжні решітки;
- механічна приточно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти повітря, яке видаляється із приміщення.

На основі запропонованої методики проведено розрахунок економічної ефективності інвестицій при впровадженні даних енергозберігаючих заходів для багатопверхового будинку. Будинок 17 поверхів (1-й поверх нежилый), 2 секції, 128 квартир (4 квартири на поверсі).

У таблиці 1 подано терміни окупності інвестицій в енергозберігаючі заходи з урахуванням дисконтування та нарощення (капіталізації) доходів.

Результати розрахунку показують, що при існуючій вартості теплової енергії:

1. Бездисконтний термін окупності інвестицій для варіантів 3 та 4 перевищує термін експлуатації енергозберігаючих заходів, а для варіантів 1, 2 - більше 10 років, що навіть за нормативами директивної (планової) економіки не є економічно доцільним;

2. Термін окупності інвестицій з урахуванням нарощення для варіанту 2 менше 10 років і може розглядатися в якості економічно доцільного.

3. Максимальний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів може бути досягнутий тільки в разі їх масового застосування, причому при високих цінах теплової енергії цей ефект більш виражений.

Таблиця 1

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

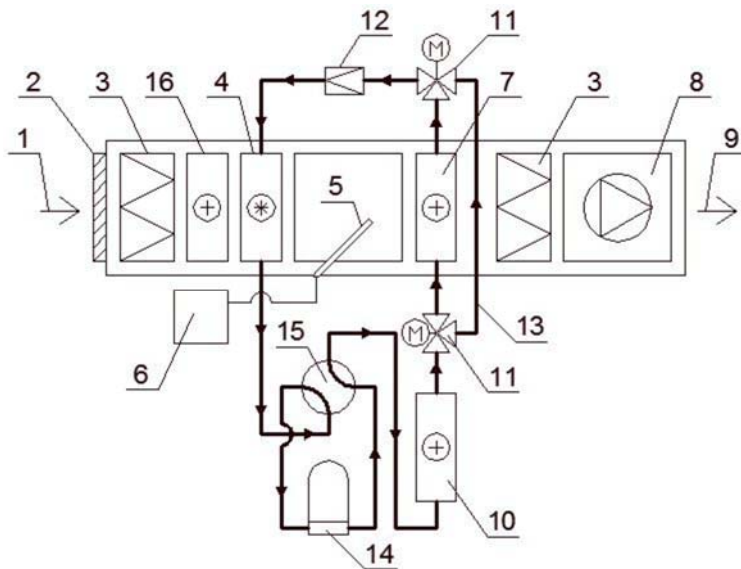
Енергозберігаючі заходи	Вихідні дані					Результати розрахунку			
	Окремі одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи, віднесені до 1 м ² Площі тис.грн./ м ²	Спільні одночасні інвестиції в енергозберігаючі заходи тис.грн.	Термін експлуатації, років.	Степінь зниження окремих витрат енергії в порівнянні з нормативним рівнем %. Категорія енергетичне ефективності приміщення	Окремий середній додатковий дохід за рахунок економії енергоресурсів протягом всього терміну експлуатації енергозберігаючих 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	0,027	194,054	1,216	12,6
Варіант 2	0,089	6396,608	20	16,8/ Підвищена	0,018	0,064	4599,808	1,722	7,2
Варіант 3	0,303	2177,722	20	30,5/ висока	0,028	-0,064	-467,168	0,787	—
Варіант 4	0,437	3140,806	20	34,7/ висока	0,031	-0,173	-1243,386	0,604	—

Основним недоліком вище перелічених систем вентиляції є надходження повітря у приміщення без належної підготовки (крім підігрівання у рекуператорі). А так як на даний час спостерігається підвищене забруднення повітря та неналежна його вологість та температура, проведено аналіз прямооточних механічних систем вентиляції.

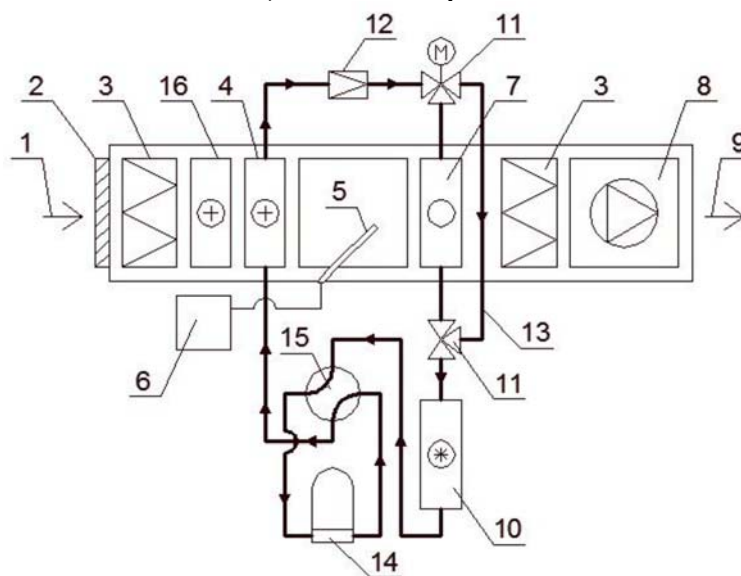
Запропоновано схему прямооточної установки кондиціонування повітря (рис.1). Основна її відмінність полягає в використанні функціональних елементів і матеріалів, що перешкоджають поширенню і генерації часток забруднювача. Досягається це головним чином багатоступінчастою високоефективною фільтрацією приточного повітря, а також використанням парового зволоження повітря. Вона працює у двох режимах: нагрівання та охолодження.

У запропонованій схемі присутні: повітряні клапани 2 (рис.1), повітряні фільтри 3, паровий зволожувач 5 і 6, вентилятор 8. У запропонованій схемі теплообмінники 4, 7, 10 об'єднані в єдиний гідравлічний контур з циркулюючим холодоагентом. У контур також входять: компресор 14 і дросель 12. Таким чином, цей контур являє собою парокompресійну холодильну машину (ПКХМ). У даній роботі розглянута одноступенева ПКХМ, однак кількість ступенів може бути різною. Залежно від напрямку руху холодоагенту в контурі, теплообмінники 4, 7, 10 можуть виступати як в ролі випарників, так і

в ролі конденсаторів ПКХМ. Це залежить від режиму роботи. Байпас 13 дозволяє в разі необхідності зменшувати кількість холодоагенту, що проходить через теплообмінник 7.



а) теплий період



б) зимовий 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 – дросель;
- 13 – байпас;
- 14 – компресор;
- 15 – чотириходовий клапан;
- 16 – електричний повітрянагрівач.

Рис. 1. Схема запропонованої прямоточної установки кондиціонування повітря

У холодний період року чотириходовий клапан 15 змінює напрям потоку холодоагенту в контурі на протилежне. В результаті відбувається зміна ролей теплообмінників, що входять в цей контур.

Також в установці присутній додатковий електричний повітряний нагрівач 16, який використовується в разі, коли теплове виробництво теплообмінника 4 стає недостатньо для підтримки потрібної температури припливного повітря.

Для більшої наочності, в даній роботі розглядається окремий випадок розрахунку установки кондиціонування повітря для заданого об'єкта. Як заданий об'єкт в даному розрахунку виступав житловий комплекс, що складається з двох ідентичних приміщень розташованих в одному будинку.

Проведено розрахунок продуктивності систем кондиціонування і вентиляції та побудовано процес обробки зовнішнього повітря в розглянутій установці кондиціонування повітря у теплий та холодний період року.

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 повітрянагрівачі, 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

У третьому розділі «Спеціальна частина» описано автоматизацію розрахунків у дипломній роботі за допомогою Microsoft Excel. Наведено аналіз програмного забезпечення для розрахунку та проектування вентиляції, а саме: Vent-Calc, MagiCAD та CADvent.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» описано особливості розрахунку економічної ефективності енергозберігаючих заходів по підвищенню теплової ефективності будинків. Наведено розрахунок економічної ефективності інвестицій при чотирьох варіантах організації системи кондиціонування: Варіант 1 – пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки; Варіант 2 – пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки (для 10 будинків); Варіант 3 – пристрій авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з механічною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки; Варіант 4 – пристрій поквартирної механічної приточно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти повітря, що видаляється.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання та особливості проведення рятувальних та інших невідкладних робіт при ліквідації наслідків великих виробничих аварій і катастроф.

У шостому розділі «Екологія» наведено аналіз проблем атмосфери України і її регіонів: «парниковий ефект», кислотні опади та руйнування «озонового екрану». Проведена класифікація забруднень природного середовища.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу схем існуючих систем вентиляції та їх типів, виявлено основні їх недоліки, особливості використання, про що зроблено відповідні висновки. Основна увага приділена системам прямої 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 розрахунок ефекту від впровадження чотирьох варіантів систем вентиляції у багатоквартирному будинку, встановлено, що економічно та енергетично ефективним є варіант із пристроєм авторегульованої (гідрорегульованої) системи вентиляції з природним притоком через приточні клапани і з природною витяжкою через гідрорегульовані витяжні решітки для 10 будинків. Термін окупності 4,2 роки. При переобладнанні лише одного будинку термін окупності більше 5 років.

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-ий варіант мав термін окупності менше 5 років а при врахуванні нарощування поступаючих доходів варіанти 3 та 4 мають термін окупності більше 10 років.

5. Запропоновано власну схему прямої 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 запропонованої установки повністю виключає потрапляння повітря, що видаляється в потік припливного повітря. У свою чергу в порівнянні з існуючими установками з тепловим насосом авторська установка характеризується більш високим холодильним коефіцієнтом. Ефективність даної установки не залежить від параметрів повітря, що видаляється.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Івасюк А. Енергоефективні системи вентиляції у житлових будинках / Івасюк А. // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 20-21 квітня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 1. — С. 184. — (Секція: Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Івасюк А. Р. Підвищення енергоефективності системи вентиляції при підготовці та розподілі повітря у житлових приміщеннях. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05070108 – енергетичний менеджмент. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломна робота присвячена підвищенню енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування у житлових будинках та покращення мікроклімату в приміщеннях. Здійснено аналіз схем існуючих систем вентиляції та їх типів, виявлено основні їх недоліки, особливості використання. Виконано теоретичне дослідження процесів повітрообміну при чотирьох варіантах вентиляції багатоквартирного будинку. Проведено розрахунок енергетичної та економічної ефективності інвестицій при чотирьох варіантах організації системи кондиціонування. Запропоновано власну схему прямої установки кондиціонування повітря, що, на відміну від усіх розглянутих, забезпечує чистий мікроклімат у житловому приміщенні, при високій енергоефективності.

Ключові слова: *вентиляція, рекуперація, зволоження, припливне повітря, прямоточна вентиляція, мікроклімат*

ANNOTATION

Ivasyuk A.R. Increasing energy efficiency of the ventilation system in the preparation and distribution of air in residential buildings. - Manuscript.

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 8.05070108 – energy conservation and energy management. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2017.

Diploma paper is devoted to energy efficiency HVAC systems in homes and improves the microclimate in residential buildings. The analysis of the existing schemes of ventilation systems and their types, they found major deficiencies, especially the use. Theoretical research process air ventilation in the four variants of apartment buildings is made. The calculation of energy and economic efficiency of investments in the four variants of air conditioning systems is made. An own scheme uniflow installation of air conditioning, which, in contrast to all the above, provides a clean atmosphere in the living room, with high energy efficiency.

Keywords: *ventilation, recuperation, moisturizing, supply air, microclimate*