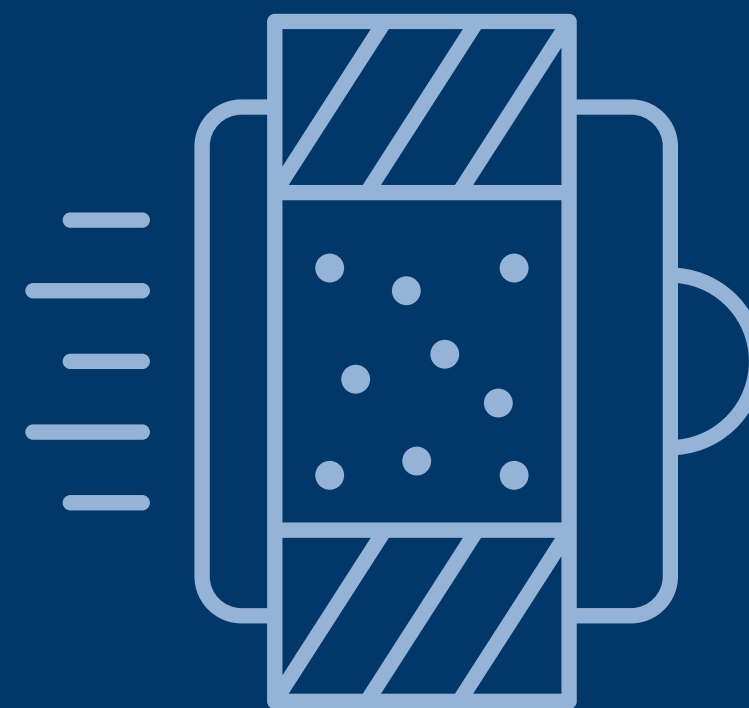


Кіровоградська

М.З.Н.

РЕКУПЕРАТОР ПОВІТРЯ З ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ



Роботу виконав:

ЧЕРЕДНІЧЕНКО СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ,

учень 11 класу

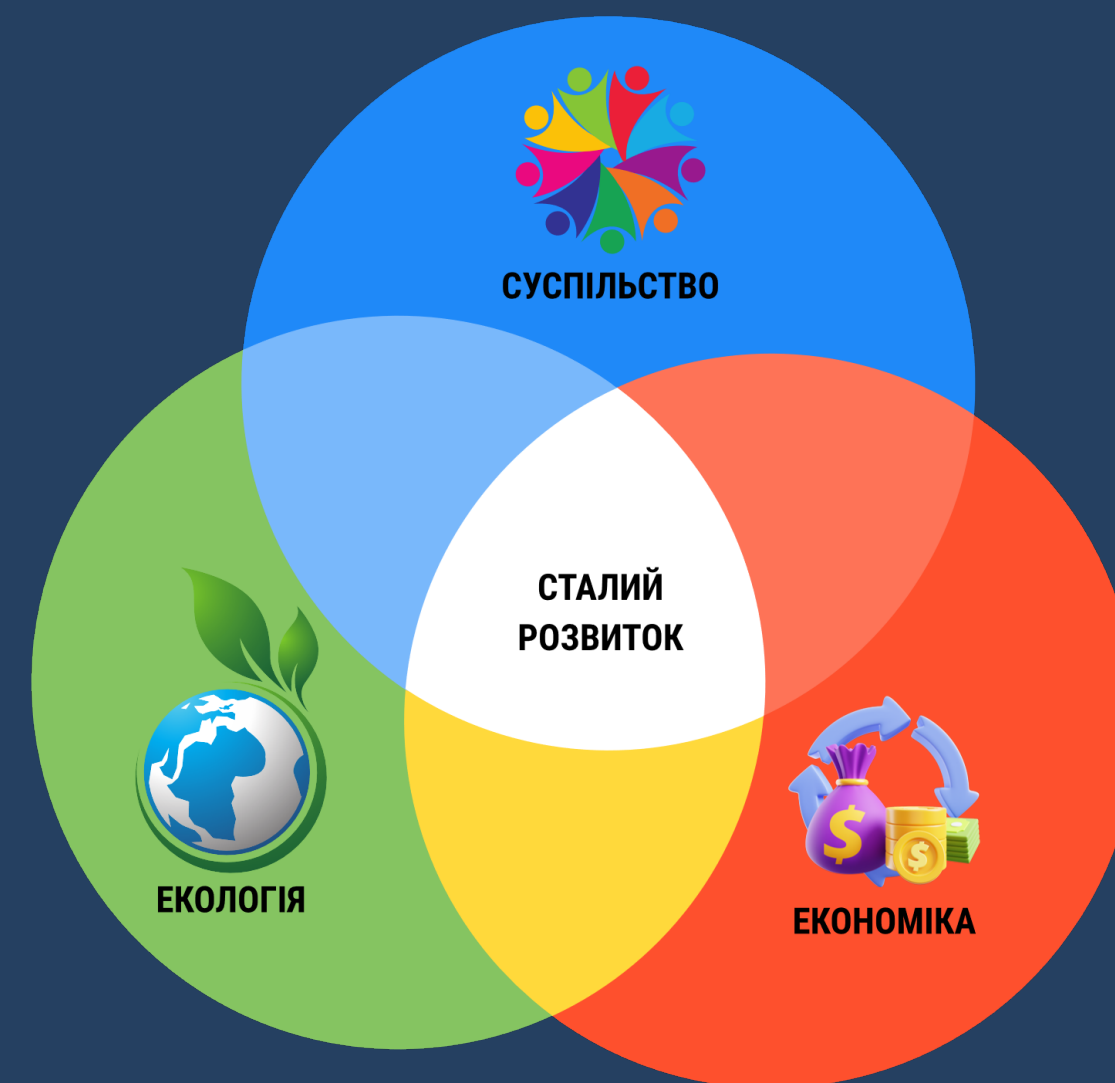
комунального закладу

«Ліцей «Науковий» Кропивницької міської ради»

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пристрої, що дозволяють економити використання енергії є такими, що відповідають загальній концепції сталого розвитку, актуальні для сучасного світу.

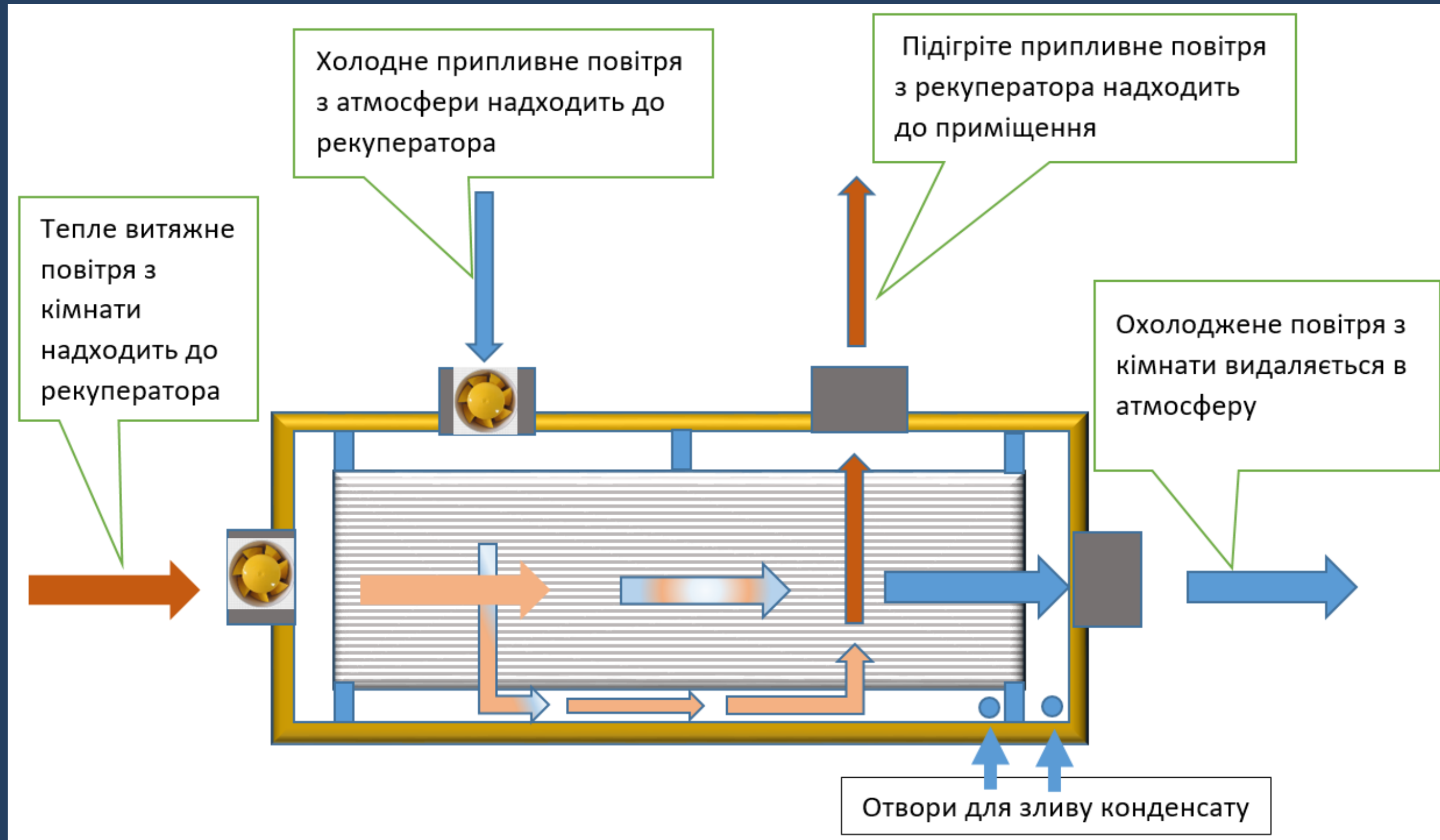
Серед таких є рекуператори, завдання яких – повторно використати тепло, а, отже, зекономити енергоресурси.



<https://www.ecolabel.org.ua/stalij-rozvitok>

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

Схема автора



ПРОБЛЕМА:



ЯКІ ПОВИННІ БУТИ ПАРАМЕТРИ КОНСТРУКЦІЇ?



**РІШЕННЯ:
МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСІВ
ТЕПЛООБМІНУ**

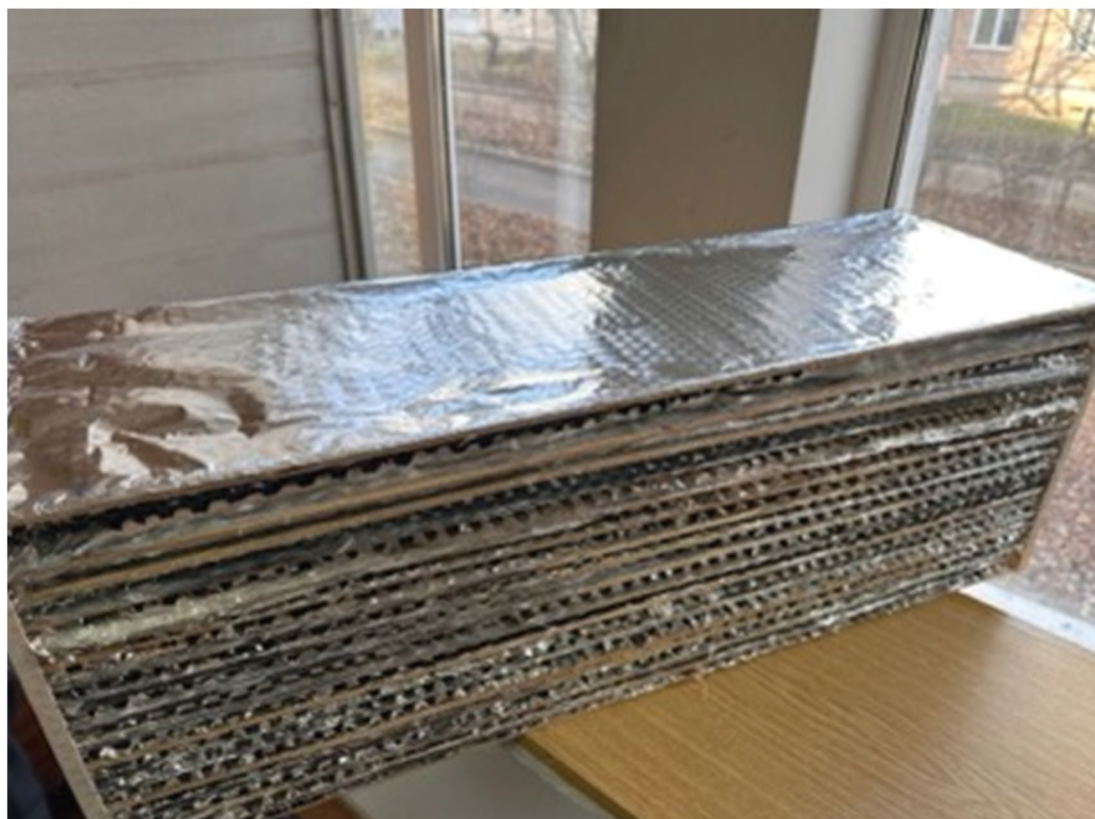
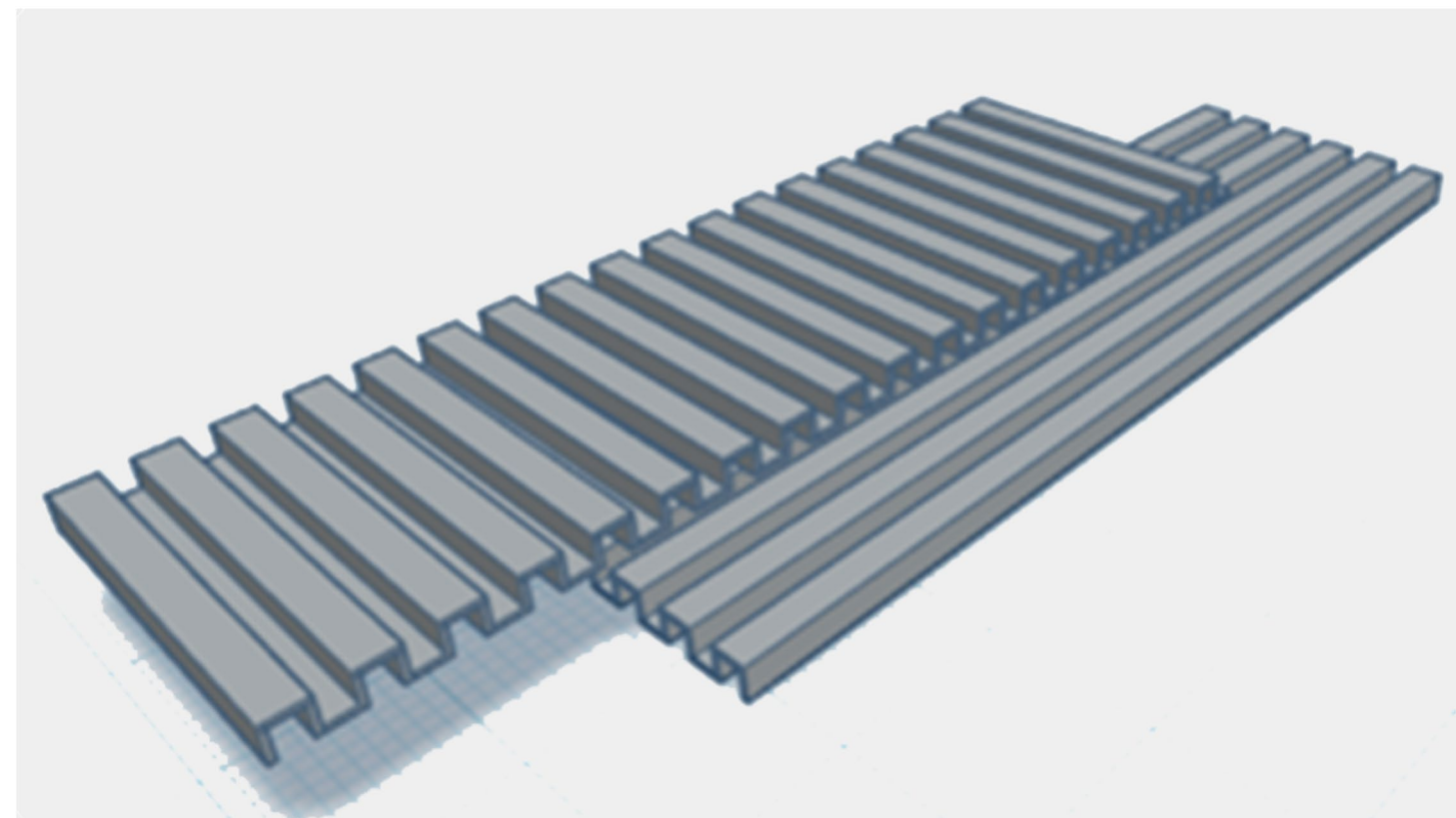


Фото автора



Модель автора

МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛА В ТЕПЛООБМІННИКУ

t_{f1} - температура всередині потоку теплого повітря;

t_{w1} - температура поверхні перегородки з боку потоку теплого повітря;

t_{w2} - температура поверхні перегородки з боку потоку холодного повітря;

t_{f2} - температура всередині потоку холодного повітря;

q - кількість переданої теплоти в секунду через одиницю поверхні ($\text{Вт}/\text{м}^2$);

K - загальний коефіцієнт теплопередачі;

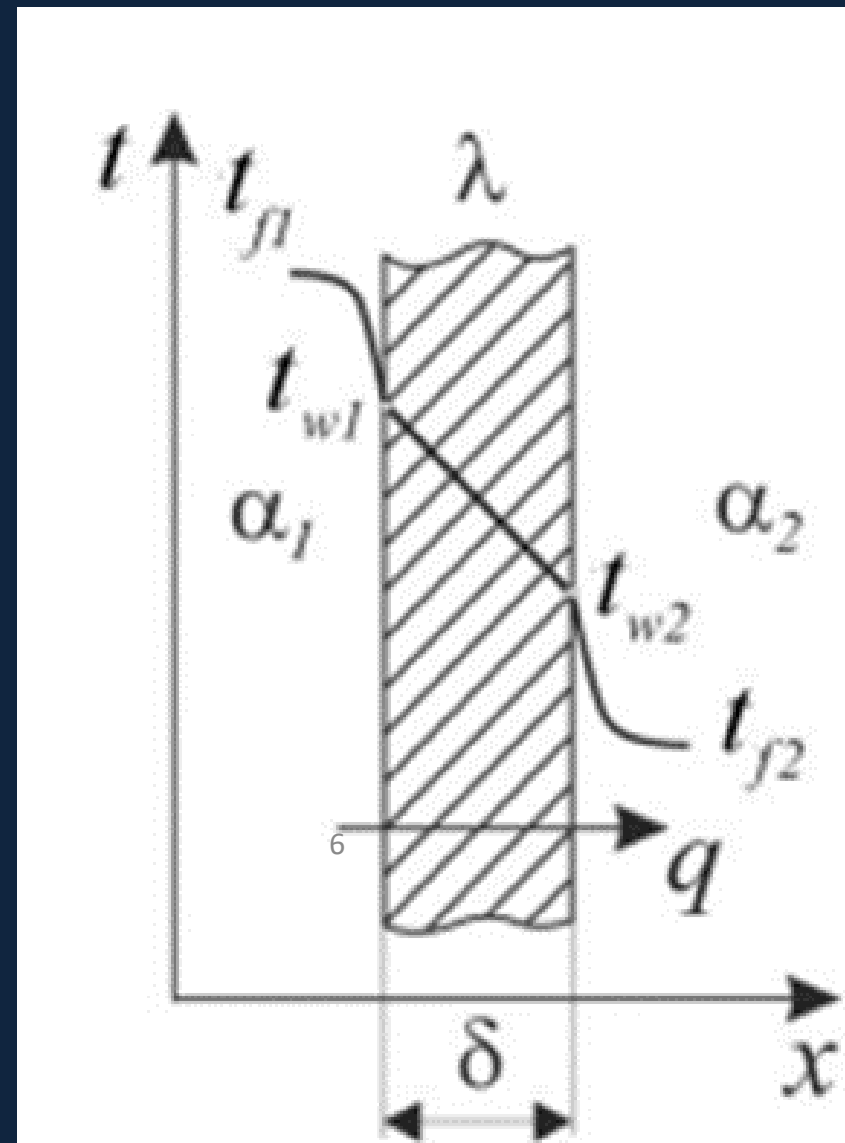
$S_{\text{повну}}$ - загальна площа теплообміну;

δ - товщина перегородки;

λ - теплопровідність матеріалу перегородки;

α_1 - коефіцієнт тепловіддачі теплого повітря;

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі холодного повітря.



I етап (рівняння Ньютона-Ріхмана):

$$q = \alpha_1 \cdot (t_{f1} - t_{w1}) = \frac{1}{R_{\alpha_1}} \cdot (t_{f1} - t_{w1}),$$

II етап (рівняння Фур'є):

$$q = \frac{\delta}{\lambda} \cdot (t_{w1} - t_{w2}) = \frac{1}{R_{\lambda}} \cdot (t_{w1} - t_{w2}),$$

III етап (рівняння Ньютона-Ріхмана):

$$q = \alpha_2 \cdot (t_{w2} - t_{f2}) = \frac{1}{R_{\alpha_2}} \cdot (t_{w2} - t_{f2}).$$

МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛА В ТЕПЛООБМІННИКУ

tf1- температура всередині потоку теплого повітря;

tw1- температура поверхні перегородки з боку потоку теплого повітря;

tw2- температура поверхні перегородки з боку потоку холодного повітря;

tf2- температура всередині потоку холодного повітря;

q – кількість переданої теплоти в секунду через одиницю поверхні (Вт/м2);

K - загальний коефіцієнт теплопередачі;

Sповну - загальна площа теплообміну;

δ - товщина перегородки;

λ - теплопровідність матеріалу перегородки;

α₁ - коефіцієнт тепловіддачі теплого повітря;

α₂ - коефіцієнт тепловіддачі холодного повітря;

Q – кількість переданої теплоти в секунду через повну поверхні (Вт).

$$q = \frac{1}{R_{\alpha_1} + R_{\lambda} + R_{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) = K \cdot (t_{f1} - t_{f2}),$$

$$Q = K \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot S_{\text{повну}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot S_{\text{повну}}$$

За умови $\alpha_2 = \alpha_1 = \alpha_{\text{повітря}}$ та $\frac{1}{\alpha_1} \gg \frac{\delta}{\lambda}$

$$Q = \frac{\alpha_{\text{повітря}}}{2} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot S_{\text{повну}}$$

ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ $\alpha_{\text{повітря}}$

V_t – об'ємна витрата повітря за 1 с;

$S_{\text{попереч}}$ - загальна площа перерізу потоку повітря;

d - відстань між пластинами;

L - довжина каналу;

$C_p = 1005$ Дж/кг·°С - питома ізобарна теплоємність повітря;

$\lambda_{\text{повітря}} = 0,025$ Вт / (м·°К) теплопровідність повітря;

$\nu \approx 1,5 \cdot 10^{-5}$ м² / с - кінематична в'язкість повітря;

$\mu = 1,81 \cdot 10^{-5}$ Па·с - динамічна в'язкість повітря.

Число Рейнольдса:

Потік повітря ламінарний

$$Re = \frac{v_{\text{повітря}} \cdot d}{\nu} = V_t \cdot \frac{d}{S_{\text{попереч}} \cdot \nu} < Re_{\text{кр}} = 2300$$

Число Прандтла для повітря:

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{\lambda_{\text{повітря}}} \approx 0,7$$

Число Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha_{\text{повітря}} \cdot d}{\lambda_{\text{повітря}}}$$

Число Нуссельта для ламінарного потоку:

$$Nu = 1,86 \cdot \left(Re \cdot Pr \cdot \frac{d}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 0,43 \cdot (Re)^{\frac{1}{3}}$$

**Коефіцієнт тепловіддачі
(ламінарна течія):**

$$10 \div 100 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}} \right)$$

УМОВА ЛАМІНАРНОСТІ ($Re_{кр} < 2300$)

$V_t = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна витрата повітря за 1 с;

$S_{\text{поперч}} = 0,02 \text{ м}^2$ - загальна площа перерізу потоку повітря;

$d = 10 \text{ мм}$ - відстань між пластинами;

$L = 70 \text{ см}$ - довжина каналу;

$C_p = 1005 \text{ Дж/кг}\cdot\text{°C}$ - питома ізобарна теплоємність повітря;

$\lambda_{\text{повітря}} = 0,025 \text{ Вт / (м}\cdot\text{°K)}$ теплопровідність повітря;

$\nu \approx 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ - кінематична в'язкість повітря;

$\mu = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ - динамічна в'язкість повітря.

Число Рейнольдса: Потік повітря ламінарний

$$Re = \frac{v_{\text{повітря}} \cdot d}{\nu} = \frac{V}{t} \cdot \frac{d}{S_{\text{поперч}} \cdot \nu} = V_t \cdot \frac{d}{S_{\text{поперч}} \cdot \nu} < Re_{кр} = 2300$$

$$d < \frac{2300 \cdot S_{\text{поперч}} \cdot \nu}{V_t}$$
$$d < \frac{2300 \cdot 0,02 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5}}{0,03} = 0,025 \text{ м}$$

$$Re = 0,03 \cdot \frac{0,01}{0,02 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5}} = 1000 \ll Re_{кр} = 2300$$

ОЦІНКА КІЛЬКІСТІ ТЕПЛОТИ, ПЕРЕДАНОЇ МІЖ ПОТОКАМИ ЧЕРЕЗ ПЛАСТИНИ ЗА 1 с

(відповідно до основного рівняння теплопередачі пластинчастого рекуператора)

Q – кількість переданої теплоти в секунду (Вт);

$K \geq 10$ Вт/(м·°К) - загальний коефіцієнт теплопередачі;

$S_{\text{повну}} = 2,8$ м² - загальна площа теплообміну;

$\delta = 14$ мкм - товщина пластин;

$\Delta T = 10$ °С - середня різниця температур між потоками повітря;

$\lambda_{Al} = 220$ Вт / (м·°К) теплопровідність алюмінію;

$\alpha_1 = 10 \div 100$ $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}\right)$ - коефіцієнт тепловіддачі.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \left[\frac{\delta}{\lambda_{Al}} \right] + \frac{1}{\alpha_2} \quad \alpha_1 = \alpha_2$$

0

$$K \geq 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}$$

$$Q = K \cdot S_{\text{повну}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{min}} \cong 300 \text{ Вт}$$

РОЗРАХУНОК КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКУПЕРАТОРА

$T_{\text{вит}}$ – температура витяжного повітря на вході в рекуператор, [°C];

$T_{\text{вит_вих}}$ – температура витяжного повітря на виході з рекуператора, [°C];

$T_{\text{прип_вих}}$ – температура припливного повітря на виході з рекуператора, [°C];

$T_{\text{прип_вх}}$ – температура припливного повітря на вході в рекуператор, [°C].

$$\eta_t = \frac{(T_{\text{прип_вих}} - T_{\text{прип_вх}})}{(T_{\text{вит}} - T_{\text{вит_вих}})} \cdot 100\%$$

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКУПЕРАТОРА

РЕГЛАМЕНТ КОМІСІЇ (ЄС) № 1253/2014

від 7 липня 2014 року

про імплементацію Директиви Європейського Парламенту і Ради 2009/125/ЄС
стосовно вимог до екодизайну для вентиляційних установок.

Цей Регламент застосовується до вентиляційних установок і встановлює вимоги до екодизайну для їх введення в обіг або введення в експлуатацію.

Терміни та означення, застосовні до цього Регламенту:

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_027-14#n265

ДОДАТОК ІХ

1. ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА

Теплова ефективність непобутової системи рекуперації тепла визначена як

де:

$$\eta_{t_nrvu} = (t_2 - t_2') / (t_1' - t_2')$$

– η_t - це теплова ефективність СРТ [-];

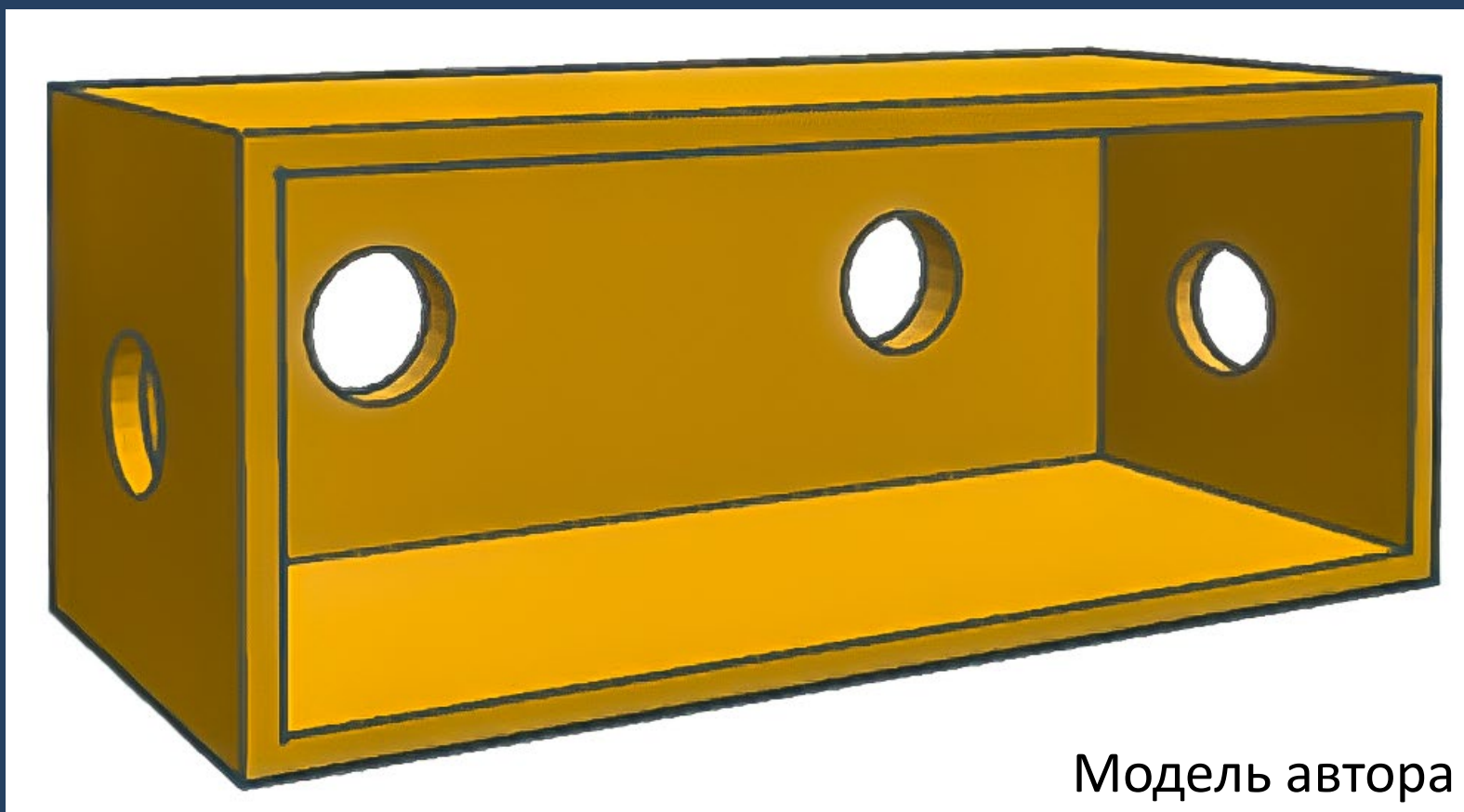
– t_2'' - це температура припливного повітря, що виходить з СРТ і потрапляє до приміщення [°C];

– t_2' - це температура зовнішнього повітря [°C];

– t_1' - це температура витяжного повітря, що виходить з приміщення і потрапляє до СРТ [°C];

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

Корпус, виготовлений з дошок ДСП, утеплений для мінімізації теплових втрат пінопластом товщиною 20 мм.

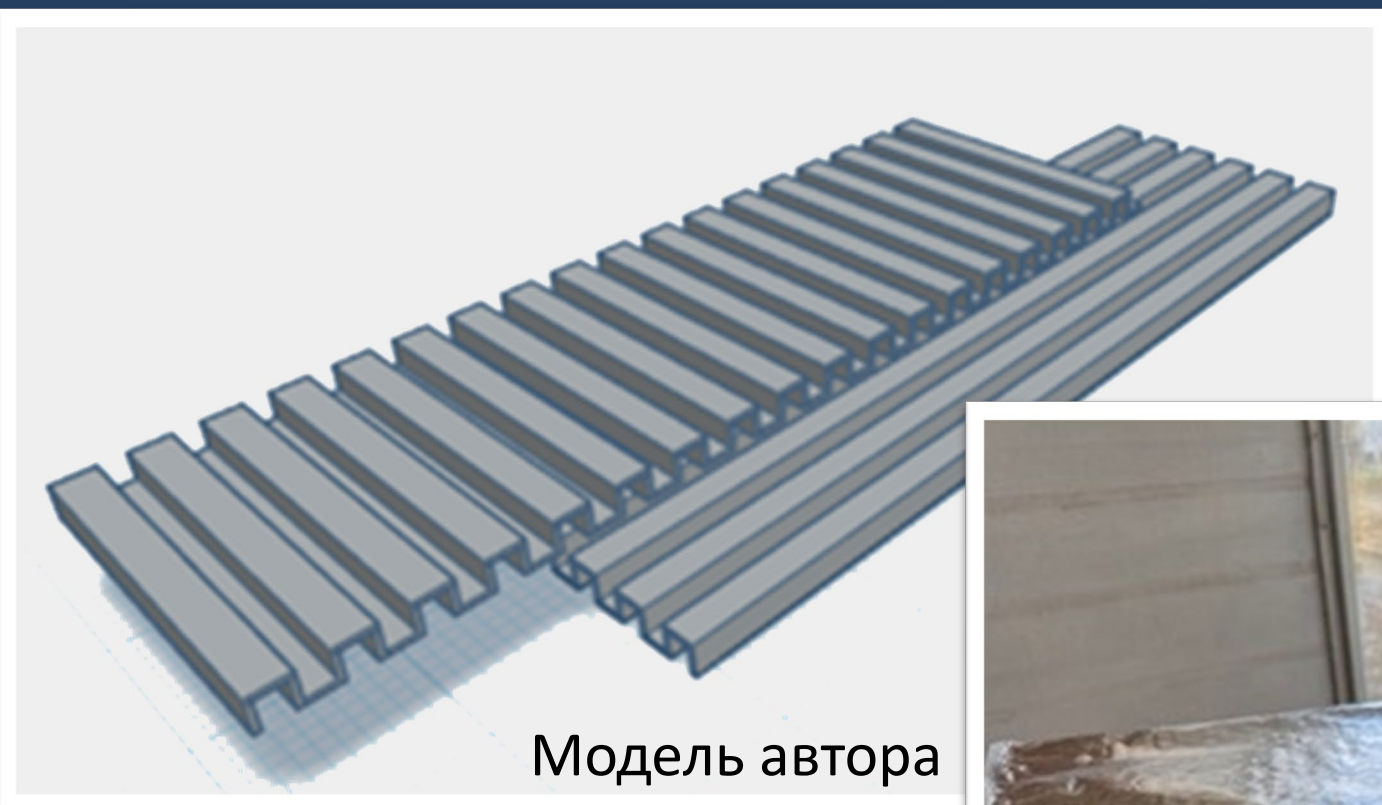


Модель автора

Конструкція корпусу утримує пластини теплообмінника, забезпечує правильні напрямки проходження повітря через пластини.

У корпусі утворено чотири отвори для подачі та відведення повітря через теплообмінник.

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА



Модель автора

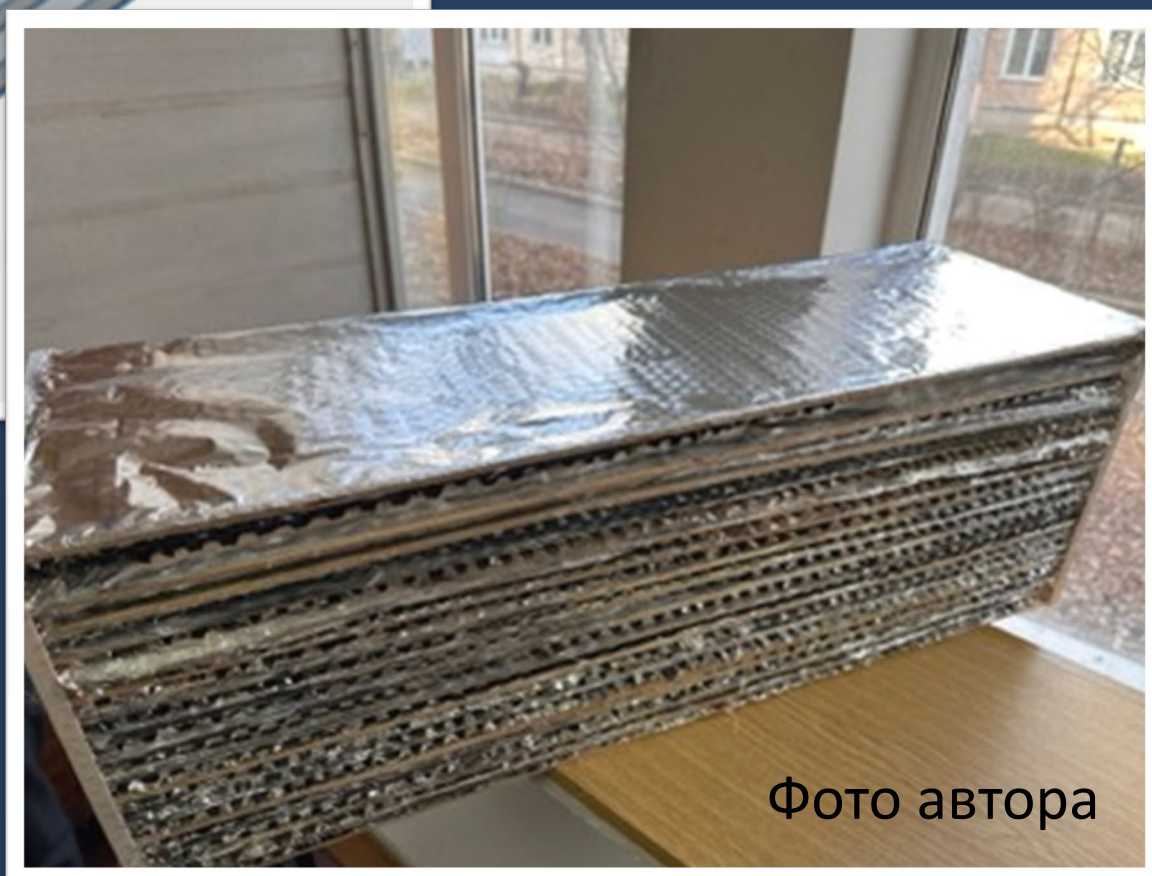


Фото автора

Пластини теплообмінника виготовлені з алюмінієвої фольги, профільовані (вручну), розташовуються паралельно одна до одної.

Між поздовжніми та поперечними пластинами прокладається та проклеюється шар не профільованої фольги, що забезпечує герметичність конструкції.

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА



- Для виготовлення корпусу рекуператора було обрано: дошки ДСП 350 x 850 x 16 мм, з'єднання було здійснено за допомогою меблевих конфірматів.

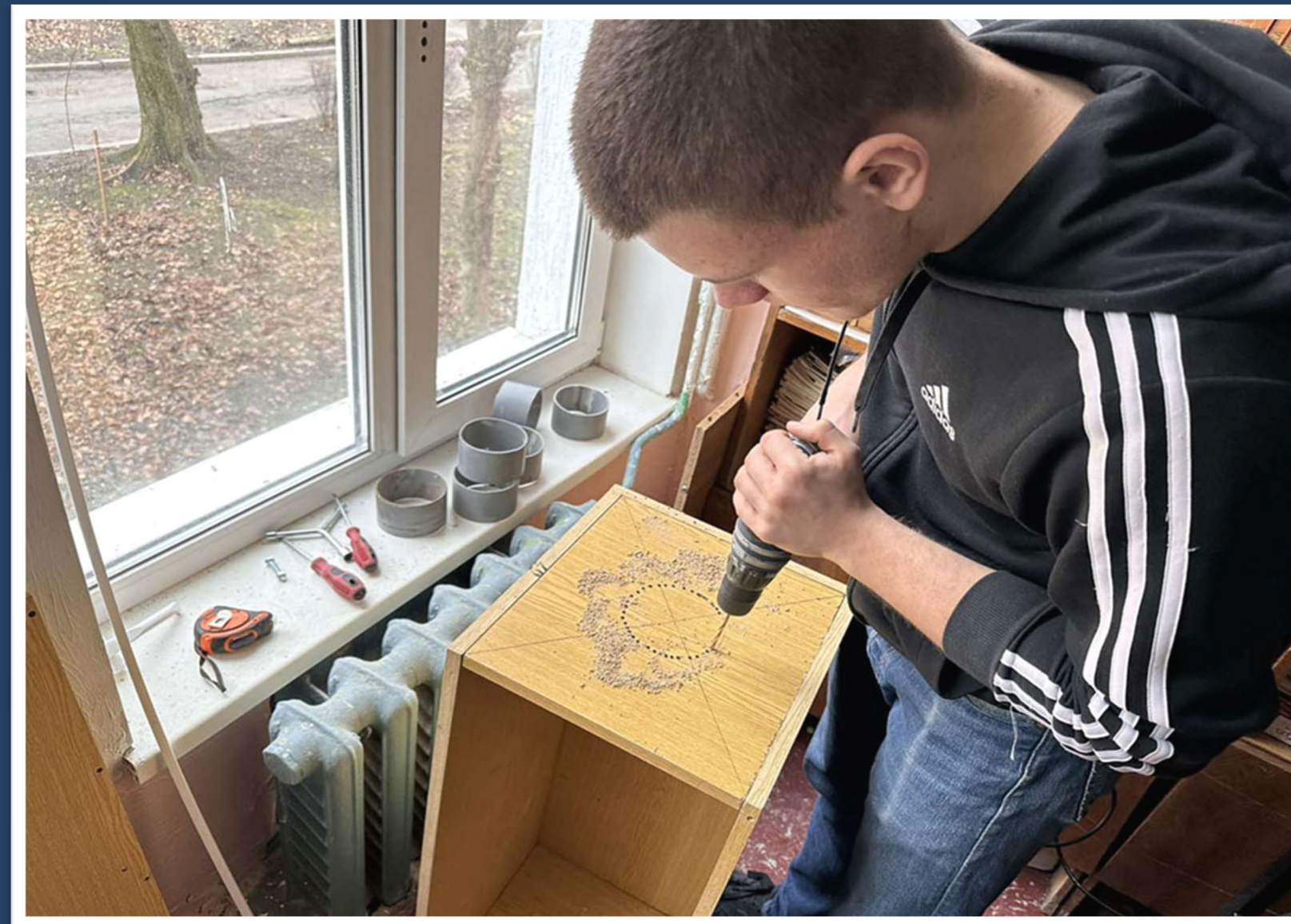


Фото автора

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА



- Каркас теплообмінника рекуператора сконструйований з допомогою дерев'яних дощочок розміром 720x5x5 мм та 230x5x5 мм, чотирьох пластикових кутників розміром 260x10x10 мм.



Фото автора

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

- В якості теплообмінного матеріалу для кожного шару теплообмінника використано харчову алюмінієву фольгу товщиною 14 мкм.
- З'єднання елементів конструкції здійснено силіконовим клеєм з допомогою клейового пістолета.

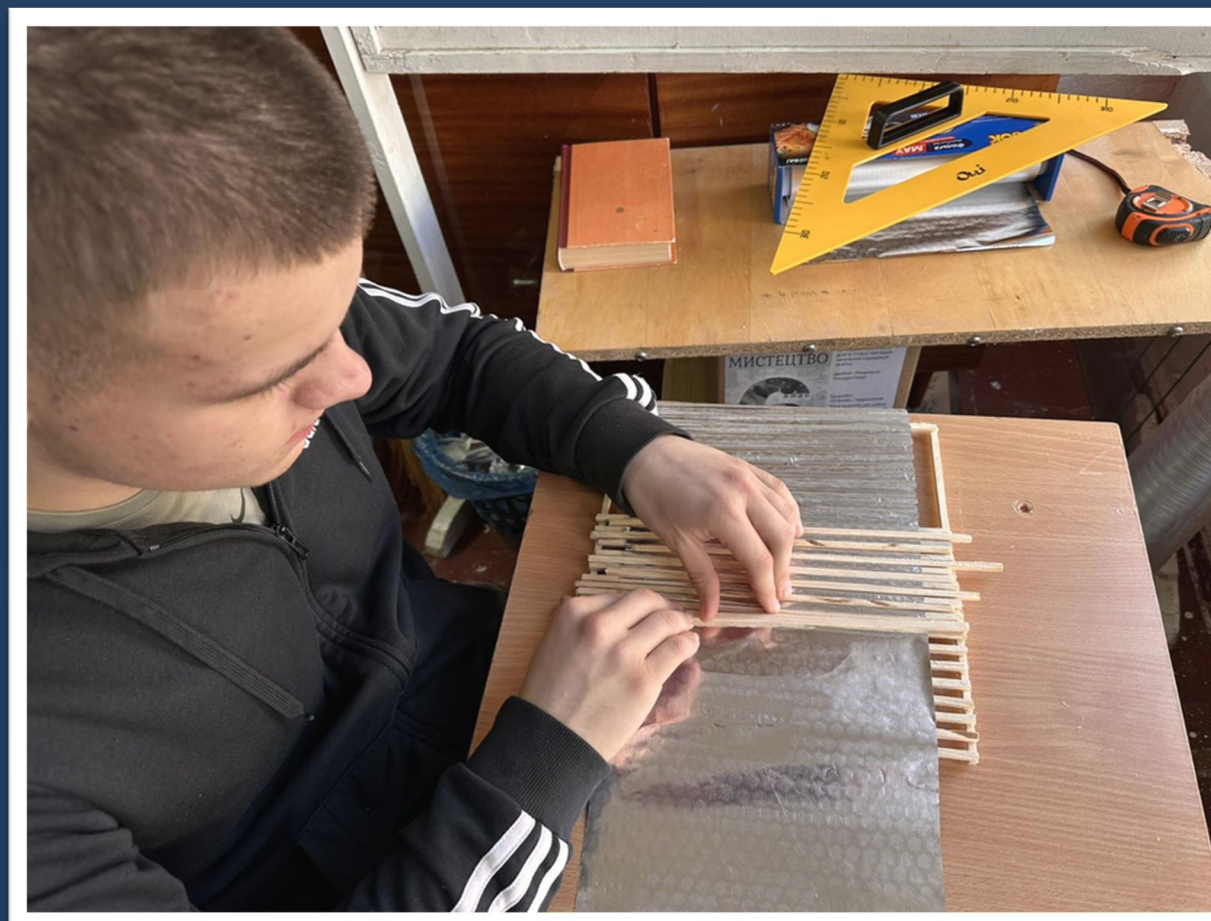


Фото автора

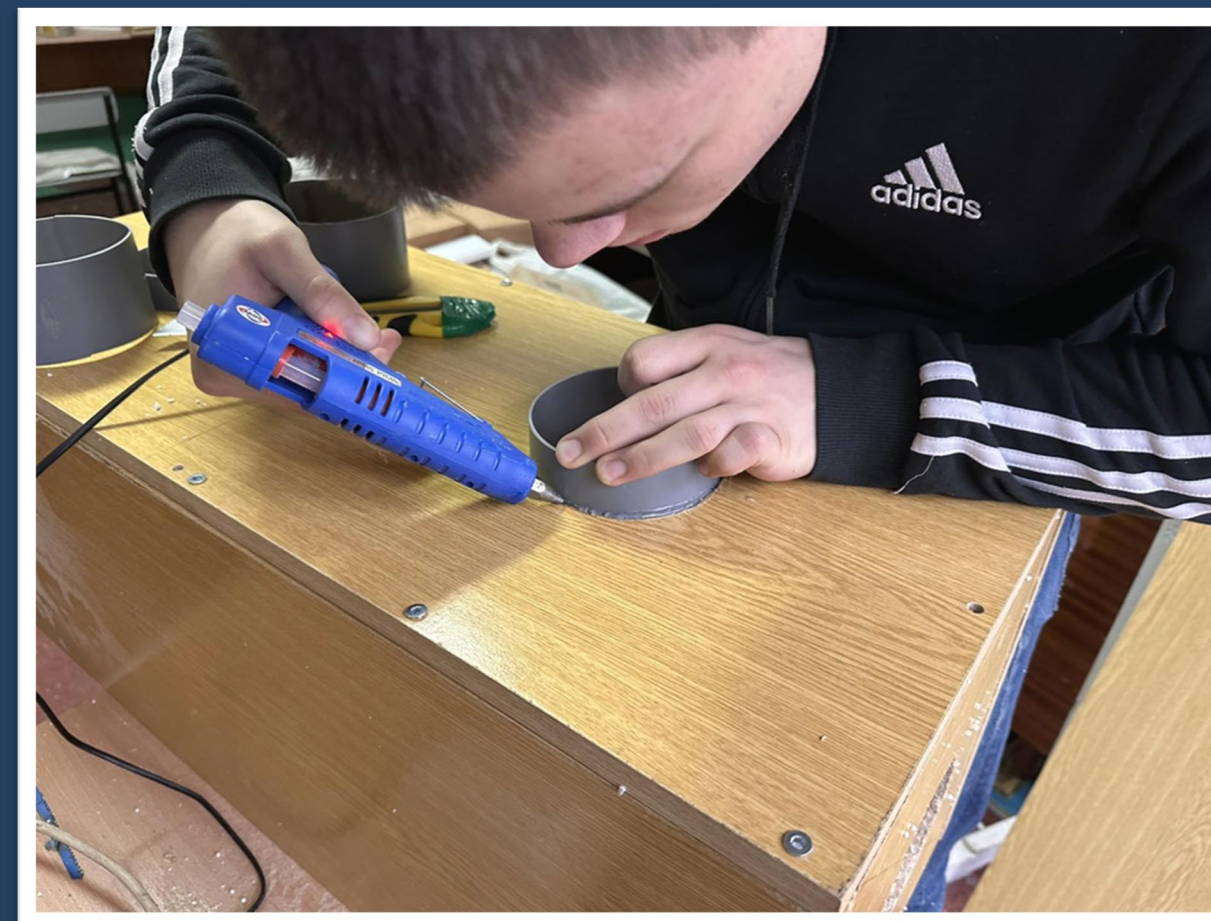


Фото автора

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

- Для подачі та витяжки повітря через рекуператор використано два вентилятори «Домовент 100 ВКО» та гофрована труба діаметром 110 мм.



Фото автора



Фото автора

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

Вартість матеріалів на виготовлення рекуператора - 2583 грн. Вартість рекуператорів промислового виробництва - від 12 000 грн.



Фото автора



Фото автора

КОНСТРУЮВАННЯ РЕКУПЕРАТОРА

Елементи мікроелектроніки забезпечують керування роботою пристрою або в ручному режимі, або в автоматичному на основі виміру якості повітря (вентиляція вмикається після перевищення допустимого рівня CO²).



Фото автора

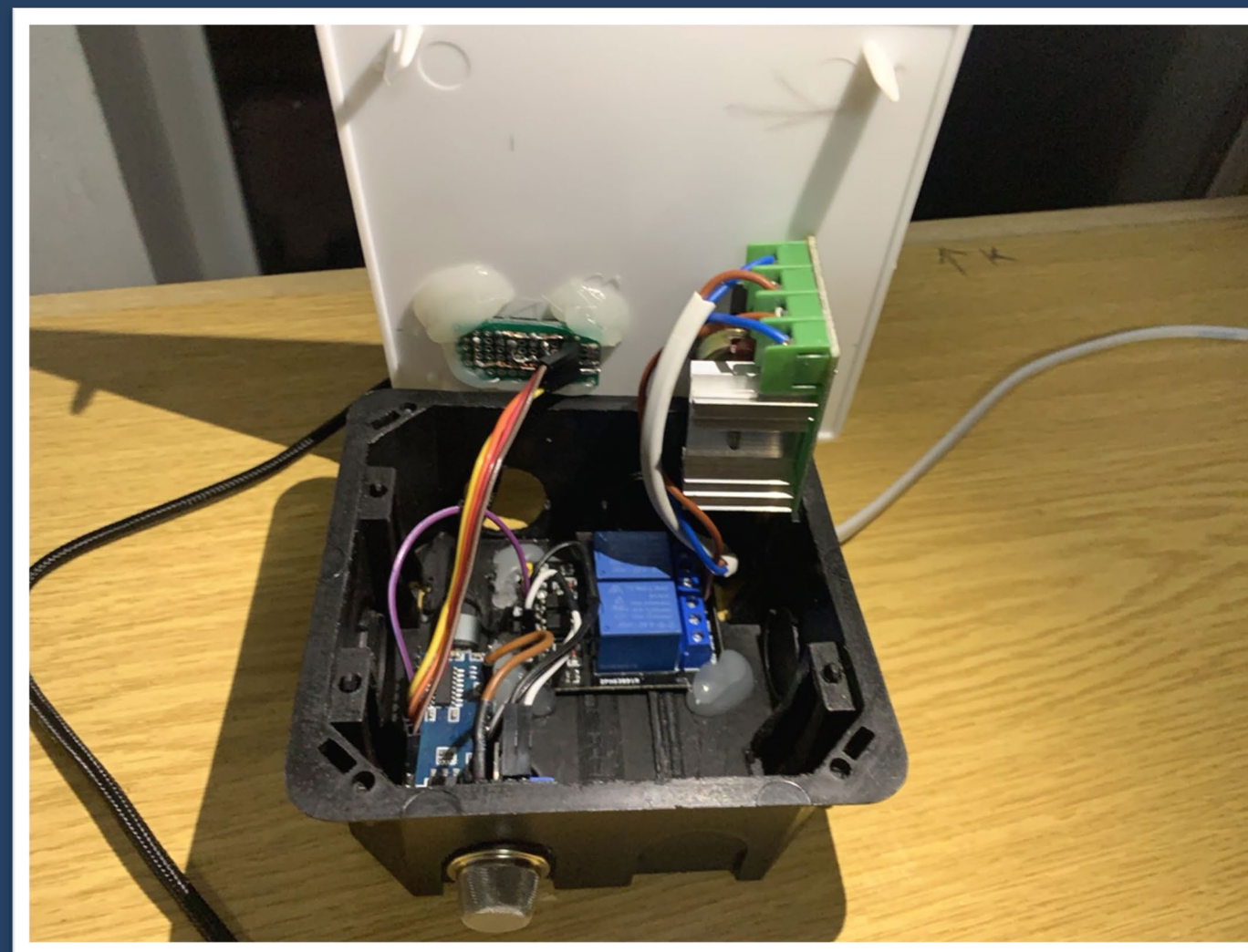


Фото автора

СХЕМА З'ЄДНАННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

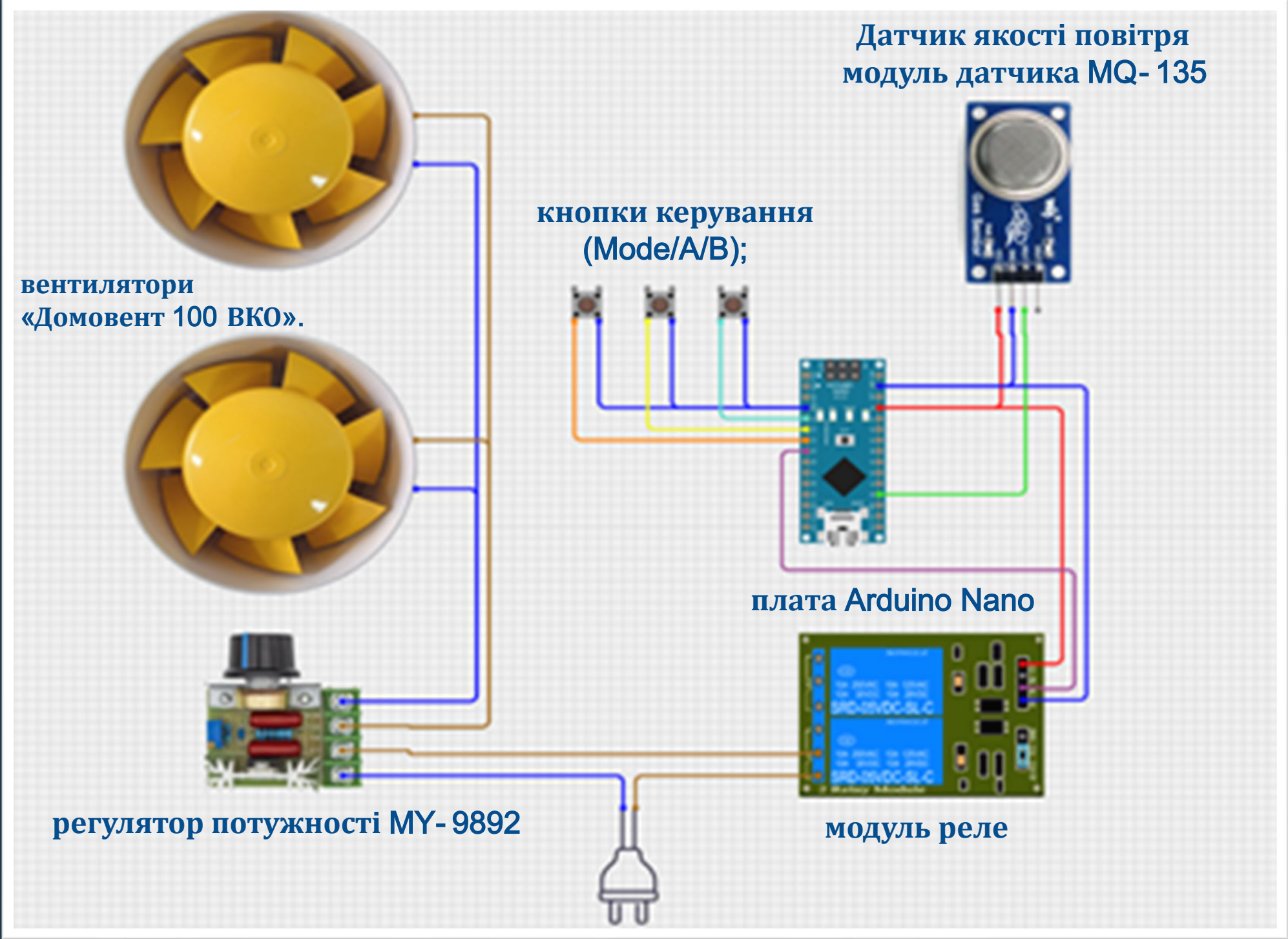
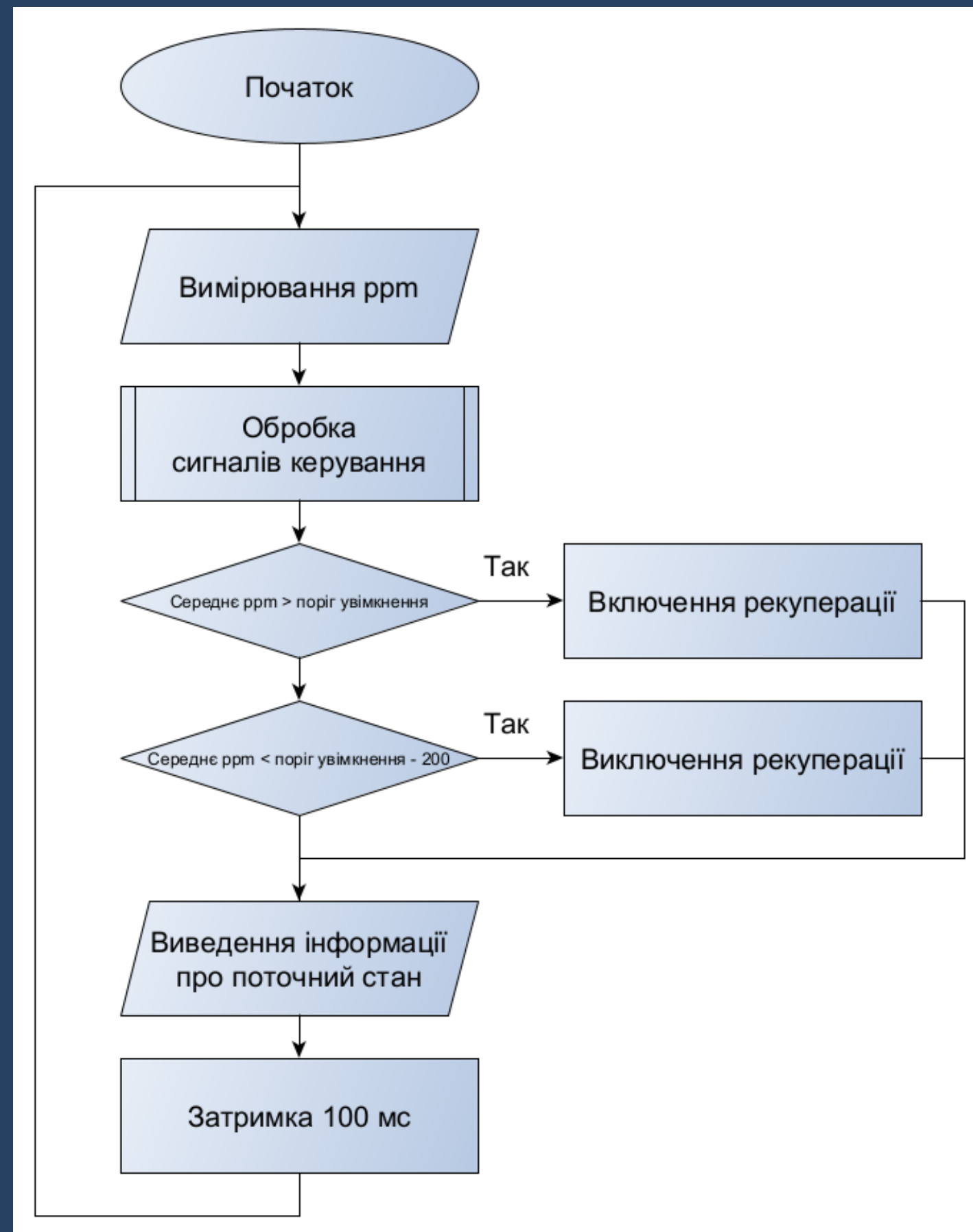


Схема автора

СТРУКТУРНА СХЕМА АЛГОРИТМА КЕРУВАННЯ



ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕКУПЕРАТОРА

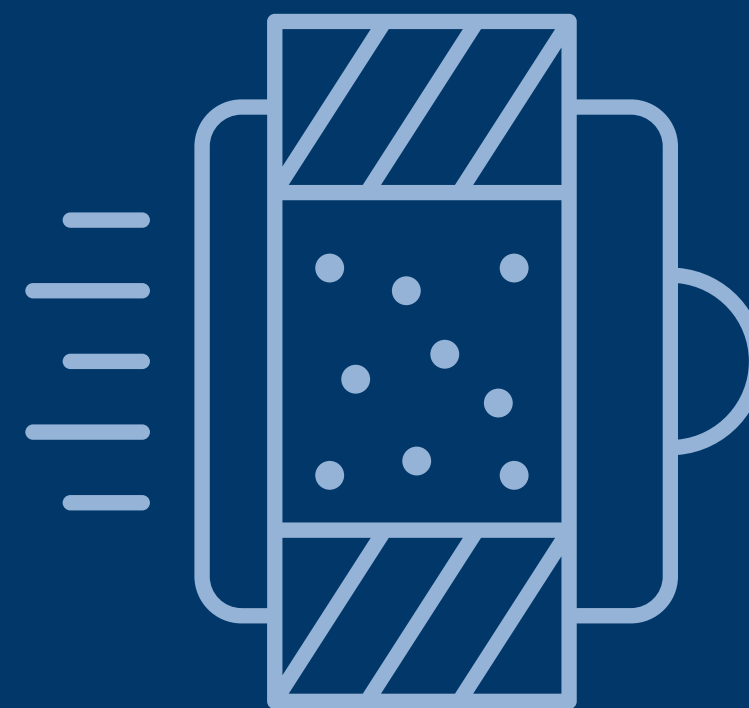
Номер дослідю	$P_{\text{вен'}}$ Вт	$T_{\text{прип_вх'}}$ °C	$T_{\text{прип_вих'}}$ °C	$T_{\text{вит'}}$ °C	$T_{\text{вит_вих,}}$ °C	Вологість, %		η_t %	η %	$Q_{\text{ощад,}}$ Дж/с
						В кімнаті	На вулиці			
1	14	8,3	12,9	20,5	15,1	87	41	85,2	37,7	165,5
2	10	8,3	13,1	20,5	15,3	87	40	92,3	39,4	129,0
3	14	8	13,8	20,6	14,4	92	54	93,5	46	208,7
4	14	-5	6,8	20,2	10,5	30	72	121,6	46,8	424
5	14	-5	7,6	19,7	10,4	30	72	135,5	51,0	453
6	14	-4,7	8,8	18,9	10,5	31	72	160,7	57,2	486
7	14	-4,5	8	18	10,4	30	72	164,5	55,6	450
8	14	-4,3	8,8	17,8	10,3	27	72	174,7	59,3	471
9	14	-4	8,6	17,7	10,1	28	72	165,8	58,1	453
10	14	-4,3	8,1	17,1	9,6	28	72	165,3	57,9	446

Кіровоградська

М.З.Н.

РЕКУПЕРАТОР ПОВІТРЯ З ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

24



Роботу виконав:

ЧЕРЕДНІЧЕНКО СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ,

учень 11 класу

комунального закладу

«Ліцей «Науковий» Кропивницької міської ради»