

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

В. І. Дешко, І.О. Крот

Дослідження утилізації теплоти в системах вентиляції

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи

з дисципліни

«Системи виробництва та розподілу енергії»

для студентів спеціальності

«Енергетичний менеджмент»

Київ

2009

Дослідження утилізації теплоти в системах вентиляції / Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студ. спец. «Енергетичний менеджмент» / Уклад.: В. І. Дешко, І.О. Крот – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2009. – 24 с.

Навчальне видання

Дослідження утилізації теплоти в системах вентиляції

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

„ Системи виробництва та розподілу енергії ”

для студентів спеціальності

«Енергетичний менеджмент»

Укладачі: *Дешко Валерій Іванович, д.т.н, проф.*

Крот Ірина Олегівна, магістрант.

Відповідальний

Редактор: *В. В. Дубровська, к.т.н, доц.*

Рецензенти: *Ринкова Т.О., к.т.н, доц.*

Боженко М.Ф., к.т.н, доц.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1	2
Вступ	2
Мета та основні завдання роботи	3
Основні теоретичні відомості	4
Опис експериментальної установки	9
Порядок роботи з вимірювальними приладами	14
Заходи безпеки під час виконання лабораторної роботи	17
Порядок і рекомендації щодо виконання роботи	18
Обробка експериментальних даних	19
Контрольні запитання	21
Лабораторна робота №2	22
Вступ	22
Мета та основні завдання роботи	23
Список рекомендованої літератури	

Вступ

В сучасних будівлях в зимовий період як мінімум 25–50% теплоти витрачається на нагрів припливного повітря. Зростання цін на енергоносії стимулює інтерес до рекуперації теплової енергії в системах вентиляції і кондиціонування повітря.

Рекуперативні теплообмінники представляють найбільш доступний засіб впровадження енергозберігаючих технологій при реконструкції існуючих систем вентиляції шляхом здійснення обміну теплом між припливним і витяжним повітрям.

Методичні вказівки до лабораторної роботи містять такі структурні елементи:

- мета та основні завдання роботи;
- основні теоретичні відомості;
- опис експериментальної установки;
- заходи безпеки під час виконання лабораторної роботи;
- порядок і рекомендації щодо виконання роботи;
- обробка експериментальних даних;
- контрольні запитання;
- список рекомендованої літератури.

Послідовність виконання роботи складається з трьох етапів. На першому етапі необхідно підготуватися до проведення експерименту. Під час підготовки до роботи слід засвоїти основи теорії утилізації теплоти у системах вентиляції, конструкцію та принцип роботи утилізаторів теплоти; оформити протокол; засвоїти мету, основні завдання роботи та послідовність їх виконання. На другому етапі виконується експеримент згідно робочого завдання. Третій етап передбачає обробку експериментальних даних, побудову характеристик ефективності утилізатора, аналіз результатів проведеної роботи.

Мета та основні завдання роботи

Мета роботи: допомогти студентам поглибити знання з основ утилізації теплоти в системах вентиляції, ознайомити їх з методикою експериментального дослідження енергетичної ефективності припливно-витяжної установки з утилізатором теплоти, прищепити навички проведення інженерного експерименту.

Основні завдання роботи:

1. Визначити експериментальним шляхом: температури та відносну вологість, витрату припливного та витяжного повітря на вході та виході з утилізатору теплоти.
2. На базі отриманих даних побудувати енергобаланс установки та розрахувати його показники ефективності – температурний, ентальпійний.
3. Побудувати графіки процесів зміни стану припливного та витяжного повітря у $h-d$ діаграмі вологого повітря.
4. Провести експерименти при різних витратах припливного та витяжного повітря та обробити їх відповідно до пунктів 1,2.
5. Побудувати графіки залежності ефективності установки від витрати повітря в припливному та витяжному каналі.
6. Порівняти отримані дані з розрахунковими показниками.
7. Скласти звіт з виконаної роботи.

Основні теоретичні відомості

Щоб запобігти ускладненню проникнення свіжого повітря у приміщення з природною вентиляцією при використанні щільних віконних конструкцій та дверей, частіше роблять провітрювання, що зменшує ефект від реалізованих енергозберігаючих заходів. Таким чином створюється конфлікт інтересів: енергозбереження та комфорту, якій потребує оптимального повітрообміну.

Використання в цих умовах механічної вентиляції будівель може призвести до значних втрат енергії. Вони можуть досягати 40% і більше загальних теплових втрат будівель.

Неконфліктне енергозбереження та збалансований припливно-витяжний повітрообмін у приміщенні забезпечують системи вентиляції з теплообмінниками-утилізаторами різних типів, які дозволяють використати теплоту повітря, що видаляється з приміщення, для нагрівання холодного повітря, що надходить у приміщення. [1]

Рекуперативні теплообмінники пластинчатого типу виконуються у вигляді пакетів паралельних пластин з розподілювачем, що утворюють два суміжні канали. По одному з них рухається витяжне повітря, по іншому – припливне. Такі утилізатори відзначаються простотою конструкції, відсутністю рухомих деталей, незначним споживанням електричної енергії вентилятором. Але також і можливістю обмерзання теплообмінника у зимових період. Їхня ефективність може знаходитися у діапазоні 50-80%.

В регенеративних утилізаторах тепло передається за допомогою ротора, що обертається між витяжним і припливним повітрям і має насадку з високою теплоємністю, яка при використанні протиструминної схеми по черзі нагрівається та охолоджується теплим та холодним повітряними потоками. Такий теплообмінник має достатньо високу ефективність, 75-85 %, можливість вологообміну між витяжним та припливним повітрям, а також регулювання ефективністю за допомогою швидкості обертання ротора. Їхніми недоліками є додаткова витрата електричної енергії двигуном ротора та можливість перетоків витяжного повітря у припливне.

Якщо припливний і витяжний канали розташовані на значній відстані, можна використовувати систему з проміжним теплоносієм, яка складається з двох теплообмінників, один з яких розташований у витяжному каналі, інший – в припливному. Між ними циркулює теплоносій, який нагрівається витяжним повітрям та передає тепло припливному повітрю. Степінь утилізації може регулюватися зміною швидкості циркуляції. Крім того використовують утилізатори з тепловими трубами, ефективність яких складає від 45% до 65%, та

теплові камери, що розділені на дві частини, які по черзі заповнюються припливним та витяжним повітрям. За рахунок значної теплоємності камери відбувається теплообмін між повітряними потоками. Для цих утилізаторів характерна відсутність вологообміну між припливним та витяжним повітрям.

Покращення теплозахисних властивостей конструкцій будівель, збільшення уваги до енергоефективності систем вентиляції та забезпечення умов мікроклімату в приміщеннях спричинило появу в Україні нових систем утилізації теплоти вентиляційного повітря [1,2], до яких відносяться вентиляційне обладнання серії RX4 Lossnay, створене корпорацією Mitsubishi Electric, яка відома своїми інноваційними розробками в області вентиляції та кондиціонування [2].

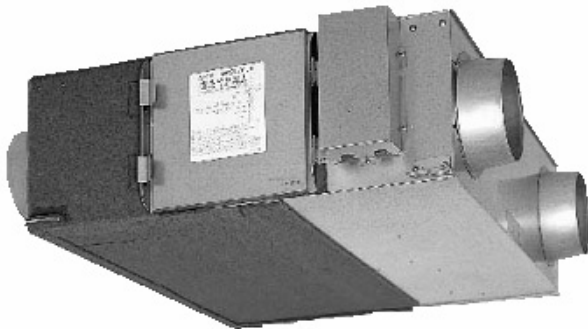


Рис. 1. Зовнішній вигляд LGH-RX4

Модельний ряд LGH-RX4 представляє собою каналну вентиляційну установку (рис. 1), яка складається з перехресно-струминного теплообмінника, припливного і витяжного вентиляторів (рис. 2), системи автоматики, байпасного пристрою та фільтрів.

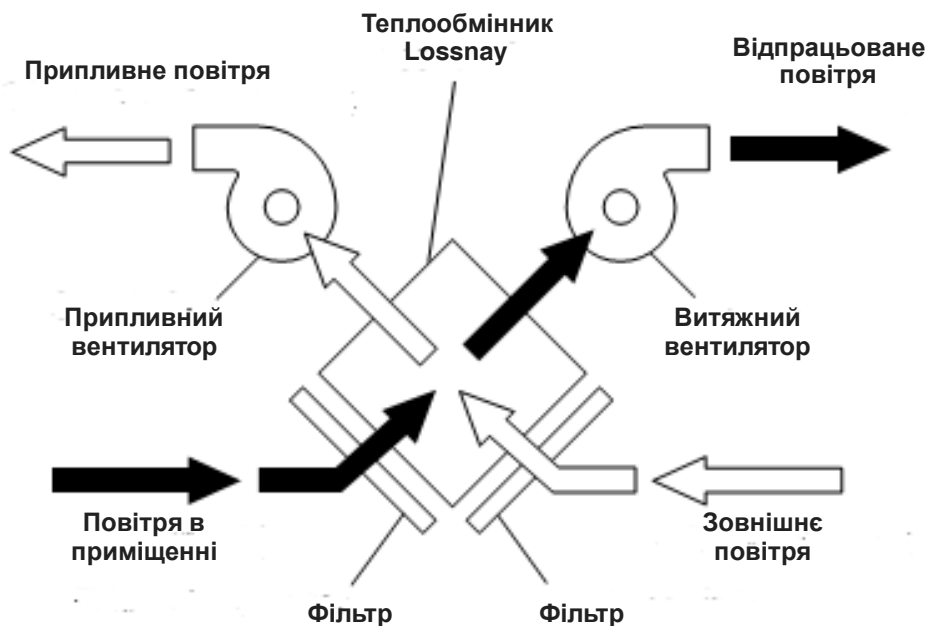


Рис. 2. Схема LGH-RX4

У теплообміннику Lossnay, який має перегородки та гофровані пластини, що їх дистанціюють (рис. 3), застосовується тонка плівка з малим термічним опором зі спеціального полімерного матеріалу. Він є проникним для водяних парів і не пропускає повітря та забруднюючі речовини. Застосування такого теплообмінника дозволяє утилізувати не тільки явну теплоту, а й приховану теплоту водяної пари, що знаходиться у витяжному повітрі (рис. 4).

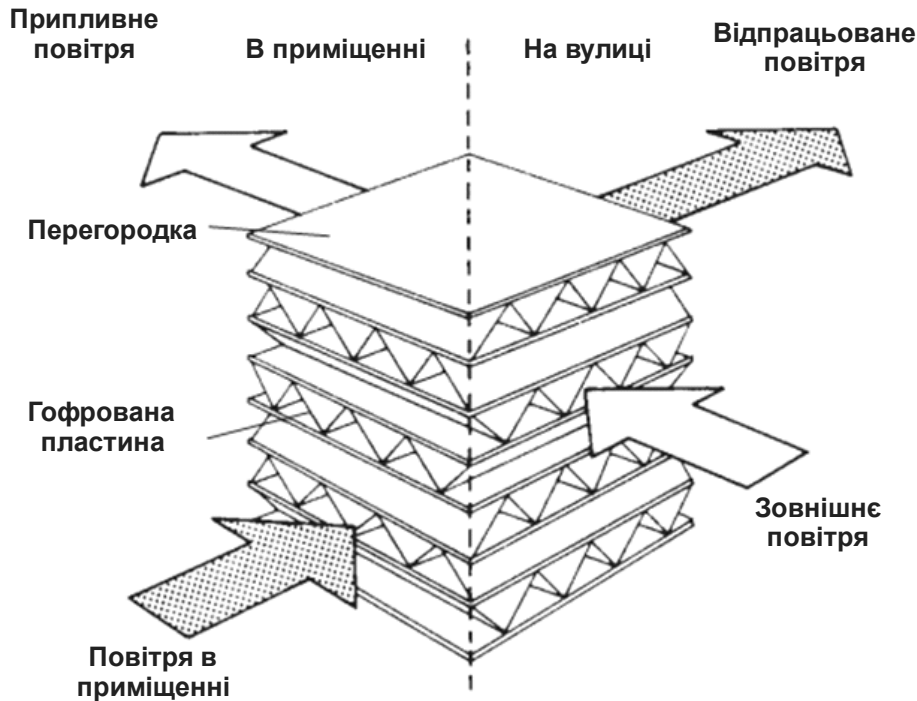


Рис. 3. Конструкція теплообмінника Lossnay

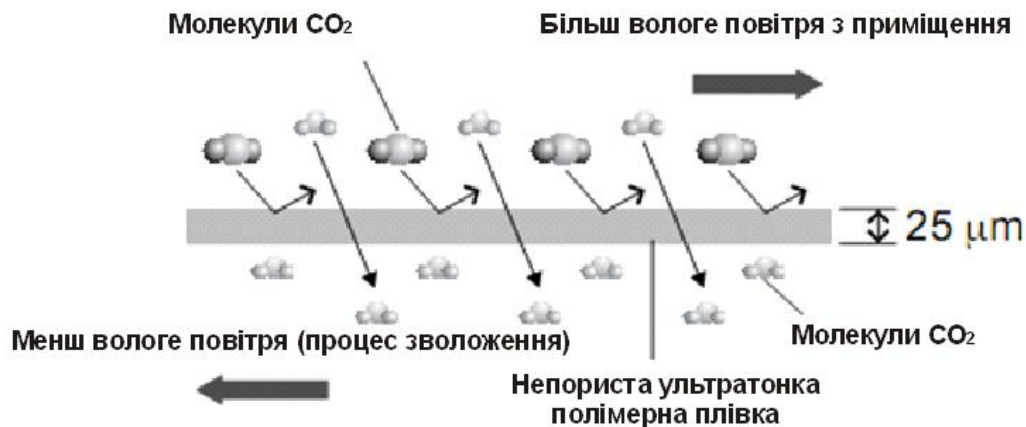


Рис. 4. Процес вологопереносу через матеріал теплообмінника

Товщина такої плівки складає 25 мкм, завдяки спеціальному просоченню така конструкція достатньо стійка до механічних пошкоджень і має значній термін експлуатації.

Для оцінки ефективності вентиляційної установки для нагріву припливного повітря, використовуються температурний η_t та ентальпійний η_h коефіцієнти енергоефективності.

Ці коефіцієнти показують відношення реальної утилізації до максимально можливого значення і розраховуються за наступними формулами:

$$\eta_t = \frac{t_{SA} - t_{OA}}{t_{RA} - t_{OA}} \cdot 100\%; \quad (1)$$

$$\eta_h = \frac{h_{SA} - h_{OA}}{h_{RA} - h_{OA}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де t_{OA}, h_{OA} - температура та ентальпія зовнішнього повітря (OA);

t_{SA}, h_{SA} - температура та ентальпія припливного повітря (SA);

t_{RA}, h_{RA} - температура та ентальпія повітря в приміщенні (RA).

Ентальпія повітря може визначатися або по h-d діаграмі, або визначатися за формулою, кДж/кг сухого повітря:

$$h = C_p \cdot t, \quad (3)$$

де C_p - ізобарна теплоємність вологого повітря, кДж/(кг сух.пов. $\cdot^{\circ}\text{C}$);

t - температура вологого повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Утилізований тепловий потік, кВт :

$$Q = V \cdot \rho \cdot (h_{SA} - h_{OA}); \quad (4)$$

$$Q = G \cdot (h_{SA} - h_{OA}), \quad (5)$$

де V - об'ємна витрата повітря в припливному каналі, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ - густина припливного повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$,

G - масова витрата повітря в припливному каналі, $\text{кг}/\text{с}$.

Визначення параметрів вологого повітря

Ненасичене вологе повітря являє собою суміш сухого повітря та перегрітого пара. Якщо таке повітря охолоджувати, то при деякій температурі воно стане насиченим. Ця температура називається температурою точки роси t_p . Пониження температури повітря нижче t_p викликає конденсацію водяної пари. [4]

Ступінь насичення повітря водяними парами показує фізична величина, що називається відносною вологістю φ , %:

$$\varphi = \frac{\rho_i}{\rho_i} = \frac{p_i}{p_i}, \quad (6)$$

де ρ_i - густина перегрітої пари, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_i - густина насиченої пари, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$p_{i \cdot}$ - максимально можливий тиск знаходять по таблицям насиченої пари при температурі вологого повітря;

p_i - парціальний тиск водяної пари, по тим же таблицям по температурі точки роси t_p .

Крім відносної вологості повітря широко використовується поняття вологовмісту, кг водяної пари/кг сухого повітря:

$$d = \frac{M_{i \cdot}}{M_{\text{АС}}}, \quad (7)$$

де $M_{i \cdot}$ - маса пари у вологому повітрі, кг,

$M_{\text{АС}}$ - маса сухого повітря, кг.

Використавши рівняння стану ідеального газу, отримаємо:

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_{i \cdot}}{p - \varphi \cdot p_{i \cdot}}, \quad (8)$$

де p - тиск вологого повітря.

Ентальпія вологого повітря виражається сумою ентальпій сухого повітря h_B та водяної пари h_D . При температурах до 100°C теплоємність вологого повітря знаходиться по формулі, кДж/кг:

$$^2 = t + d \cdot 10^{-3} (2500 + 1,88 \cdot t). \quad (9)$$

Параметри вологого повітря також можуть визначатися по h-d діаграмі.

Процеси зміни стану повітря постійно проходять в системах вентиляції та кондиціонування. Повітря піддається нагріванню, охолодженню, зволоженню, сушінню, проходить змішування потоків повітря з різними параметрами. Ці процеси можуть бути зображені на h-d діаграмі. [5]

Процеси переходу повітря з одного стану в інший на полі h-d діаграми зображуються прямими лініями (промінь процесу), які проходять через точки, які відповідають початковому та кінцевому стану вологого повітря.

Характер зміни стану повітря визначається величиною тепловологісного коефіцієнта ε , кДж/кг:

$$\varepsilon = \frac{h_2 - h_1}{d_2 - d_1} \cdot 1000, \quad (10)$$

де h_1, d_1 - початкові параметри вологого повітря,

h_2, d_2 - кінцеві параметри вологого повітря.

Опис експериментальної установки

Експериментальна установка складається з власне припливно-витяжної системи вентиляції Lossnay, системи розподілення повітря (повітропроводи, фільтри, анемостати, жалюзійні решітки, шибери) та гільз для вимірювання параметрів повітря.

Конструктивну схему лабораторної установки зображено на рис. 5.

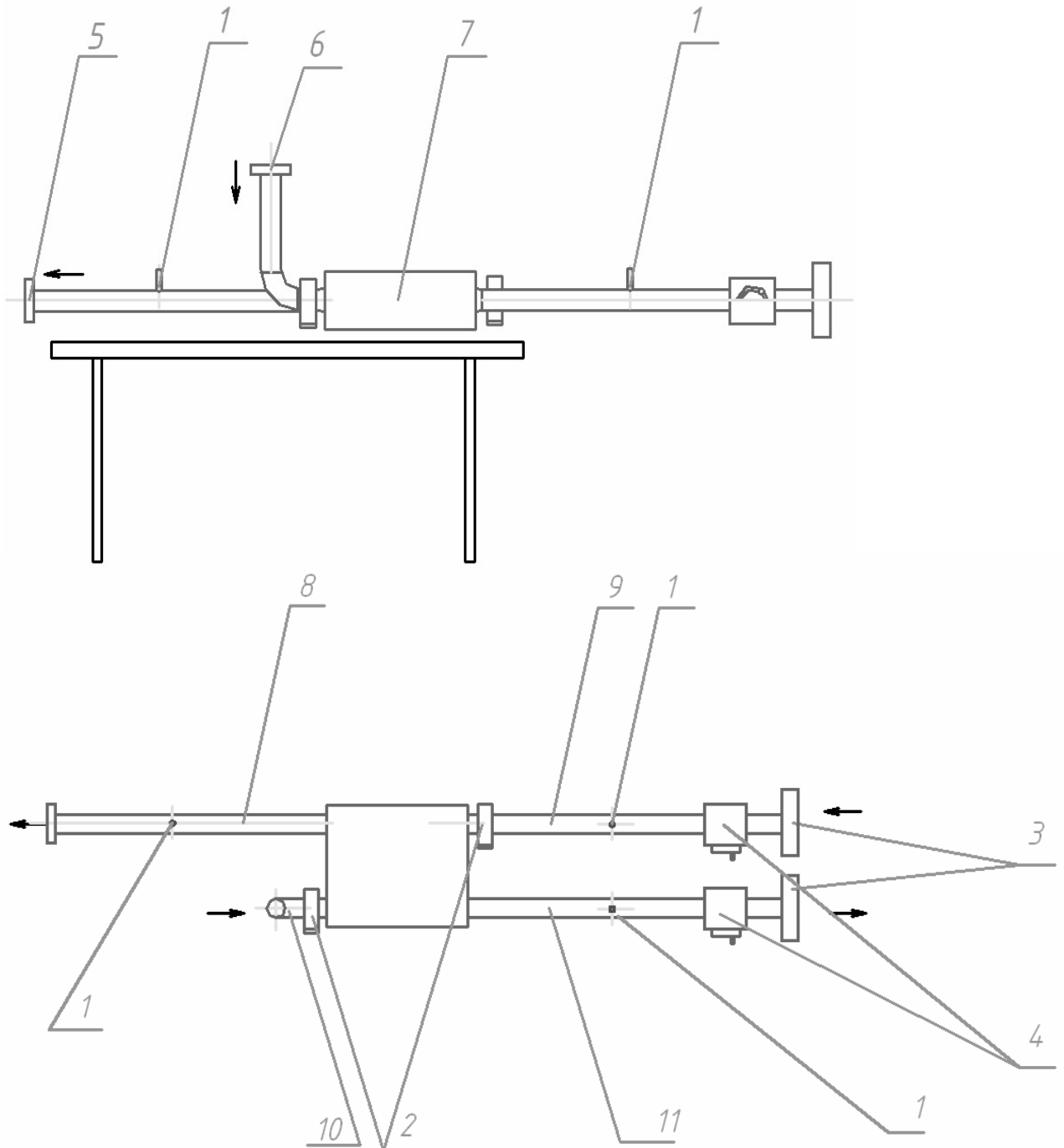


Рис. 5. Схема лабораторної установки

- 1 – гільзи для вимірювання параметрів повітря (швидкість, температура, вологість) за допомогою приладів testo 405, 605
- 2 – фільтри припливного та витяжного повітря
- 3 – захисні жалюзійні решітки
- 4 – шибери для відключення повітропроводів
- 5 – анемостат для припливного повітря (розподіл повітряного потоку на виході з повітропроводу)
- 6 – анемостат для витяжного повітря (розподіл повітряного потоку на вході в повітропровід)
- 7 – установка Lossnay
- 8 – вихідний повітропровід припливного повітря (SA – supply air)
- 9 – вхідний повітропровід припливного повітря (OA – outdoor air)
- 10 – вхідний повітропровід витяжного повітря (RA – room air)
- 11 – вихідний повітропровід витяжного повітря (EA – exhaust air)

Установка LGH-15RX4 має три швидкості:

- надвисока;
- висока;
- низька.

В залежності від швидкості вентиляторів установка має наступні паспортні дані:

Табл.1 Паспортні дані LGH-15RX4

Режим вентиляції		Рекуперация	
Швидкість вентилятора		Висока	Низька
Струм, А		0,29-0,31/0,33-0,35	0,21-0,22/0,23-0,24
Споживана потужність, Вт		63-73/72-84	45-51/49-57
Витрата повітря, м ³ /год		150	110/100
Напір вентилятора, Па		60/80	35/40
Ефективність вентилятора по температурі, %		77	81/82
Ефективність вентилятора по ентальпії, %	обігрів	70	74/75
	охолодження	64,5	70/71

Ефективність рекуперації по явній та прихованій теплоті (по температурі та ентальпії) залежить від швидкості вентиляторів. Ентальпійний коефіцієнт ефективності утилізації залежить також від температурних режимів роботи установки (обігрів, охолодження). Ці характеристики зображені на рис.6.

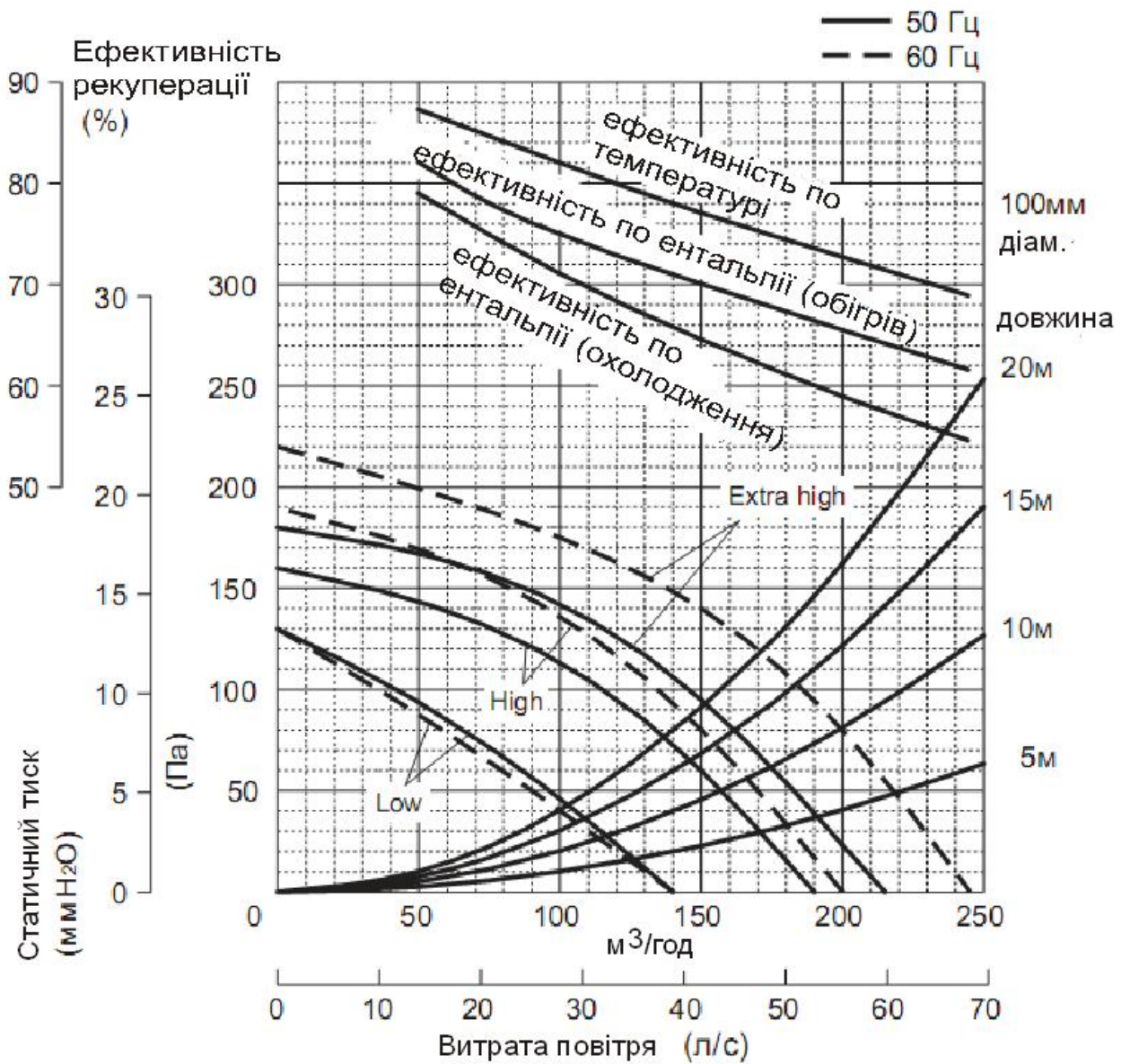


Рис. 6. Витратні характеристики установки

На рис. 7 зображено креслення установки LGH-RX4. Вона складається з припливного та витяжного вентиляторів, теплообмінника Lossnay, повітряних фільтрів, кронштейнів для закріплення, байпасу та блоку управління.

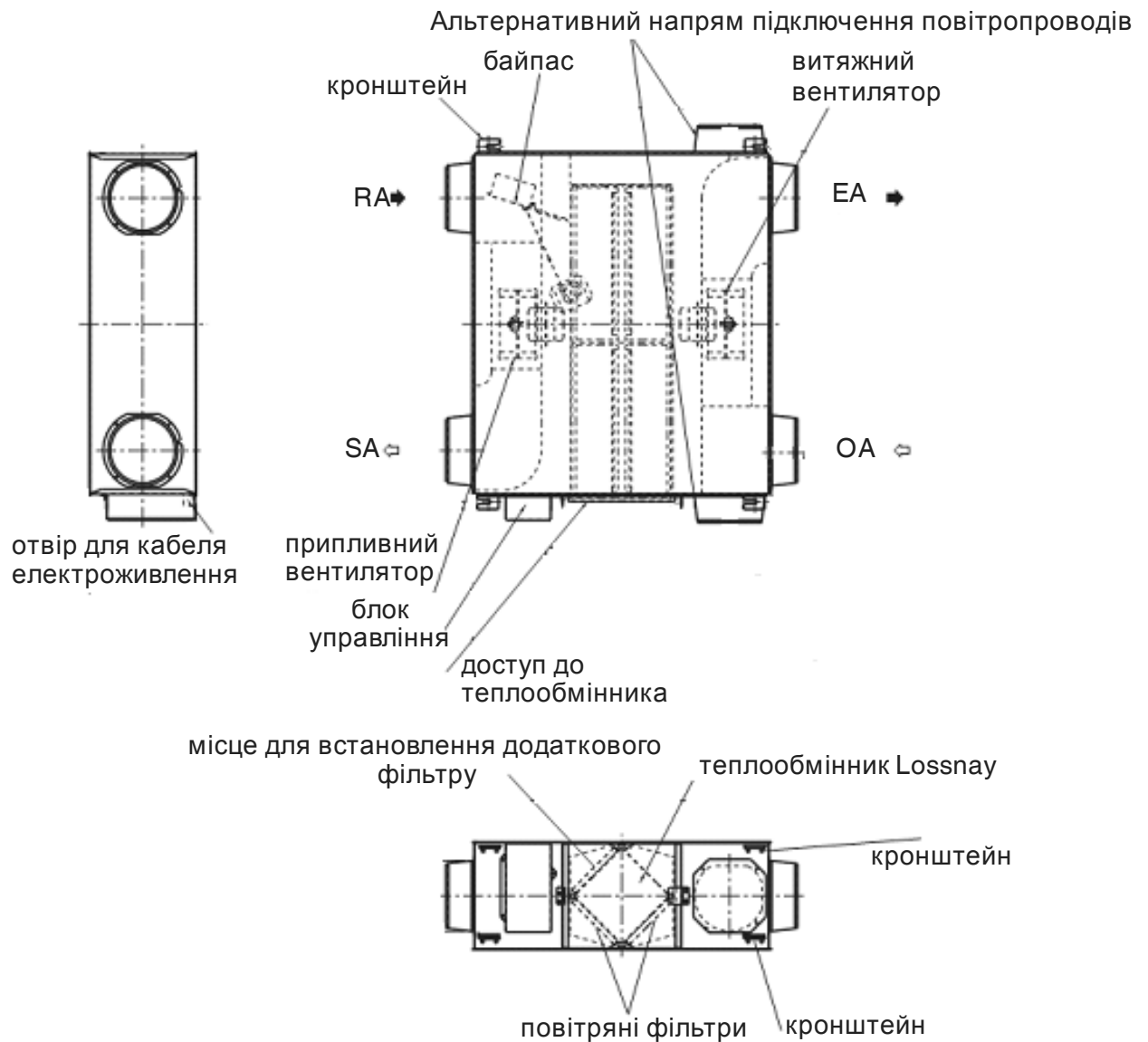


Рис. 7. Креслення установки

Байпас служить для автоматичного ввімкнення функції Free Cooling в літній період, коли температура навколишнього середовища стає нижчою температури повітря в приміщенні. Тоді байпас направляє витяжне повітря в обхід теплообмінника, таким чином припливне повітря не нагрівається.

Для керування установкою використовують пульт управління PZ-41SLB-E.

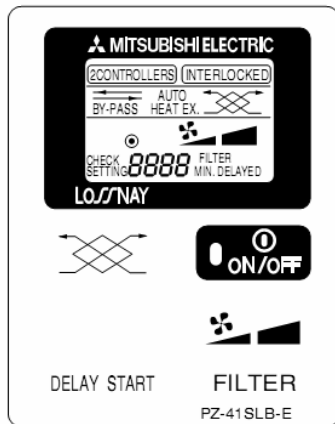


Рис.8. Пульт управління установкою



- кнопка ввімкнення та вимкнення установки

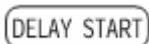


- кнопка вибору режиму роботи:

- ✓ **теплообмінник** – установка працює в режимі рекуперації,
- ✓ **байпас** – припливне повітря подається в обхід теплообмінника-утилізатора,
- ✓ **автоматичний вибір** між ними.



- вибір швидкості вентилятора: High, Low



- визначає затримку ввімкнення Lossnay після подачі зовнішнього сигналу управління



- обнуління таймера забруднення фільтра

Порядок роботи з вимірювальними приладами

Testo 405

Прилад **testo 405** дозволяє одночасно вимірювати швидкість і температуру повітря. При заданих параметрах площі перерізу повітропроводу, прилад може розраховувати об'ємну витрату (рис. 9).

1 – дисплей приладу

2 – кнопка ввімкнення/вимкнення та перемикач показів приладу

3 – шарнір для повертання дисплею

4 – зонд приладу для вимірювання швидкості та температури повітря

5 – захисний поворотний ковпачок (відкривається тільки під час проведення вимірювань, при цьому направляюча стрілка на ковпачці повинна бути направлена в сторону потоку повітря)

Конструктивно прилад представляє собою дисплей на поворотному шарнірі з підключеним зондом. Зонд має довжину 150 мм в складеному стані і 300 мм в розкладеному робочому стані.

У комплект входить затиск для кріплення приладу до кишені або на ремені, а також фіксатор для установки зонда у повітропроводі.

Для ввімкнення приладу натиснути кнопку ввімкнення один раз.

Вибір параметра здійснюється послідовним натисканням кнопки.

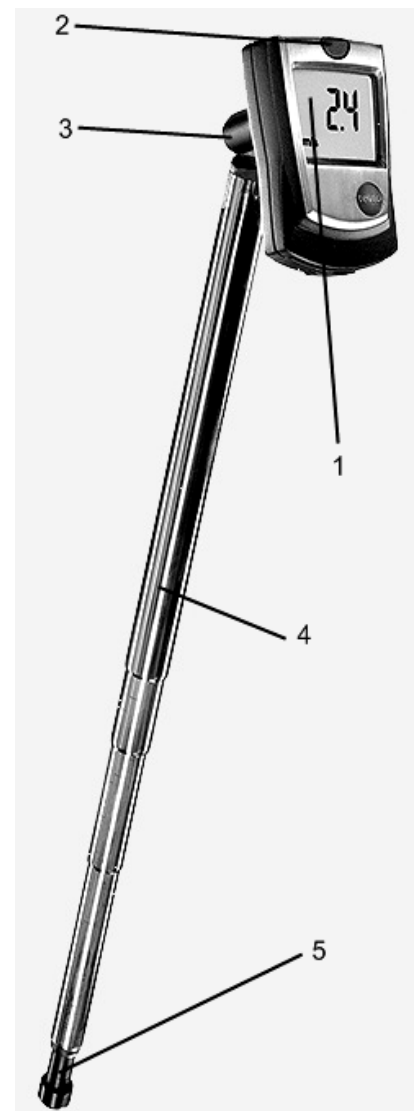


Рис. 9. Термоанемометр Testo 405

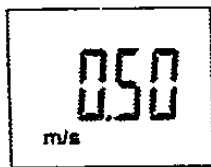
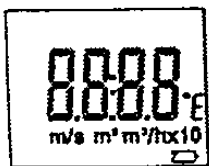
Технічні характеристики приладу testo 405

Діапазон вимірювань:

- швидкість – 0...10 м/с
- витрата – 0...99990 м³/год
- температура – -20...+50 °С

Похибка:

- швидкість – 0,3 м/с
- температура – 0,5 °С



Тест дисплею Показання приладу

При проведенні вимірювань прилад щільно вставляється у відповідну гільзу. Покази знімаються після витримки 3 хв. (3-4 виміри з інтервалом 10 с та розрахувати середнє значення).

Для виключення приладу натисніть та утримайте натисненою кнопку на протязі 3 с.

Testo 605

Прилад **testo 605** дозволяє одночасно вимірювати відносну вологість і температуру повітря. Прилад автоматично розраховує температуру точки роси (рис. 11).

1 – дисплей приладу

2 – кнопка ввімкнення/вимкнення та перемикання показів приладу

3 – шарнір для повертання дисплею

4 – зонд приладу для вимірювання відносної вологості, точки роси та температури повітря

5 – захисний поворотний ковпачок (відкривається тільки під час проведення вимірювань)

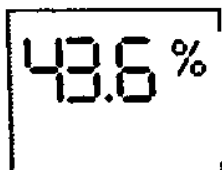
Конструктивно прилад представляє собою дисплей на поворотному шарнірі, до якого підключений зонд для вимірювання температури і вологості.

У комплект входить затиск для кріплення приладу до кишені або на ремені, а також гумовий конус - фіксатор зонда у повітропроводах.



Рис. 10. Термогігрометр Testo 605

Для ввімкнення приладу натиснути кнопку ввімкнення один раз.



Тест дисплею

Показання приладу

Вибір параметра здійснюється послідовним натисканням кнопки.

Технічні характеристики приладу testo 605

Діапазон вимірювань:

- відносна вологість – 5...95 %
- температура повітря – 0...+50 °C

Похибка:

- відносна вологість – 3 %
- температура повітря – 0,5 °C

При проведенні вимірювань прилад щільно вставляється у відповідну гільзу. Покази знімаються після витримки 3 хв. (3-4 виміри з інтервалом 10 с та розрахувати середнє значення).

Для виключення приладу натисніть та утримайте натисненою кнопку на протязі 3 с.

Заходи безпеки під час виконання лабораторної роботи

1. Перед початком лабораторної роботи студенти зобов'язані пройти інструктаж по техніці безпеки і розписатися в журналі інструктажу.
2. До роботи допускаються студенти, що попередньо ознайомилися з методичними вказівками і які підготували протокол лабораторної роботи.
3. На установці одночасно дозволяється працювати не більше ніж 5 студентам.
4. Пуск, зупинка лабораторної установки і проведення експериментів дозволяється тільки під наглядом викладача.
5. Категорично забороняється порушувати вказану послідовність операцій при пуску, зупинці установки і проведенні експериментів.
6. При виникненні щонайменших неполадок установку вимкнути, натиснувши кнопку ON/OFF, і повідомити про це викладача.
7. Категорично забороняється відкривати корпус установки у ввімкненому стані.
8. Забороняється без потреби чіпати сполучні дроти установки.
9. Після закінчення роботи студенти повинні прибрати робоче місце, запросити викладача і з його дозволу вимкнути установку.

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Після вивчення основних елементів та принципів дії експериментальної установки та усвідомлення правил техніки безпеки отримати дозвіл на самостійне виконання лабораторної роботи.
2. Відкрити запірні шибери 4.
3. Ввімкнути електроживлення установки.
4. На пульті управління ввімкнути установку (натиснути кнопку ON/OFF).
5. Ввімкнути прилад Testo 405 та по черзі виміряти швидкість та температуру повітря в точках обліку та в потоці на вході витяжного повітря (рис.5). Виміри проводити через 1 годину після ввімкнення установки.
6. Ввімкнути прилад Testo 605 та по черзі виміряти відносну вологість та температуру повітря в точках обліку та в потоці на вході витяжного повітря (рис.5).
7. Результати вимірювань занести до табл. 2.
8. Змінити умови досліду (положення анемостату, режим роботи утилізатора, швидкість вентиляторів) та після витримки часу 20 хв. повторити п.5-7.
9. Вимкнути установку, натиснувши кнопку ON/OFF.
10. Таблиці результатів вимірювань подати викладачу для підпису.

Таблиця 2. Результати вимірювань

№ п/п	Витяжний канал					Припливний канал					
	$t_{ra},$ °C	$t_{ea},$ °C	$\varphi_{ra},$ %	$\varphi_{ea},$ %	$w_{ea},$ м/с	$t_{oa},$ °C	$t_{sa},$ °C	$\varphi_{oa},$ %	$\varphi_{sa},$ %	$w_{oa},$ м/с	$w_{sa},$ м/с

Обробка експериментальних даних

- 1) Визначаються параметри вологого повітря по I-d діаграмі вологого повітря або за допомогою наданої комп'ютерної програми (ентальпія, абсолютний вологовміст, густина) за відомими температурою та відносною вологістю.

Таблиця 3. Результати розрахунку по I-d діаграмі вологого повітря

№ п/п	h _{га} , кДж/кг	h _{еа} , кДж/кг	h _{оа} , кДж/кг	h _{са} , кДж/кг	d _{га} , г/кг	d _{еа} , г/кг	d _{оа} , г/кг	d _{са} , г/кг	ρ _{га} , кг/м ³	ρ _{еа} , кг/м ³	ρ _{оа} , кг/м ³	ρ _{са} , кг/м ³

- 2) Нанести 4 точки на діаграму та побудувати промені процесів.
- 3) За формулою (10) розрахувати величину тепловологісного коефіцієнта ε – характеристики променя для обох процесів.

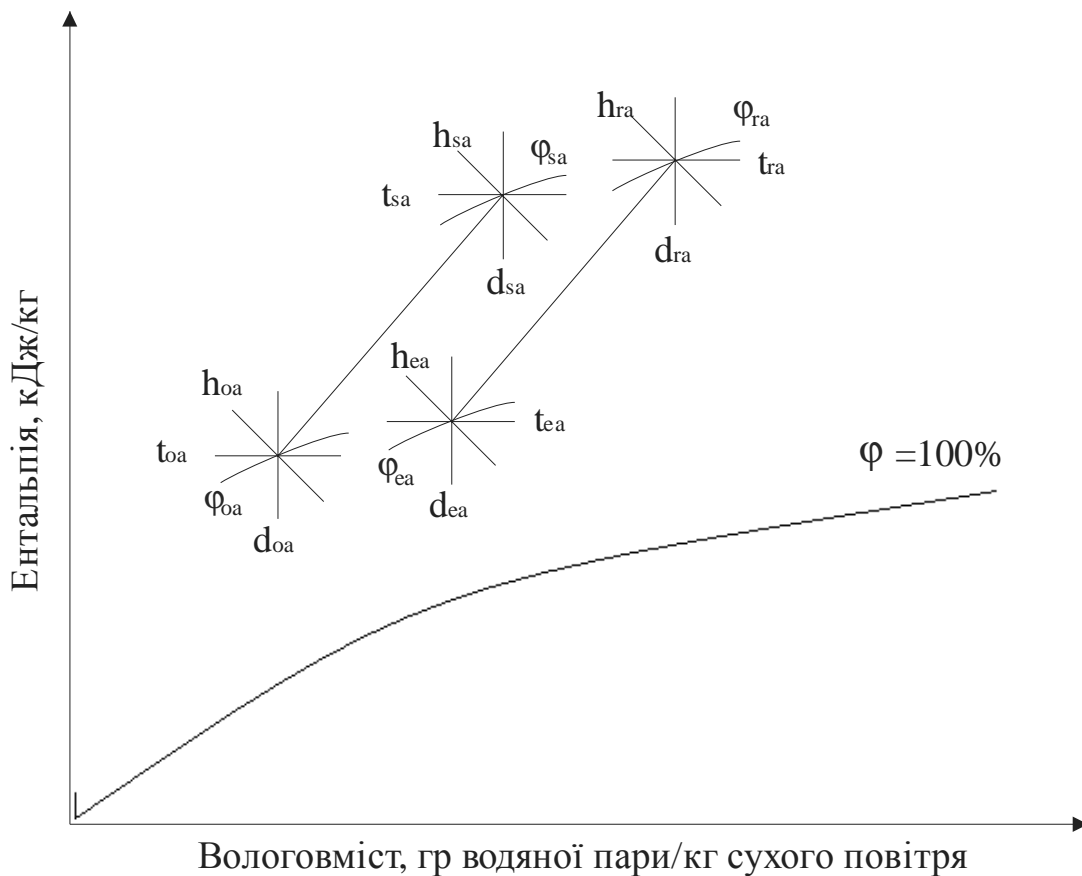


Рис. 11. Процеси в I-d діаграмі

- 4) Визначити об'ємні витрати повітря, м³/с:

$$V = w \cdot F, \quad (11)$$

де w - швидкість повітря, м/с,

F – площа перерізу каналу, м².

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - f_{i\delta}, \quad (12)$$

де f_{np} – площа осевого перерізу вимірювального приладу, м²;

d - діаметр повітропроводу, м.

$d = 100$ мм.

5) Визначити масові витрати повітря, кг/с:

$$G = V \cdot \rho, \quad (13)$$

Масова витрата $G_{га}$ приймається рівною G_{ea} .

Таблиця 4. Результати розрахунку об'ємних та масових витрат повітря

№ п/п	$V_{ea},$ м ³ /с	$V_{oa},$ м ³ /с	$V_{sa},$ м ³ /с	$G_{га},$ кг/с	$G_{ea},$ кг/с	$G_{oa},$ кг/с	$G_{sa},$ кг/с

6) За формулами (1), (2), (5) розрахувати утилізований тепловий потік та коефіцієнти ефективності.

7) Провести розрахунки пунктів 1-6 для інших випробувань.

8) Побудувати графік залежності ефективності утилізатора від витрати повітря.

Таблиця 5. Результати розрахунку ефективності утилізатора

№ п/п	$\eta_t,$ %	$\eta_h,$ %	$Q,$ кВт

Контрольні запитання

1. Яке призначення вентиляції?
2. Типи утилізаторів, їх переваги та недоліки.
3. Назвіть основні елементи вентиляційної установки LGH-15RX4.
4. Принцип роботи утилізатора Lossnay.
5. Конструктивна схема лабораторної установки.
6. Методика визначення параметрів вологого повітря за допомогою h-d діаграми.
7. Що таке промінь процесу та тепловологісний коефіцієнт?
8. Від чого залежить ефективність утилізації теплоти?
9. Для чого служить байпас в установці?
10. Які прилади використовуються для проведення експериментів, які їх характеристики?
11. Зробити висновок, наскільки відрізняються значення ентальпії вологого повітря по h-d діаграмі та за формулою (9).
12. Порівняти витрати витяжного та припливного повітря до та після рекуператора.
13. Провести аналіз отриманих витратних характеристик установки, порівняти їх з паспортними характеристиками.

Список рекомендованої літератури

1. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, Е.П. Вишнеvский, электронный журнал «Библиотека энергосбережения»
2. <http://www.mitsubishi-aircon.ru>
3. <http://www.testo.kiev.ua>
4. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/ В.М. Гусев, Н.И.Ковалев, В.П. Попов, В.А. Потрошков, под ред. В.М. Гусева. – Л.: Стройиздат, 1981. – 343 с., ил.
5. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В./ Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. – Евроклимат, 2001, 416 с.