

Вступ.....

**Розділ 1. Літературний огляд.....**

1.1 Загальні основи оцінки організації повітророзподілення .....

1.2 Схеми розподілу повітря у приміщеннях.....

1.3 Схеми подачі повітря різними типами струмин .....

1.4 Шляхи вдосконалення систем повітророзподілення приміщень громадських будівель.....

**Розділ 2. Інженерні рішення.....**

2.1 Вихідні дані для проектування .....

2.2 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій ....

2.3 Розрахунок тепловтрат.....

2.4 Розрахунок теплонадходжень.....

2.5 Тепловий баланс у приміщенні .....

2.6 Визначення кількості виділяємої вологи і газових шкідливостей .....

2.7 Розрахунок повітрообміну.....

2.8 Опис прийнятих систем .....

2.9 Підбір обладнання установок кондиціонування повітря .....

**Розділ 3. Вдосконалення систем повітророзподілення в громадських спорудах великого об'єму**

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимоги до параметрів мікроклімату в робочій зоні
- 3.1 громадських будівель .....
- 3.2 Аналіз варіантів вдосконалення систем повітророзподілення..
- 3.3 Аналіз змін температури в приміщенні при переривчастій роботі системи .....
- 3.4 Розрахунок параметрів струмини при горизонтальній та вертикальній подачі повітря .....

**Розділ 4.** Заходи з енергоефективності та енергоресурсозбереження

**Розділ 5.** Автоматизація технологічних процесів в системах вентиляції

**Розділ 6.** Економіка будівництва.....

Загальні висновки.....

Список використаних джерел .....

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Системи формування внутрішнього мікроклімату повинні, перш за все, забезпечити комфортні умови життєдіяльності людей і оптимальне ведення технологічних процесів, а вже, по-друге, сприяти виконанню задач зниження енерговитрат на експлуатацію споруд.

Використання високоефективних систем повітрообміну, які відповідають всім вимогам технології та безпеки, особливо важливо в громадських будівлях, особливо в виставкових та конференц-залах. Системи вентиляції та кондиціонування повітря повинні ефективно забезпечувати нормативні характеристики повітря, усувати тепло- та вологонадлишки, а також шкідливі речовини.

Одна з найбільш складних і актуальних проблем сучасного будівництва - забезпечення якості повітря. Якість повітря в приміщенні залежить від багатьох факторів: якість зовнішнього повітря, наявність в приміщенні джерел забруднення, систем і конструкцій повітророзподілення, способів і конструкцій систем вентиляції і кондиціонування повітря, способів управління і надійність експлуатації цих систем і таке інше.

Системи формування комфортного або технологічного мікроклімату достатньо затратна стаття загального бюджету, як при будівництві, так і експлуатації споруд різного призначення. В загальному енергетичному балансі витрати на СКП складають більш ніж 30% від витрат на енергозабезпечення споруд. Зважаючи на такі енерговитратні технології необхідно на державному рівні приділити увагу підтримці розробок по раціональному і економічному використанню енергоресурсів в СКП.

Енергоефективні і нерозривно з ними зв'язані екологоефективні технології, які безумовно впроваджуються при створенні внутрішніх мікрокліматичних умов, необхідно розглядати на всіх етапах будівництва або реконструкції споруд. Це, по-перше, при прогнозуванні передбачаємих витрат та

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рисків роботи інженерного обладнання на передпроектних і проектних стадіях (внутрішні параметри повітряного середовища, алгоритм добових та по періодам року режимів роботи систем, концептуальні рішення, вибір навантажень і таке інше.), по-друге, при будівельно-монтажних роботах (проблеми якості монтажу, професіоналізм організацій і людей, корегування рішень по місцевим умовам і таке інше.), по-третє, при експлуатації (періодичний енергоаудит, підтримання запланованих сервісів, гнучкість реагування на взаємодію внутрішніх і зовнішніх факторів, забезпечення динамічного мікроклімату, можливість реорганізації і реконструкції систем і обладнання при зміні технологічних умов і таке інше).

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Розділ 1

## Літературний огляд

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



мінімальним нормативним вимогам, тому спостерігаються значні розбіжності з вимогами CEN [3-4].

Таблиця 1.1

Порівняння розрахункових витрат повітря згідно CEN та ASHRAE

Тип приміщення	Кількість людей на одиницю площі, люд./м <sup>2</sup>	Категорія CEN	Мінімальна інтенсивність вентиляції для користувачів, м <sup>3</sup> /год на люд.		Додаткова вентиляція для будівлі, м <sup>3</sup> /год*м <sup>2</sup>				Всього, м <sup>3</sup> /год*м <sup>2</sup>	
			ASHRAE Rp	CEN	CEN дуже низьке забруднення	CEN низьке забруднення	CEN не низьке забруднення	ASHRAE Ra	CEN низьке забруднення	ASHRAE
Одиночний офіс	0,1	1	9	36	36	3,6	7,2	1,08	7,2	1,98
		2		25,2	25,2	2,52	5,04		5,04	
		3		14,4	14,4	1,44	2,88		2,88	
Конференц зала	0,5	1	8,1	36	36	3,6	7,2	1,08	21,6	5,58
		2		25,2	25,2	2,52	5,04		15,12	
		3		14,4	14,4	1,44	2,88		8,64	

Ефективність вентиляції залежить від ефективності розподілу повітря а також типу і розташування джерел забруднення, тому це значення не є тільки характеристикою системи. У більшості випадків передбачається, що джерело забруднення рівномірне, тому ефективність вентиляції буде така ж, як і ефективність розподілу повітря. Для вентиляційної системи з повним змішуванням це значення дорівнює 1, і інтенсивність вентиляції з таблиці можна використовувати для проектування подають розподільних решіток.

Ефективність вентиляції або ефективність розподілу повітря є функцією від розташування і типу припливних і витяжних розподільних решіток і залежить від різниці між температурою повітря та кімнатною температурою, а також від повного повітряного потоку через припливну розподільну решітку. Ефективність розподілу повітря можна розрахувати або визначити експериментально. Для

припливної та місцевої систем вентиляції значення можуть бути більше 1. Якщо в приміщення подається тепле повітря, значення можуть падати до 0,5.

Різні науковці робили спроби отримати функціональні залежності, щоб оцінити ефективність розподілу повітря в приміщенні. Д. Рідберг [8], який проживав у Швеції, запропонував провести ефективну оцінку перепаду температури  $\theta$ , яка пов'язує фактичний перепад температури  $t_w - t_x$  зі швидкістю  $v_x$  у конкретній точці струмини залежністю

$$\theta = t_g - t_x + 8 \cdot v_x \quad (1.1.1)$$

Крім того, існує ряд стандартів для оцінки якості повітророзподілу::

1. Стандарт ASHRAE Comfort [6].

Наступні параметри можна використовувати для визначення рівня комфорту:

- температура повітря в приміщенні (за сухим термометром);
- радіаційна температура;
- швидкість руху повітря;
- зміна в часі коливань температури та швидкості.

2. Стандарт ADPI – Р.Г. Невінз і E.D. Ward запропонували індекс, який називається індекс ефективності повітророзподілу [6], щоб відобразити характеристики повітророзподілу. Індекс було розроблено на основі експериментальних досліджень для оцінки стану повітря [7]:

$$\theta = t_x - t_g - 7,66 \cdot (v_x - 0,15) \quad (1.1.2)$$

3: П. Фангер [22] в країнах Західної Європи запропонував спосіб оцінки якості повітряного середовища. Цей метод використовує рівняння співвідношення відносної вологості та радіаційної температури для створення складених діаграм комфорту. Для цього використовуються середні та

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



приміщеннях, для досягнення "тягової підтримки" потоку припливного повітря, і перетворив змішану вентиляцію на вентиляцію "квазі-витіснення", що значно покращило ефективність вентиляції та якість повітря.

Припливна вентиляція широко використовується в різних будівлях завдяки високій ефективності вентиляції, комфорту в приміщенні та енергозбереженню [11, 12]. В даний час найпоширенішою формою вихідного отвору є щілинний вихід. Враховуючи різні характеристики місця застосування, для аналізу були обрані різні форми виходу повітря (щілинний вихід (SO), прямокутний вихід (RO), круглий вихід (CO), напівкруглий вихід (SCO)).

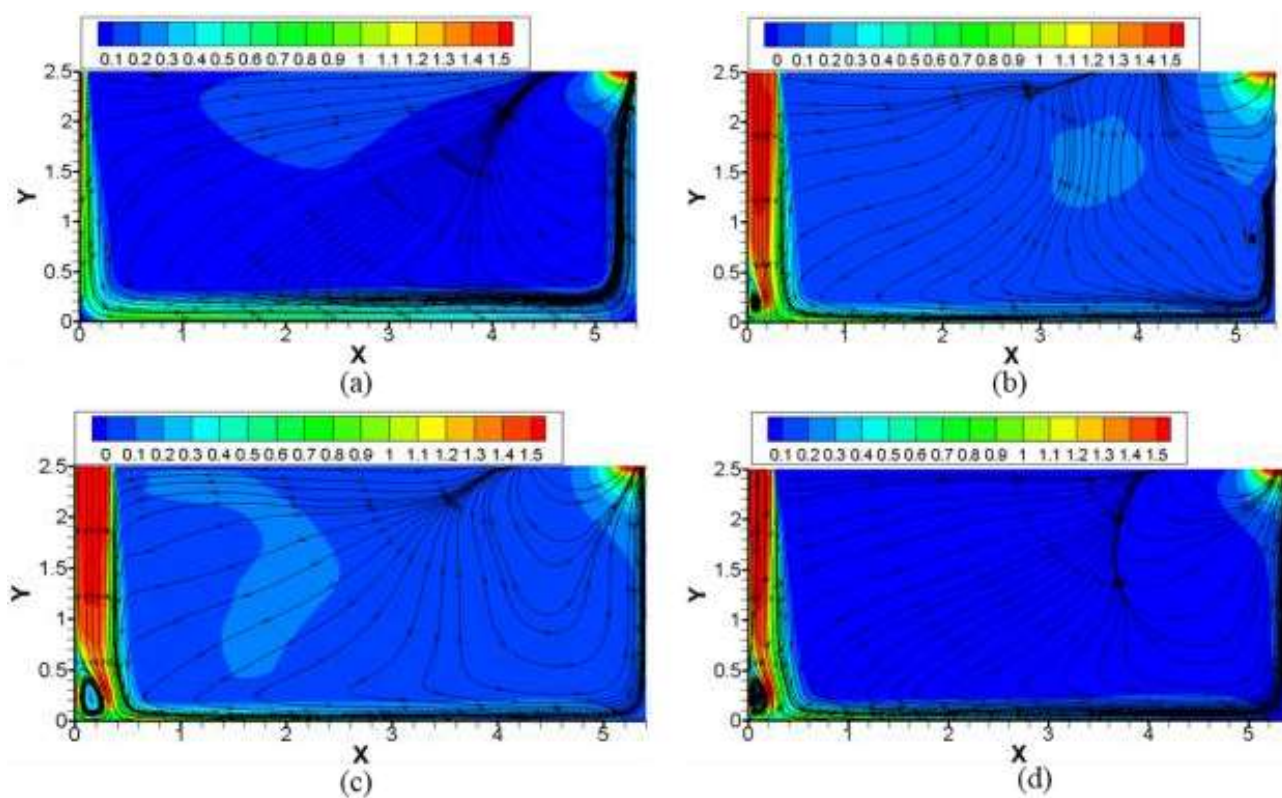
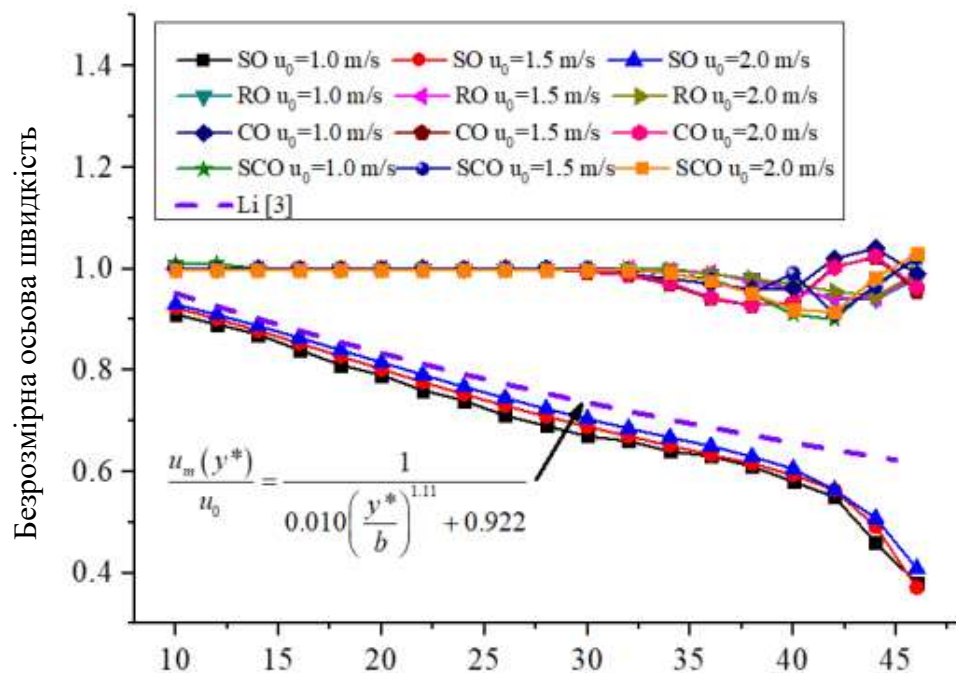


Рис.1.1.3. Розподіл швидкостей при різних формах вихідного отвору при  $z = 0$  m: (a) SO; (b) RO; (c) CO; (d) SCO

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				



Безрозмірна відстань від місця виходу повітря

Рис.1.1.4. Безрозмірна осьова швидкість при різних формах виходів

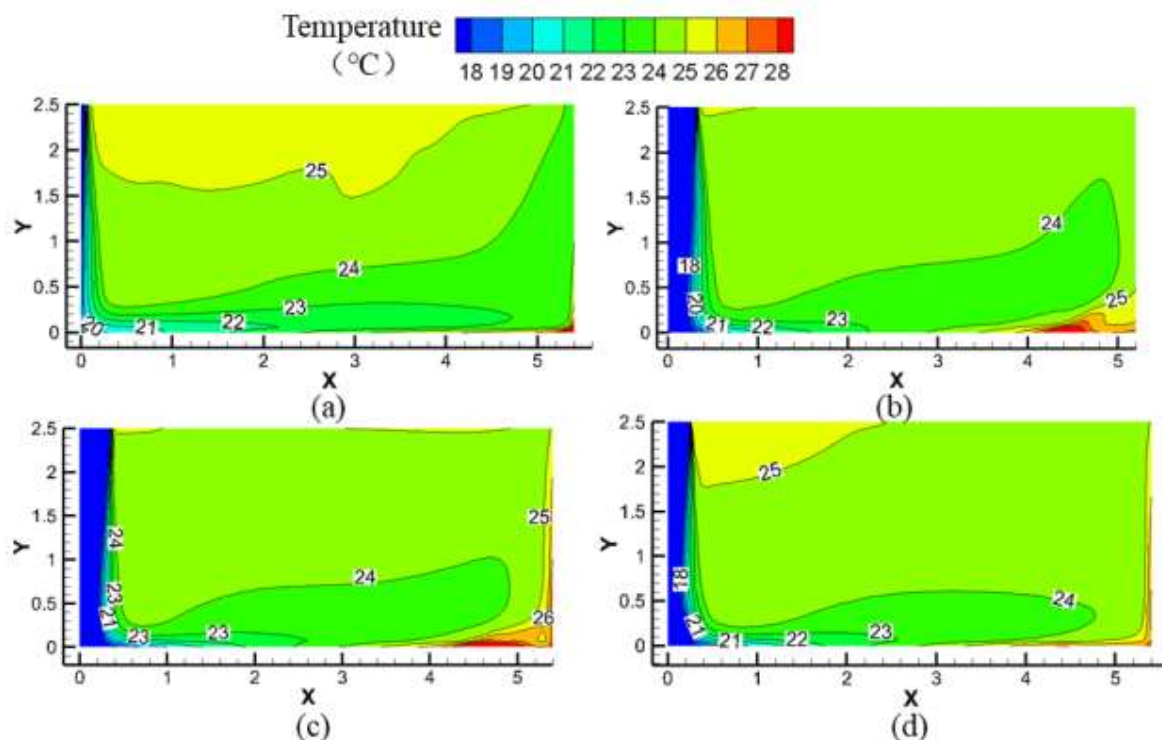


Рис.1.1.5. Розподіл температур при різних формах вихідного отвору при  $z = 0$  m: (a) SO; (b) RO; (c) CO; (d) SCO

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Було порівняно та проаналізовано розподіл повітря у припливній вентиляції з різними формами вихідних отворів. За допомогою незалежного від сітки аналізу були створені обчислювальні моделі. На основі порівняння та аналізу були зроблені наступні висновки.

Порівняно з формою SO, товщина приєднаного струменя є більшою при формах RO, CO і SCO через очевидну агрегацію струменя.

У вертикальній області, внаслідок впливу форми вихідного отвору, безрозмірні осьові швидкості для форм RO, CO і SCO мають очевидну агрегацію струменів і повільне затухання осьової швидкості, коли безрозмірна відстань  $u^*/b$  менша за 33. У горизонтальній області спад швидкості форми SO повільніший, ніж у трьох інших форм виходу повітря.

Різниця температур між головою і ногами становить менше 3°C, що відповідає вимогам специфікації.

Швидкість припливного повітря має великий вплив на рух повітряного потоку, прикріпленого до вертикальної стінки різних форм виходу повітря. При збільшенні швидкості подачі повітря вертикальна різниця температур під формами RO, CO і SCO зменшується. Для інженерних систем швидкість подачі повітря можна збільшити, щоб ефективніше справлятися з навантаженням у приміщенні.

### 1.3 Схеми подачі повітря різними типами струмин

*Подача повітря потоками, що надходять у робочу зону вертикально* (рис. 1.3.1), є досить поширеною практикою як у виробничих, так і в громадських будівельних приміщеннях. Такий метод подачі повітря реалізується за допомогою різноманітних пристроїв для розподілу повітря, які утворюють компактні, плоскі та віялові потоки. Серед їхніх різноманітних варіантів є конічні та неповні віялові. Повітроводи з поздовжньою щілиною (рис. 1.3.1, а)

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або плафони (рис. 1.3.1, б) утворюють компактні, неповні віялові, плоскі або віялові струмені, коли вони виходять з подачі повітря через стінові решітки, розташовані біля переkritтя. Струмені настиляються на стелю, досягають протилежної стіни приміщення, розгортаються і опускаються вздовж стін.

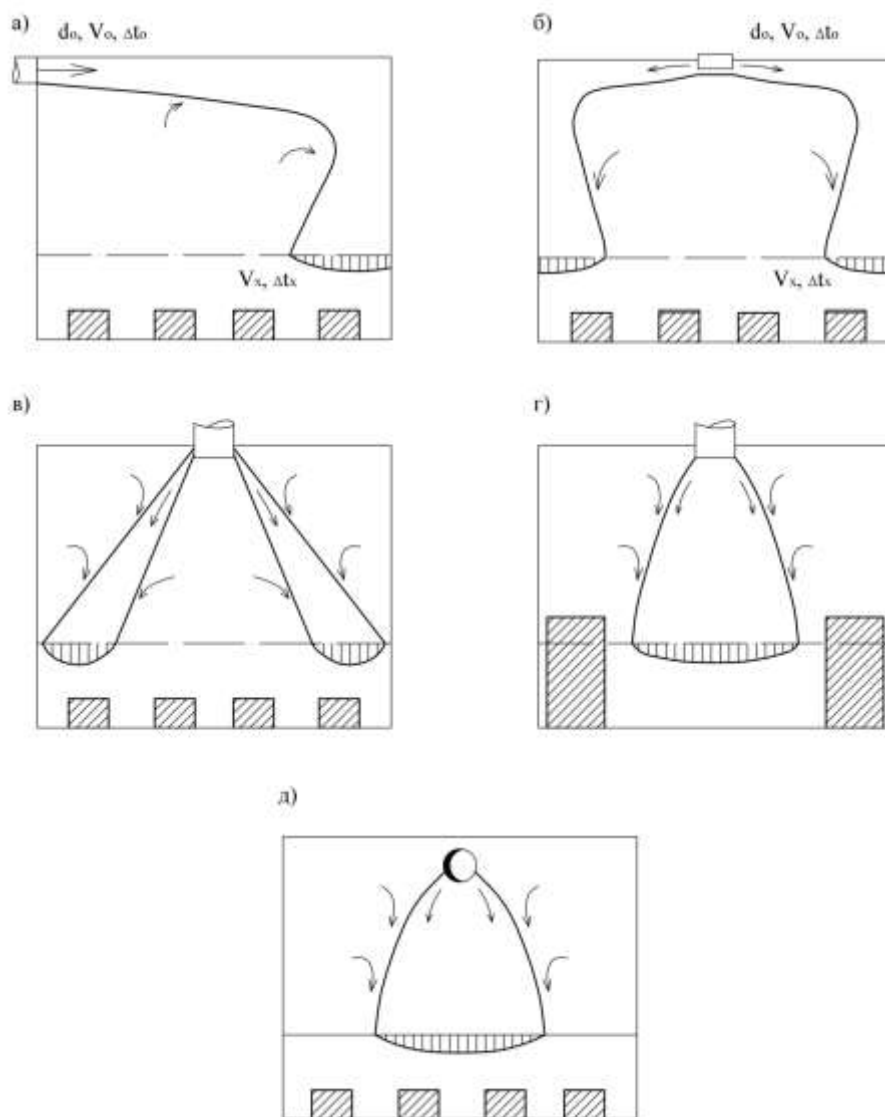


Рис.1.3.1. Подача повітря струменями, що поступають в робочу зону вертикально:

- а - компактними та неповними віяловими струменями, які настиляються;
- б - віяловими струминами, які настиляються;
- в - конічні струмини, які не змикаються;
- г - конічні струмини, які змикаються;
- д - плоскі струмини через круглі перфоровані повітророзподільники.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняно з вертикальною подачею, настилення на поверхні огорожень значно збільшує шлях руху потоку перед тим, як він потрапляє в робочу зону. Це дозволяє краще поєднувати повітря, що подається, з навколишнім середовищем.

При вертикальній подачі повітря через стельові плафони, встановлені на відривну роздачу (рис.1.3.1, в, г), утворюються компактні, конічні або плоскі потоки через круглі перфоровані повітроводи (рис.1.3.1, д). Ці потоки прямують найкоротшим шляхом до робочої зони приміщення. подача повітря струминами, спрямованими вертикально в робочу зону, забезпечує найбільш рівномірний розподіл швидкостей і температур на площі робочої зони. Це досягається за умови, що площа потоку  $F_{стр}$  і площа підлоги, яку обслуговує один повітророзподільник  $F_p$ , є відповідними співвідношеннями. При цьому способі подачі коефіцієнт повітрообміну  $k_l$  може бути більшим або меншим за одиницю, залежно від розташування витяжних отворів.

***Подача повітря потоками, які надходять у робочу зону під кутом*** (рис.1.3.2). Потік припливного повітря провітрює робочу зону. Сучасні будівлі з великими мережами колон широко використовують цей метод розподілу повітря. Для поставки повітря похилими потоками з висоти до чотирьох метрів від підлоги (рис.1.3.2,а) використовують приколонні повітророзподільники двох і чотирьох струн. Ці повітророзподільники створюють компактні або неповні віялові потоки. Коефіцієнт повітрообміну  $k_l$  зазвичай перевищує 1 при похиленій поставці та видаленні повітря з верхньої зони.

***Подача повітря горизонтальними струминами, що затухають поза робочої зони*** (рис.1.3.2). Такий тип подачі повітря називається «концентрованим». Зворотний потік охоплює робочу зону. Потік повітря на поверхні стелі відрізняється від повітря, яке не розподіляється рівномірно. У цьому методі повітря розподіляється та видаляється з верхньої зони ступінь.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

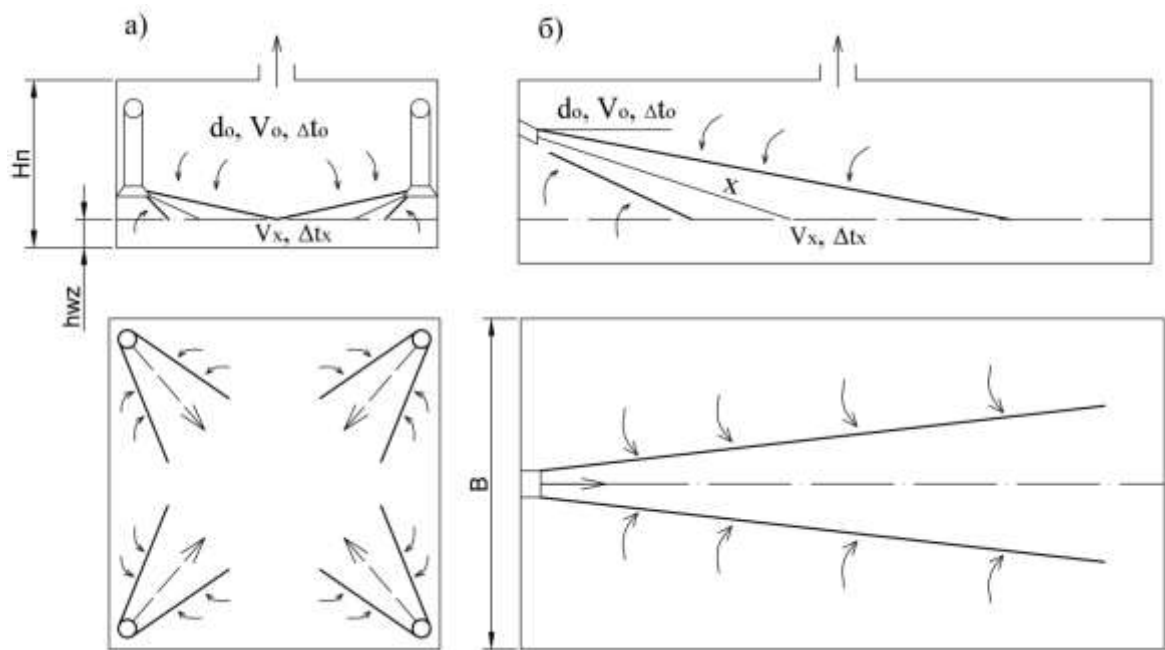


Рис.1.3.2. Подача повітря струминами, які надходять в робочу зону під кутом:  
 а - з висоти до 4-х метрів від підлоги; б - з висоти більше 4-х метрів.

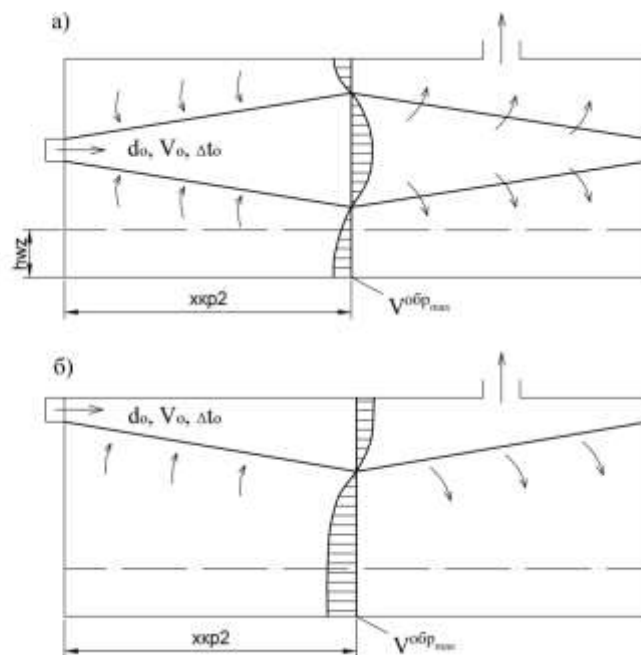


Рис.1.3.3. Зосереджена подача повітря горизонтальними струменями, що затухають поза робочою зоною:  
 а - потоками що не настилаються; б - потоками що настилаються на перекриття.

Зменшується використання припливного повітря. Коефіцієнт повітрообміну може бути нижчим. Відповідні конструкції розподільних пристроїв повітря вибираються відповідно до обраної схеми розподілу повітря. Конкретна конструкція повинна гарантувати, що припливна струмина, яка утворюється під час витікання з конкретного розподільника повітря, має певні характеристики.

#### **1.4 Шляхи вдосконалення систем повітророзподілення приміщень громадських будівель.**

В умовах значного збільшення рівня теплозахисту споруд і герметизації віконних прорізів важливим є встановлення оптимального повітрообміну по зовнішньому повітрю, як по умовам комфортного мікроклімату, так і по вимогам енергозбереження. Найбільш енерговитратною складовою процесів підтримання параметрів повітря є очистка і тепловологісна обробка зовнішнього повітря, кількість якого приймається згідно існуючих норм. В цьому напрямку в світі проводяться широкомасштабні дослідження. Значних успіхів в розробці вимог до якості внутрішнього повітря досягли США, Данія, Фінляндія, Німеччина. Одним з найкращих стандартів є ASHRAE 62-1-2004 «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality» (США), який постійно вдосконалюється по нормам повітрообміну з залученням провідних вчених світу. В цьому відношенні наші нормативи не тільки суттєво відрізняються від закордонних, але ніколи не переглядалися із врахуванням світового досвіду.

В американському стандарті ASHRAE-62-1-2004 норма повітрообміну визначається підсумовуванням кількості зовнішнього повітря безпосередньо для дихання і для розбавлення шкідливостей, які виділяються в приміщенні, враховуючи площу на одну людину. Тобто приймаються, наприклад, для офісних приміщень 9 м<sup>3</sup>/год. на людину плюс 1,08 м<sup>3</sup>/год. на 1 м<sup>2</sup> площі при нормі площі 14 м<sup>2</sup>/людину. Тобто 9+1,08·14=24 м<sup>3</sup>/год. на людину або 24/14=1,7 м<sup>3</sup>/год. на 1 м<sup>2</sup> площі.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цьому фоні вітчизняні нормативи завищені по повітрообміну і, відповідно, по енерговитратам (наприклад, для офісів в 2 рази). Наші стандарти передбачають змішану схему організації повітрообміну без врахування можливості збільшити ефективність вентиляції при надходженні повітря безпосередньо в зону дихання (наприклад, створення повітряних оазисів на робочих місцях) або подачі повітря по схемі «знизу-угору» (так звана «витискуюча» вентиляція) і інші модифікації.

Тому потрібну інтенсивність повітрообміну в громадських спорудах треба визначати в, першу чергу, використовуючи вуглекислий газ  $CO_2$ , як показник якості повітря і індикатор. Крім того, треба враховувати і такий показник теплового комфорту, як температура приміщення (комплексний параметр по температурі повітря в робочій зоні ( $t_{wz}$ ) радіаційній температурі ( $t_r$ ), швидкості повітря ( $v_{wz}$ ) і відносної вологості ( $\phi_{wz}$ )- Найбільш ефективним рішенням буде встановлення в приміщенні паралельно працюючих датчиків  $CO_2$ ,  $t_{wz}$ ,  $\phi_{wz}$ . Це відповідно забезпечить роботу вентиляційних систем в перемінному режимі з зміною кількості зовнішнього повітря або загального повітрообміну. Тобто датчик  $CO_2$  задає кількість зовнішнього повітря, а датчики  $t_{wz}$ ,  $\phi_{wz}$ . передають дані для підтримання заданих умов теплового комфорту залишаючи, при необхідності, незмінним загальний повітрообмін або змінюючи параметри припливного повітря. Такий метод управління СКП по «розумній достатності» враховує фактичний по часі стан внутрішнього повітря і забезпечує режим динамічного мікроклімату.

В цьому і полягає одна з енергозберігаючих стратегій, яка передбачає значну економію споживання теплової і електричної енергії в порівнянні з постійною витратою зовнішнього повітря не порушуючи умови теплового комфорту.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Розділ 2

## Інженерні рішення

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1 Вихідні дані для проєктування

Об'єкт проєктування — виставковий центр у Києві. Він відноситься до адміністративних споруд за призначенням (проведення комплексу виставкових заходів та надання відповідних послуг). У діяльності об'єкту помітна дневна та сезонна нерівномірність.

Споруда, що проєктується, складається з адміністративних приміщень, допоміжних приміщень і виставкового залу. По периметру виставкового залу розташовані адміністративні та допоміжні приміщення.

План експозиційного простору становить 97,2 на 109,2 метри. Висота залу до конструкцій перекриття 10,8 м, а висота центральної частини 17,2 м.

Виставковий зал має об'єм 130017,9 м<sup>3</sup>. Він приймає приблизно 4000 гостей і співробітників.

## 2.2 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.

Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожувальних конструкцій виконано згідно існуючих даних про огороження, так як проводиться реконструкція тільки системи кондиціонування повітря. Розраховано за допомогою програми Кап ОЗС. Результати наведено в табличній формі.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Итоги - Ограждения

## Итоги - Ограждения

Символ	d	Описание материала	$\lambda$	$\rho$	$c_p$	R	R <sub>сog</sub>	$\delta$	$\mu$	Z	Z <sub>сog</sub>	
	м		Вт/(м·К)	кг/м <sup>3</sup>	кДж/(кг·К)	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	мг/(м·ч·Па)		м <sup>2</sup> ·Па/г	м <sup>2</sup> ·Па/г	
ЭС	Стена наружная											
Вид ограждения: Стена наружная, Влажностные условия: Нормальный												
ГИПС-КАРТ	0,0250		0,230	1000	1,000	0,109	0,109	75,00	10	333,3	333,3	
ПЕНОПОЛИСТ	0,1200		0,045	30	1,460	2,667	2,667	12,00	60	10000,0	10000,0	
МИНВАТ-ПЛ	0,0200		0,050	130	0,750	0,400	0,400	480,00	2	41,7	41,7	
АЛЮМИНИЙ	0,0050	Алюминий, густина 2600	221,000	2600	0,840	0,000	0,000	0,00	72000000	500000000,0	500000000,0	
Сопrotивление теплопередаче внутри R <sub>i</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,130
Сопrotивление теплопередаче снаружи R <sub>e</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,040
Сумма сопrotив. теплооб. и термич. сопrotив. - сопrotивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												3,345
Кoэффициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:												0,299
КР1	Кровля											
Вид ограждения: Кровля, Влажностные условия: Нормальный												
БИТУМ	0,0080		0,174	1100	1,400	0,046	0,046	25,00	29	320,0	320,0	
БЕТОН-Г/Щ	0,0500	Бетон на гравіі або щебені з природного каменю. Густина	1,740	2400	0,840	0,029	0,029	30,00	24	1666,7	1666,7	
ПЕНОПОЛИСТ	0,3500		0,045	30	1,460	7,778	7,778	12,00	60	29166,7	29166,7	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,1500	Залізобетон, густина 2500	1,920	2500	0,840	0,078	0,078	30,00	24	5000,0	5000,0	
Сопrotивление теплопередаче внутри R <sub>i</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,100
Сопrotивление теплопередаче снаружи R <sub>e</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,040
Сумма сопrotив. теплооб. и термич. сопrotив. - сопrotивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												8,071
Кoэффициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:												0,124
КР2	Кровля над входом											
Вид ограждения: Кровля, Влажностные условия: Нормальный												
МЕМБЕР-ПВХ	0,0050	Мембрана ПВХ, густина 1000	0,230	1000	1,470	0,022	0,022	0,11	6545	45454,5	45454,5	
МИНВАТ-ПЕР	0,3000		0,052	70	0,750	5,769	5,769	480,00	2	625,0	625,0	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,2300	Залізобетон, густина 2500	1,920	2500	0,840	0,120	0,120	30,00	24	7666,7	7666,7	
Сопrotивление теплопередаче внутри R <sub>i</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,100

Итоги - Ограждения

Символ	d	Описание материала	$\lambda$	$\rho$	$c_p$	R	R <sub>сог</sub>	$\delta$	$\mu$	Z	Z <sub>сог</sub>	
	m		Вт/(м·К)	кг/м <sup>3</sup>	кДж/(кг·К)	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	мг/(м·ч·Па)		м <sup>2</sup> ч·Па/г	м <sup>2</sup> ч·Па/г	
Сопротивление теплопередаче снаружи R <sub>e</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,040
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												6,051
Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:												0,165
<b>НАВЕС</b> Перекрытие наружное												
Вид ограждения: Перекрытие наружное, Влажностные условия: Нормальный												
КЕРАМИКА	0,0200		1,050	2000	0,840	0,019	0,019	250,00	3	80,0	80,0	
Р-ЦЕМПИЩ	0,0500	Розчин цементно-пі	0,760	1800	0,840	0,066	0,066	90,00	8	555,6	555,6	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,1000	Залізобетон, густина 2500	1,920	2500	0,840	0,052	0,052	30,00	24	3333,3	3333,3	
ПЕНОПОЛИСТ	0,1000		0,045	30	1,460	2,222	2,222	12,00	60	8333,3	8333,3	
Сопротивление теплопередаче внутри R <sub>i</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,170
Сопротивление теплопередаче снаружи R <sub>e</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												0,040
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												2,569
Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:												0,389
<b>ПОЛ В ПОД</b> Пол по грунту												
Вид ограждения: Пол в подвале, Влажностные условия: Нормальный												
Стена, примыкающая к полу: СТ-ПОД												
Разница высоты пола и грунтовой воды Z <sub>гв</sub> : 5,00												
Высота заглубления стены, примыкающей к грунту Z: 3,20												
Р-ЦЕМПИЩ	0,0500	Розчин цементно-піщаний. Густина	0,760	1800	0,840	0,066	0,066	90,00	8	555,6	555,6	
БЕТОН-Г/Щ	0,8000	Бетон на гравіі або щебені з природного	1,740	2400	0,840	0,460	0,460	30,00	24	26666,7	26666,7	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R <sub>г</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												2,000
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:												2,526
Коэффициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:												0,396

Итоги - Ограждения

Символ	d	Описание материала	$\lambda$	$\rho$	$c_p$	R	R <sub>cor</sub>	$\delta$	$\mu$	Z	Z <sub>cor</sub>	
	м		Вт/(м·К)	кг/м <sup>3</sup>	кДж/(кг·К)	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	мг/(м·ч·Па)		м <sup>2</sup> ·Па/г	м <sup>2</sup> ·Па/г	
ПОЛ1		Пол по грунту 47,0 см										
Вид ограждения: Пол по грунту, Влажностные условия: Нормальный												
Стена, примыкающая к полу: ЗС												
Разница высоты пола и грунтовой воды Z <sub>gw</sub> : 9,85												
Горизонтальная теплоизоляция: БЕТОН-Г/Щ толщиной d <sub>nh</sub> = 1,00 м и длиной D <sub>h</sub> = 1,00 м												
Вертикальная теплоизоляция: БЕТОН-Г/Щ толщиной d <sub>nv</sub> = 1,00 м и длиной D <sub>v</sub> = 1,00 м												
КЕРАМИКА	0,0200		1,050	2000	0,840	0,019	0,019	250,00	3	80,0	80,0	
Р-ЦЕМПИЩ	0,0500	Розчин цементно-піщаний. Густина	0,760	1800	0,840	0,066	0,066	90,00	8	555,6	555,6	
ПЕНОПОЛИСТ	0,0500		0,045	30	1,460	1,111	1,111	12,00	60	4166,7	4166,7	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,1000	Залізобетон, густина 2500	1,920	2500	0,840	0,052	0,052	30,00	24	3333,3	3333,3	
ЗАЛІЗБЕТОН	0,0500	Залізобетон, густина 2500	1,920	2500	0,840	0,026	0,026	30,00	24	1666,7	1666,7	
ГРАВИЙ	0,2000		0,900	1800	0,840	0,222	0,222	35,00	21	5714,3	5714,3	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R <sub>g</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:											1,384	
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:											2,880	
Кoeffициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:											0,347	
СТ-ПОД		Наружная стена, примыкающая к грунту										
Вид ограждения: Наружная стена, примыкающая к грунту, Влажностные условия: Нормальный												
Пол, примыкающий к стене: ПОЛ В ПОД												
Высота заглубления стены, примыкающей к грунту Z: 3,20												
БЕТОН-Г/Щ	0,2500	Бетон на гравіі або щебені з природного	1,740	2400	0,840	0,144	0,144	30,00	24	8333,3	8333,3	
ПЕНОПОЛИСТ	0,1000		0,045	30	1,460	2,222	2,222	12,00	60	8333,3	8333,3	
БИТУМ	0,0050		0,174	1100	1,400	0,029	0,029	25,00	29	200,0	200,0	
Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче R <sub>g</sub> , [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:											1,992	
Сумма сопротив. теплооб. и термич. сопротив. - сопротивл. теплоперед. R, [м <sup>2</sup> ·К/Вт]:											4,387	
Кoeffициент теплопередачи U, [Вт/(м <sup>2</sup> ·К)]:											0,228	

## Итоги - Ведомость ограждений

## Итоги - Ведомость ограждений

Символ	Описание	Вид	d	Ri	Re	R	U	∑T
			м	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт
ДВ	Дверь наружная	Дверь наружная					1,333	813
ЭС	Стена наружная	Стена наружная	0,170	0,130	0,040	3,345	0,299	9725
КР1	Кровля	Кровля	0,558	0,100	0,040	8,071	0,124	1668
КР2	Кровля над входом	Кровля	0,535	0,100	0,040	6,051	0,165	
НАВЕС	Перекрытие наружное	Перекрытие наружное	0,270	0,170	0,040	2,569	0,389	380
ОК	Окно наружное	Окно наружное					1,333	12698
ПОЛ В ПОД	Пол по грунту	Пол в подвале	0,850	2,000		2,526	0,396	1019
ПОЛ1	Пол по грунту 47,0 см	Пол по грунту	0,470	1,384		2,880	0,347	483
СТ-ПОД	Наружная стена, примыкающая к грунту	Наружная стена, примыкающая к грунту	0,355	1,992		4,387	0,228	2515

## 2.3 Розрахунок тепловтрат.

Тепловтрати основного приміщення виставкової зали розраховано у програмному комплексі Кап ОЗС. Результати розрахунку наведено у вигляді результуючих таблиць.

### Итоги - Помещения

Помещение: 101 $\theta_i = 19.0 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Phi_{HL} = 13915 \text{ Вт}$ Комната 101																		
Площадь и кубатура:	A= 141.30 м <sup>2</sup>				V= 904.3 м <sup>3</sup>													
Отметка и высота:	Lf= 0.00 м				Hi= 6.40 м													
Этаж: Этаж	Тип помещения: Комната																	
Параметры объекта:	Тип: Торговый центр				Тип конструкции: Очень тяжелая													
Степень герметичности:	Большая				nc= 2.0 л/ч													
Отопление:	Потолочное				Без понижения температуры теплоносителя				Центральное рег.									
Параметры понижения температуры теплоносителя:	Th= ч				$\Delta\theta_{i,c} =$ К				$\epsilon_{RH} = 0.0$ Вт/м <sup>2</sup>									
Система вентиляции:	Естественная индивидуальная																	
Гигиенические требования:	n <sub>min</sub> = 0.50 л/ч				V <sub>min</sub> = 452.2 м <sup>3</sup> /ч													
Инфильтрующий ся воздух:	V <sub>infv</sub> = 0.0 м <sup>3</sup> /ч				V <sub>m,infv</sub> = м <sup>3</sup> /ч													
Приточный воздух:	V <sub>su,min</sub> = м <sup>3</sup> /ч				V <sub>su</sub> = м <sup>3</sup> /ч													
Удаляемый воздух:	V <sub>ex,min</sub> = м <sup>3</sup> /ч				V <sub>ex</sub> = м <sup>3</sup> /ч													
Вентиляционный воздух:	n= 0.5				V <sub>v</sub> = 452.2 м <sup>3</sup> /h				$\theta_{v} = -18.0$ °C									
Ограждения в помещении: 101																		
>	Символ	Ор.	Помещение или $\theta$		$\theta_e$	L или A	H	N	F <sub>s</sub> h	Угол	A <sub>c</sub>	$\Delta\theta$	U <sub>k</sub>	HT	$\frac{\Phi}{T}$	$\theta_u$	$\frac{\Phi}{T_u}$	Замечания
			°C		°C	м, м <sup>2</sup>	м	шт.		°	м <sup>2</sup>	К	Вт/ м <sup>2</sup> · К	W/ K	Вт	° C	Вт	
0	ЗС	В	-18		-18.0	5.30	6.80	1	1.00	90	37.7	37.0	0.277	10.96	40.6			
0	ЗС	Ю	-18		-18.0	16.90	6.80	1	1.00	90	118.2	37.0	0.277	32.76	12.12			

0	ЗС	3	-18	-18.0	9.40	6.80	1	1.00	90	65.6	37.0	0.277	19.08	70.6			
0	ВС		19	19.0	15.90	6.80	1	1.00	90	108.1	0.0	0.335	0.00	0			
0	ПП		20	20.0	141.30		1	1.00	90	141.3	-1.0	0.239	0.00	0			
0	ГП		5	5.0	141.30		1	1.00	90	141.3	14.0	2.080	11.19	41.14			
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей $\Phi_T$ , [Вт]:																	64
Проектные потери тепла на вентиляцию $\Phi_V$ , [Вт]:																	12
Корректирующий коэффициент, учитывающий высоту помещения $f_h$ :																	56
Общие проектные потери тепла $\Phi = (\Phi_T + \Phi_V) \cdot f_h$ , [Вт]:																	88
Избыток тепловой мощности $\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH}$ , [Вт]:																	1.1
Проектная тепловая нагрузка $\Phi_{HL}$ , [Вт]:																	5
Показатель $\Phi_{HL}$ помещ., отнес. к его площади $\Phi_{HL,f}$ , [Вт/м²]:																	13
Показатель $\Phi_{HL}$ помещ., отнес. к его кубатуре $\Phi_{HL,V}$ , [Вт/м³]:																	91
Коэффициент проектных потерь тепла, вызванных теплопередачей НТ, [Вт/К]:																	5
Коэффициент проектных потерь тепла на вентиляцию НВ, [Вт/К]:																	98.5
																	15.4
																	17
																	3.2
																	9
																	15
																	3.7
																	3

## 2.4 Розрахунок теплонадходжень

### 2.4.1 Теплонадходження від людей

На теплонадходження людини в основному впливають тяжкість виконуючої роботи, температура та швидкість руху оточуючого повітря, а також теплозахисні властивості одягу.

Теплонадходження від людей визначають за формулою:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{п}} \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.1)$$

де  $q_{\text{п}}$ - кількість теплоти, що виділяється однією людиною, згідно [20],  
Вт/люд

$n$ - кількість людей в приміщенні, за завданням  $n=4188$  чол.

Люди, що перебувають у виставковому залі, виконують легку роботу.

Теплий період року:

$$q_{\text{п}}=145,8 \text{ Вт/люд}$$

$$Q_{\text{л}}=145,8 \cdot 4188 = 610576,7 \text{ Вт}$$

### 2.4.2 Теплонадходження від джерел освітлення

Згідно з проектною потужністю освітлювачів, кількість тепла, що надходить у приміщення від джерел штучного освітлення, однакова як у теплий, так і у холодний періоди. У цьому випадку вважається, що вся енергія, яка втрачається на освітлення, перетворюється на тепло, що нагріває повітря в приміщенні. У цьому процесі використовуються переважно люмінесцентні лампи відбитого світла, які мають струмину світла розподілену вниз.

Теплонадходження від джерел освітлення визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} \quad (2.2)$$

де  $E$  – освітленість, лк, приймаємо по табл.2.3. [23],  $E=200$  лк;

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>,  $F=10614,24$  м<sup>2</sup>;

$q_{осв}$  – питомі тепловиділення ламп, Вт/м<sup>2</sup>·лк, визначаємо за [23],  
 $q_{осв}=0,094$  Вт/ м<sup>2</sup> лк;

$\eta_{осв}$  – доля теплоти, що надходить в приміщення, для люмінесцентних ламп  $\eta_{осв}=0,45$

Тепловиділення в приміщенні від освітлення складають:

$$Q_{осв} = 200 \cdot 10614,24 \cdot 0,094 \cdot 0,45 = 89796,5 \text{ Вт.}$$

### 2.4.3 Теплонадходження від сонячної радіації.

Теплонадходження від сонячної радіації класифікуються як теплонадходження крізь освітлення, так і теплонадходження крізь покриття. У випадку без горища надходження сонячної радіації визначається сумою теплоти, що потрапляє через світлові прорізи та перекриття:

$$Q_{с.р.} = Q^e_{с.р.} + Q^n_{с.р.}, \text{ Вт} \quad (2.3)$$

Використовуємо склопакет з одним енергозберігаючим склом, термічний опір  $R=0,52$  м<sup>2</sup>К/Вт;

Сумарні теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q^e_{с.р.} = 196024 \text{ Вт}$$

### 2.4.4 Теплонадходження від устаткування

За технічним завданням у залі працює обладнання з тепловиділенням  $Q_{тех}=385600$  Вт.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховані значення заносимо до табл.2.1

Таблиця 2.1

### Тепловий баланс приміщення

Період року	Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Кількість теплоти, Вт				
		Від людей	Від сонячної радіації	Від освітлення	Від обладнання	Всього
ТП	130017,9	610577	196024	89796	385600	1270000
ХП		633226	—	89796	385600	1108623

В теплий період спостерігається одночасна дія двох факторів — освітлення і сонячна радіація враховуються.

### 2.5 Тепловий баланс у приміщенні

Різниця теплонадходжень  $\sum Q_{надх}$  і втрат  $\sum Q_{вт}$  визначає теплонадлишки (або теплонестачу)  $\Delta Q$  в приміщенні, які повинні бути асимільовані (або компенсовані) вентиляційним повітрям [21]

Відповідно визначаємо теплонадлишки (або теплонестачу) для теплого і холодного періодів року. Отримані значення заносимо до табл.2.2

Таблиця 2.2

### Зведена таблиця розрахункових значень теплонадходжень і тепловтрат з визначенням теплонадлишків і теплонестач

Період року	Розрахункова температура		Тепловтрати $\sum Q_{вт}$ , Вт	Теплонадходження $\sum Q_{надх}$ , Вт	Теплонадлишки або теплонестачі $\Delta Q$ , Вт
	$t_{ext}$	$t_{wz}$			
Теплий	23,7	25	—	1270000	1270000
Холодний	- 22	20	524595	1108623	584028

										Арк.
АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА										
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## 2.6 Визначення кількості вологи і інших шкідливостей.

Кількість вологи і вуглекислого газу, які надходять в приміщення

Таблиця 2.3

### Розрахункові значення вологовиділень і виділень вуглекислого газу

Об'єм	Період року	Вологовиділення $M_{вл}$ , г/год	Виділення вуглекислого газу
130017,9	Теплий	47549	217776
	Холодний	314100	217776

## 2.7 Розрахунок повітрообміну

За схемою повітря видаляється з верхньої зони.

Розрахунок повітрообміну виконуємо графоаналітичним методом з застосуванням I-d діаграм.

### 2.7.1. Теплий період року (ТП).

#### 2.7.1.1 Порядок розрахунку.

1. Параметри зовнішнього повітря та повітря робочої зони в теплий період року (а також ізотерма внутрішнього повітря, видалена з верхньої зони виставкового залу  $t_y$ ) наносяться на I-d діаграму.

2. За теплонадлишками і вологовиділеннями в теплий період (табл.2.1 і 2.3) визначаємо промінь процесу в приміщенні, кДж/кг:

$$\varepsilon_m = \Delta Q^{mn} / W^{mn} \quad (2.7.1)$$

де  $\Delta Q^{mn}$  – теплонадлишки в теплий період року, Вт;

$W^{mn}$  – кількість вологи в теплий період року, г/год.

3. Для перевірки температури повітря у вентиляторі та повітропроводах на  $\Delta t=1...1,5$  °С ми відкладаємо вниз відрізок, який дорівнює  $\Delta t$ , і отримуємо точку. Проводимо промінь процесу через отриману точку до перетину з кутом 90–95% і знаходимо т.О, яка відповідає параметрам обробленого повітря.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Знаходимо параметри припливного повітря: на лінії  $d_o=d_{in}$  відкладаємо відрізок  $\Delta t=1...1,5^\circ\text{C}$ .

5. Через точки  $in$  та  $wz$  проводимо промінь процесу і на перетині з  $t_y$  визначаємо параметри повітря.

6. Знаходимо із співвідношення

$$\frac{G_{ext}}{G} = \frac{d_c - d_l}{d_{ext} - d_l} \quad (2.7.2)$$

вологівміст точки суміші

$$d_c = d_l + (d_{ext} - d_l) \frac{G_{ext}}{G} \quad (2.7.3)$$

Перетин ліній  $d_c$  і  $ext-l$ , що характеризує процес змішування, визначає положення точки  $c$ .

#### 2.7.1.2 Визначення необхідного повітрообміну

1. Визначаємо повітрообмін за надлишками повної теплоти:

$$G^{mn} = \Delta Q^{mn} / (I_l - I_{in}) \quad (2.7.4)$$

де  $\Delta Q^{mn}$  – теплонадлишки в теплий період року, Вт

$I_l, I_{in}$  – ентальпії відповідно видаляемого і припливного повітря в теплий період року, кДж/кг.

2. Необхідний повітрообмін за надлишками вологи:

$$G^{mn} = W^{mn} / (d_l - d_{in}) \quad (2.7.5)$$

де  $W^{mn}$  – кількість вологонадходжень в теплий період року, г/год

$d_l, d_{in}$  – вологовміст відповідно видаляемого і припливного повітря, г/кг<sub>c.п.</sub>

3. Знаходимо повітрообмін по надходженні вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ :

$$G_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} / (C_{wz} - C_{in}) \quad (2.7.6)$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $M_{CO_2}$  – кількість вуглекислого газу, що виділяється людьми, [табл.2.3]

$C_{wz}$  та  $C_{in}$  – концентрація  $CO_2$  в приміщенні та у припливному повітрі [7]

4. Визначаємо кількість повітря по мінімальній кількості на одну людину:

$$G_{min} = g_{c.n.} \cdot \rho \cdot n \quad (2.7.7)$$

де  $g_{c.n.}$  - кількість зовнішнього повітря по нормам на одну людину, м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  – густина зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість людей в приміщенні.

Розрахунковим повітрообміном є найбільший з визначених за формулами (2.7.4) – (2.7.7).

### 2.7.1. Розрахунок

1. На I-d діаграмі (рис. 2.5.1) визначаємо т. *ext* та *wz* які показують параметри зовнішнього повітря та повітря у робочій зоні в теплий період року ( $t_{extB}=28,7^{\circ}C$ ;  $I_{ext}=56,1$  кДж/кг;  $t_{wz}=25^{\circ}C$ ;  $\phi_{wz}=56\%$ ) і ізотерму внутрішнього повітря, видаляемого з верхньої зони виставкового залу  $t_l=25,8^{\circ}C$ .

2. За надлишками тепло- і вологовиділень в теплий період (таб.2.1. і 2.3.) визначаємо кутовий коефіцієнт променю процесу в приміщенні, кДж/кг:

$$\varepsilon^{mn} = \Delta Q^{mn} / W^{mn} = 3,6 \cdot 1270000 / 481620 = 9,5 \text{ кДж/г}$$

3. Нагрів повітря у вентиляторі та повітропроводах перевіряється на  $t=1C$ . Через точку *wz* по лінії  $d=const$  відкладається відрізок, який дорівнює  $t$ , що призводить до точки. Проводимо промінь процесу до перетину з 90% через отриману точку та знаходимо т. О, яка відповідає параметрам обробленого повітря.

4. На лінії  $d_o=d_{in}$  відкладаємо вверх відрізок  $\Delta t=1^{\circ}C$ .

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Через  $in$  та  $wz$  проводимо промінь процесу, на перетині з  $t_l$  визначаємо параметри повітря.

6. Знаходимо з співвідношення

$$\frac{G_{ext}}{G} = \frac{d_c - d_l}{d_{ext} - d_l}$$

вологівміст суміші

$$d_c = 11,75 + (10,3 - 11,75) \frac{128736}{360000} = 11,2 \text{ г/кг}$$

Перетин ліній  $d_c$  і  $ext-l$ , що характеризують процес змішування, визначає положення т. с.

Знайдені на I-d діаграмі значення заносимо до табл. 2.7.1.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

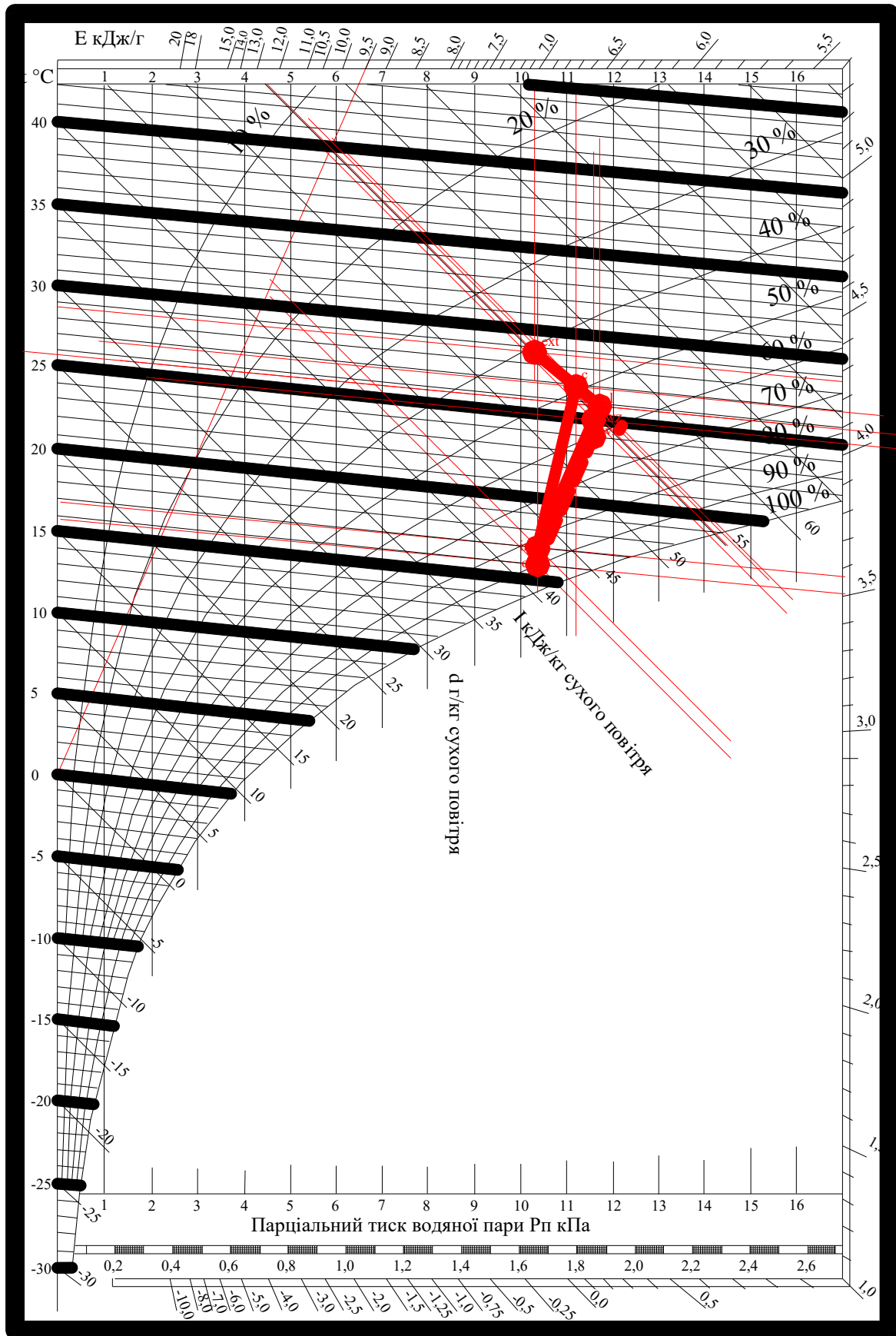


Рис. 2.7.1 I-d діаграма стану повітря у теплий період року

### Визначення повітрообмінів

1. Визначаємо повітрообмін за надлишками повної теплоти:

$$G^{mn} = 3,6 \cdot 1270000 / (55,8 - 43,1) = 360000 \text{ кг/год}$$

2. Повітрообмін за надлишками вологи:

$$G^{mn} = 481620 / (11,75 - 10,4) = 356756 \text{ кг/год}$$

3. Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу CO<sub>2</sub>:

$$G_{CO_2} = 217776 / (3,05 - 0,76) = 95100 \text{ кг/год}$$

4. Повітрообмін на одну людину:

$$G_{min} = 20 \cdot 3600 \cdot 1,2 + 60 \cdot 588 \cdot 1,2 = 128736 \text{ кг/год}$$

За розрахунковий повітрообмін приймається повітрообмін найбільший із можливих, тобто:

$$G^{mn} = 360000 \text{ кг/год}$$

$$L^{mn} = 300000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Враховуючи роботу системи вентиляції, кількість повітря, що подається в приміщення, залежить від теплового навантаження. Коли кількість людей у приміщенні дорівнює половині його повної кількості, витрата холоду також буде зменшена, і кількість холоду дорівнює

$$Q = G_{заг} \cdot \Delta I = G_{заг} (I_l - I_{in}) \cdot 0,278 = 360000 (57,6 - 43,1) \cdot 0,278 = 1150 \text{ кВт}$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Параметри повітря при кондиціонуванні в теплий період року

Період	Повітря в вентиляційному процесі	Точки на $I-d$ діаграмі	Параметри повітря			
			Температура $t, ^\circ\text{C}$	Ентальпія $I, \text{кДж/кг}$	Волого вміст $d, \text{г/кг}$	Відносна вологість $\varphi, \%$
Теплий	Зовнішнє	<i>ext</i>	28,7	56,1	10,3	42,5
	Внутрішнє (в робочій зоні)	<i>wz</i>	25,0	56,3	14,3	60
	Видаляємо з верхньої зони	<i>l</i>	25,8	57,6	12,4	58
	Припливне	<i>in</i>	17,0	43,1	10,4	83
	Суміші	<i>c</i>	26,5	57	11,9	53
	Після обробки	<i>o</i>	16	42,1	10,4	90

## 2.7.2 Повітряний баланс приміщення

Рівняння балансу повітря у приміщенні описує закон збереження маси повітря для цього приміщення.

У загальному випадку:

$$\Sigma G_{in_i} = \Sigma G_{l_j} \quad (2.7.8)$$

Рівняння балансів повітря в розгорнутому вигляді:

$$G_{c.n.} + G_p = G_p + G'_l + G_{exf} \quad (2.7.9)$$

де  $G_{c.n.}$  – витрата зовнішнього повітря, кг/год;

$G_p$  – витрата рециркуляційного повітря, кг/год;

$G'_l$  – витрата повітря, видаляемого назовні, кг/год;

$G_{exf}$  – видалення повітря ексфільтрацією, кг/год.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### Теплий період

$G_{c.n.} = 128736$  кг/год за розрахунком . Тоді

$$G_p = G - G_{c.n.} = 360000 - 128736 = 231264 \text{ кг/год.} \quad (2.7.10)$$

Витрату  $G_{exf}$  приймаємо 10% від загальної витрати, тобто:

$$G_{exf} = 0,1 \cdot G = 0,1 \cdot 360000 = 36000 \text{ кг/год.}$$

Таким чином

$$\begin{aligned} G'_l &= G_{c.n.} + G_p - G_p - G_{exf} = \\ &= 128736 + 231264 - 231264 - 36000 = 92736 \text{ кг/год} \end{aligned} \quad (2.7.11)$$

Отримані значення витрат заносимо до табл. 2.5.2.

Таблиця 2.7.2

### **Витрати повітря у періоди**

Період	Витрати повітря, кг/год			
	$G_{c.n.}$	$G_p$	$G'_l$	$G_{exf}$
	Приплив			
ТП	128736	231264	92736	36000

2.7.3 Кількості теплоти, що надходять у приміщення при змінній кількості відвідувачів, змінюється в два рази, розрахунок проводився для зони обслуговування одного повітророзподільника

Таблиця 2.7.3

### **Розрахункові значення кількості теплоти, що надходить у приміщення**

Період року	Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Кількість теплоти, Вт				
		Від людей	Від сонячної радіації	Від освітлення	Від обладнання	Всього
ТП	288	4142	659	1218	5231	13251

1. Кількість волога, що виділяється при кількості людей половині від визначеної максимальної кількості.

Теплий період року:

$$m = 115 \text{ г/(год} \cdot \text{люд)},$$

$$W = 115 \cdot 28 = 3267 \text{ г / год.}$$

2. Надходження газових шкідливостей:

$$M^{III}_{CO_2} = 52 \cdot 28 = 1508 \text{ г/год.}$$

Кількість вологи і вуглекислого газу

Таблиця 2.7.4

**Розрахункові величини вологовиділень та виділень вуглекислого газу**

Об'єм приміщення	Період року	Вологовиділення $M_{вл}$ , г/год	Виділення вуглекислого $M_{CO_2}$ , г/год
288	Теплий	3267	1477

2.7.4. Розрахунок (для кількості людей 50%)

1. На I-d діаграмі (рис. 2.7.2) наносимо т.  $ext$  та  $wz$  що визначають параметри зовнішнього повітря та у робочій зоні в теплий період року ( $t_{extB} = 28,7^\circ\text{C}$ ;  $I_{ext} = 56,1$  кДж/кг;  $t_{wz} = 25^\circ\text{C}$ ;  $\phi_{wz} = 60\%$ ) і ізотерму повітря, видаляемого з верхньої зони  $t_l = 25,8^\circ\text{C}$ .

2. Визначаємо кутовий коефіцієнт променю процесу зали, кДж/кг:

$$\varepsilon^{mn} = \Delta Q^{mn} / W^{mn} = 3,6 \cdot 13251 / 3267 = 14,6 \text{ кДж/г}$$

3. Нагрів повітря у вентиляторі та повітропроводах перевіряється на  $t=1\text{C}$ . Через точку  $wz$  по лінії  $d=\text{const}$  відкладається відрізок, який дорівнює  $t$ , що призводить до точки. Проводимо промінь процесу до перетину з 90% через отриману точку та знаходимо т. О, яка відповідає параметрам обробленого повітря.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Знаходимо параметри припливного повітря, на лінії  $d_o=d_{in}$  відкладаємо відрізок  $\Delta t=1^\circ\text{C}$ .

5. Через точки  $in$  та  $wz$  проводимо промінь процесу, на перетині з  $t_l$  визначаємо параметри повітря, що видаляється.

6. Знаходимо із співвідношення

$$d_c = \frac{d_{ext} \cdot G_{ext} + d_l \cdot G_l}{G_{заг}}$$

вологівміст суміші

$$d_c = \frac{10,7 \cdot 645 + 12,1 \cdot (4677 - 645)}{4677} = 11,9 \text{ г/кг}$$

Перетин лінії  $d_c$  і  $ext-l$  характеризує процес змішування повітря, визначає положення точки  $c$ .

Знайдені по I-d діаграмі значення заносимо до табл. 2.7.5.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

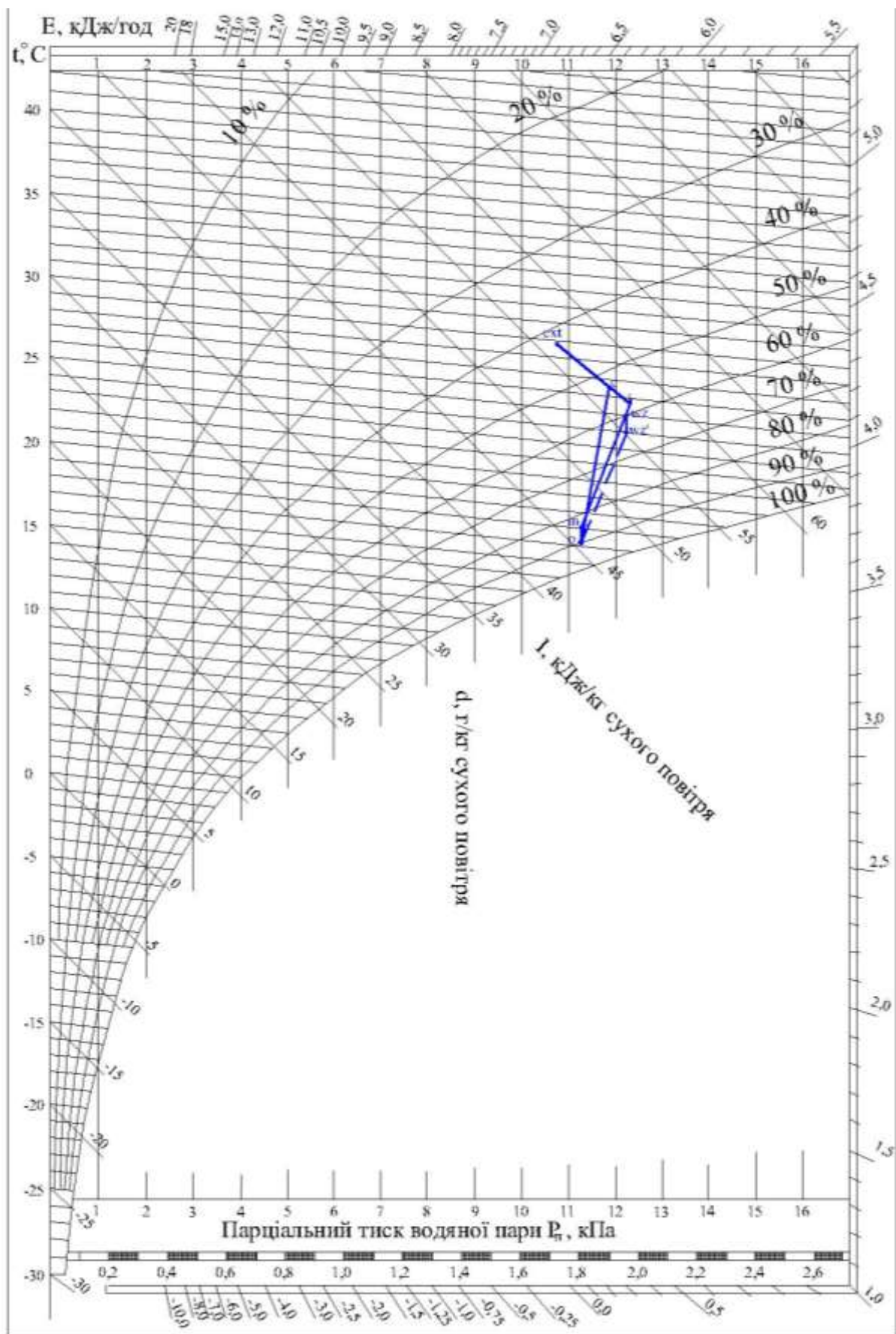


Рис.2.7.2.  $I-d$  діаграма стану повітря у теплий період року

2.7.5 Визначення необхідного повітрообміну для зони обслуговування  
одного повітророзподільника

1. Визначаємо повітрообмін за надлишками повної теплоти

$$G^{mn} = 3,6 \cdot 13251 / (57 - 45,8) = 4259 \text{ кг/год}$$

2. Визначаємо повітрообмін за надлишками вологи:

$$G^{mn} = 3267 / (12,1 - 11,3) = 4083 \text{ кг/год}$$

3. Повітрообмін на розбавлення вуглекислого газу CO<sub>2</sub>:

$$G_{CO_2} = 1477 / (3,05 - 0,76) = 645 \text{ кг/год}$$

4. Повітрообмін по мінімальній кількості повітря:

$$G_{min} = 1,2 \cdot 3,6 \cdot (7 \cdot 29 + 0,7 \cdot 144) = 1312 \text{ кг/год}$$

За розрахунковий повітрообмін приймемо найбільший із можливих, тобто:

$$G^{mn} = 4259 \text{ кг/год}$$

$$L^{mn} = 3578 \text{ м}^3/\text{год}$$

Враховуючи роботу системи вентиляції, теплове навантаження визначає кількість повітря, що подається в приміщення. Коли кількість людей у приміщенні дорівнює половині його повної кількості, витрата холоду в приміщенні також буде зменшена, і загальна кількість холоду в приміщенні дорівнює:

Для площі обслуговування одного повітророзподільника:

$$Q = G_{заг} \cdot \Delta I = G_{заг} (I_l - I_{in}) \cdot 0,278 = 4259(57,6 - 45,8) \cdot 0,278 = 13,9 \text{ кВт}$$

Повна кількість повітря при змінному режимі роботи СКП:

$$Q = G_{заг} \cdot \Delta I = G_{заг} (I_l - I_{in}) \cdot 0,278 = 313923(57,6 - 45,8) \cdot 0,278 = 1029 \text{ кВт}$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Параметри повітря при роботі кондиціонування у теплий період року**

Період	Повітря в вентиляційному процесі	Точки на <i>I-d</i> діаграмі	Параметри повітря			
			Температура <i>t</i> , °С	Ентальпія <i>I</i> , кДж/кг	Вологовміст <i>d</i> , г/кг	Відносна вологість $\varphi$ , %
Теплий	Зовнішнє	<i>ext</i>	28,7	56,1	0,7	42,5
	Внутрішнє (в робочій зоні)	<i>wz</i>	25,0	56,3	12,1	60
	Видаляємо з верхньої зони	<i>l</i>	25,8	57,6	12,1	54
	Припливне	<i>in</i>	18,2	45,8	11,3	85
	Суміш	<i>c</i>	26,6	56,2	11,9	54
	Після обробки	<i>o</i>	17,2	45,1	11,3	90

Розрахунки показали, що для зони обслуговування робочої зони від одного повітророзподільника кількість повітря буде дорівнювати 13,9 кВт при нестационарному режимі роботи ВЦ, коли кількість відвідувачів буде дорівнювати половині розрахункового значення в стаціонарному режимі роботи, а загальна кількість повітря буде дорівнювати 1029 кВт. У стаціонарному режимі роботи одна зона має 15,6 кВт повітря, а загальна площа 1150 кВт.

## 2.8 Опис прийнятих систем

Схема повітрообміну для виставкових павільйонів передбачає подачу повітря в зоні від самостійних установок кондиціонування повітря (К1-К8). Це враховує завантаження виставкових залів. Закручені струмені подають повітря вертикально вниз з верхньої зони. В центрі повітря подає похилий далекобійний струмин. Повітророзподілення відбувається з перемінним режимом роботи як по напрямку, формі, так і швидкості витоку. Це залежить від періоду року та режиму

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

роботи (робочий чи черговий). У теплий період року надлишкове та рециркуляційне повітря видаляється з верхньої зони (рис. 2.8.1).

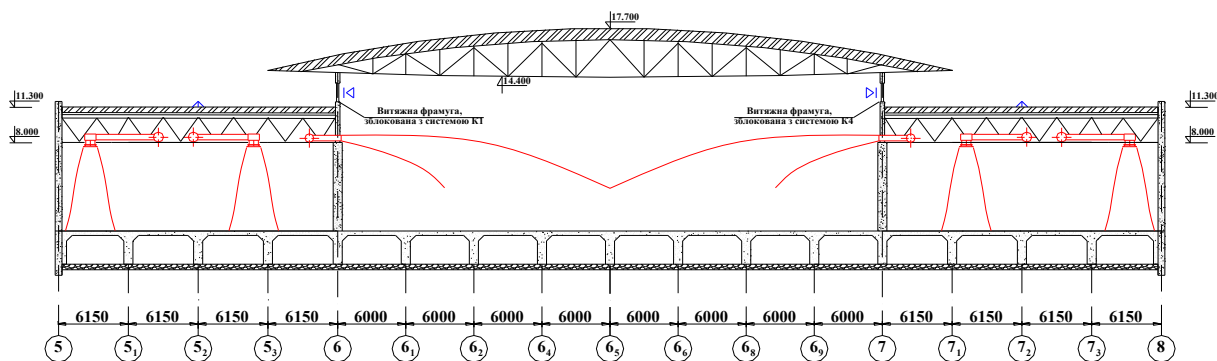


Рис. 2.8.1 Схема потокорозподілення в приміщенні міжнародного виставкового центра.

Центральні секційні кондиціонери типу AT-4 AL-KO Term. Кондиціонери виробляють 300000 м<sup>3</sup>/год повітря, а їхні сумарні тепло- та холодопродуктивності становлять 1136 кВт і 1248 кВт відповідно. Завдяки суворому дотриманню технологічних вимог (норми RAL-RLT та DIN EN 1886) обладнання AL-KO Term досягає бажаного рівня комфорту. Машини відповідають найвищим стандартам якості з моменту їх випуску. Економічність роботи та зниження непродуктивних витрат енергії були головними завданнями при розробці кондиціонерів типу AT. Було використано будівельні матеріали з покращеними звуко- та теплоізоляційними властивостями класу A1; особливий тип з'єднання панелей корпусу, який ефективно перешкоджає втратам теплоти; оптимальне обтікання повітрям окремих конструктивних елементів; оптимальні режими подачі повітря, що дозволяють використовувати агрегати різного типу та зменшити швидкості руху повітря в каналах.

Діапазон температур, необхідний для роботи в середній Європі, становить від -30 до +60°C. Елементи обладнання розташовані в окремих функціональних блоках, що дозволяє поєднувати їх у будь-якій послідовності, що гарантує гнучкість вибору та розміщення обладнання на об'єкті.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

В комплект кондиціонера входять камера змішування, фільтр класу ЕУ-4, повітрянагрівач і повітроохолоджувач з відповідною арматурою для гнучких налаштувань, вентилятор, частина вбудованого шумоглушника та регулююча автоматика. Фільтр зі скловолокна найвищої якості монтується у спеціальній монтажній рамі, що полегшує обслуговування секції. Повітрянагрівач і повітроохолоджувач складаються з безшовних мідних труб із напресованим алюмінієвим оребренням, що гарантує високий коефіцієнт теплопередачі. Забезпечується захист від низьких температур. Частина шумоглушника, оснащена звукопоглинаючими плитами з мінерального волокна, зменшує шум у середньому до 34 дБ. Використаний радіальний вентилятор має наступні переваги: захищає двигун від перегріву за допомогою термореле; вирівнює потенціал між вентилятором і корпусом установки; ефективно знижує шум і вібрацію.

Контролерно-силові шафи та багатоканальний контролер зв'язку поєднані в один комплекс. В розділі автоматики знаходяться цифрові пристрої для контролю та керування всіма компонентами обладнання кондиціонера, які об'єднують силові та регулюючі частини. Шафа керує кожним кондиціонером, забезпечуючи підтримку необхідних параметрів припливного повітря та його розподіл. Натурні значення його параметрів з достатньою точністю співпадають з результатами математичного моделювання завдяки автоматичному керуванню процесами обробки повітря. Автоматизована система керування виконує всі необхідні функції захисту та блокування, включаючи захист водяних калориферів від замерзання, підтримання енергозберігаючого режиму регулювання температури під час неробочого режиму, контроль і діагностику температури зворотної води тепломережі, а також виконання інших функцій. Автоматика може працювати без зусиль протягом усього дня.

Автоматичне регулювання типу, напрямку та інтенсивності припливної струмини необхідне, оскільки теплові навантаження в виставкових залах змінюються як у просторі, так і в часі. Повітророзподільники TROX серії VDL

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використані для обраної схеми створення мікроклімату. Фронтальний повітророзподільник складається з сопловидного насадку, з'єднувальної секції та загнутих лопаток, які можна регулювати. Це можна зробити вручну або за допомогою пневматичного або електричного двигуна. Завдяки автоматичному керуванню інтенсивністю та кутом нахилу струмини цей тип повітророзподільників дозволяє забезпечити необхідні регулювання. Повітророзподільник виконує функцію повітряного опалення, надаючи компактну струмину вертикально вниз під час холодного сезону, коли пластини знаходяться вертикально. Кут розкриття стулок підвищується до 45° під час теплового періоду, що дозволяє змінювати тип струмини, щоб забезпечити найкращі умови в приміщенні. При великій пропускній здатності (до 6000 м<sup>3</sup>/год) TROX VDL гарантують високі акустичні характеристики.

Для подачі повітря в центральну частину приміщення використовуються далекобійні сопла TROX серії DUK. Цей вибір походить від того, що повітророзподільники розташовані на великій відстані від обслуговуваної зони, коли рівномірна подача повітря неможлива. Вони забезпечують найкращі акустичні характеристики, досягаючи великої дальності. Бокові діапазони містять далекобійні сопла. Завдяки регульованості можна керувати в залежності від змінних перепадів температур. Конструкція передбачає автоматичне або ручне відхилення струмини вниз або вгору у межах 30 градусів, якщо температура припливного повітря відрізняється від температури повітря в приміщенні. Регульоване виконання складається з аеродинамічно сформованого припливного сопла зі сферичним контуром, вмонтованого в корпус, декоративного кільця та з'єднувальних елементів.

Установки кондиціонування повітря розміщені на покрівлі разом з холодильними машинами (TRANE).

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.9 Підбір обладнання систем кондиціонування повітря

За результатами аеродинамічного розрахунку робимо підбір обладнання за допомогою програмного забезпечення виробника. В проєкті застосовується обладнання AL-KO THERM.

Установки К-1...К-8 мають однакову кількість повітря та теплохолодопродуктивність:

Кількість припливного повітря  $L=37500 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

Кількість витяжного повітря  $L=28908 \text{ м}^3/\text{год}$

### 2.9.1 Комплектація установки

Кондиціонери типу АТ-4 побудовані на принципі блокування складових, що робить доставку, монтаж і обслуговування установки простішими під час її експлуатації.

Комплект кондиціонера складається з таких частин, як показано на рис. 2.7.1: - Камера змішування;

Глушник шуму, фільтр, повітроохолоджувач, повітроохолоджувач, вентилятор, повітророзподільна камера.

В комплект кондиціонера входять наступні секції (рис. 2.9.1):

- Камера змішування;
- Глушник шуму;
- Фільтр;
- Повіронагрівач;
- Повітроохолоджувач;
- Вентилятор;

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розподільна камера;

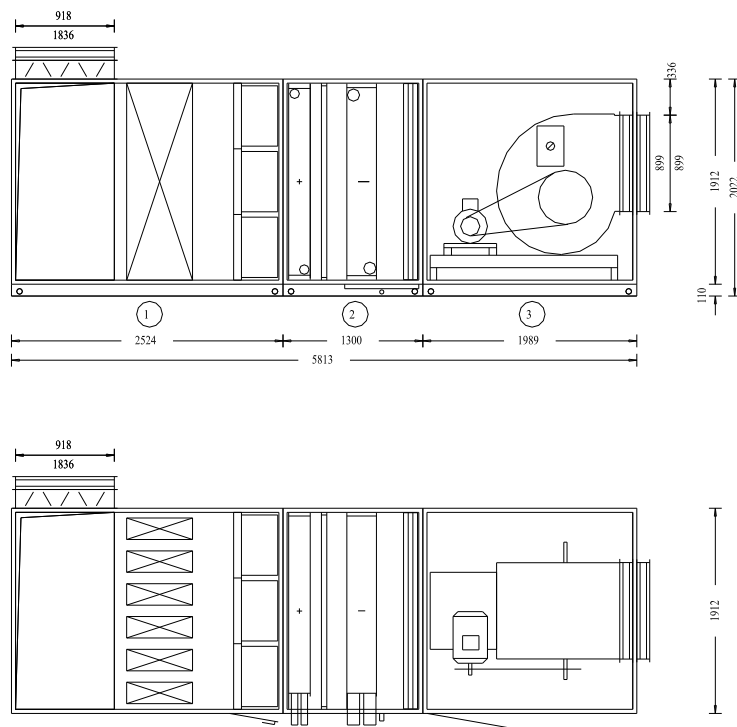


Рис. 2.9.1 Схема УКП АТ4.

### 2.9.2. Вихідні дані

Підбір проводимо за допомогою програми виробника AL-KO THERM KlimaSoft 4.93. Вихідні дані для підбору (згідно попередніх розрахунків):

1. Витрата повітря установкою 37500 м<sup>3</sup>/год.
2. Необхідна холодопродуктивність установки складає 155кВт.
3. Потрібна теплопродуктивність складає 138,8 кВт.
4. Втрати тиску складають 509 Па.
5. Параметри теплоносія – 120/70°C.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Підбір фільтрів

<b>ФІЛЬТР ПРИПЛИВНИЙ</b>			FE-NR. :	3	Приналежності:
Тип	F743		Клас фільтра :	G4	Візуальний датчик перепаду тиску з ел. сигналом
Роб. перепад тиску	127	Па	Швидкість у секції:	1.1 м/с	
Поч. перепад тиску.	55	Па	Робоча поверхня:	17,1 м <sup>2</sup>	
Кінцев. перепад тиску	200	Па	Довжина фільтра	360мм	



Комплект фільтрів розміщений на спеціально вбудованій рамі, яка кріпиться пружинними кріпленнями. Між карманами фільтра для збереження необхідної відстані використовуються нейлонові кріплення

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Підбір повітрянагрівачів

<b>ПОВІТРОНАГРІВАЧ ПРИПЛИВНИЙ</b>			FE-NR.	4	Приналежності
Тип	LPHW-Cu/Al-A		Кіл. рядів труб	1	Фланці зі зворотними фланцями 2566
Роб. перепад тиску	57	Па	Роб. перепад тиску	2,9 кПа	
Температура повітря на вході	2,0	С°	Температура теплоносія	120/70 С°	Датчик захисту від замерзання QAF63.6
Температура повітря на виході	24,0	С°	Робочий об'єм води	4919 л/ч	
Продуктивність	142	кВт	Гліколь	0 %	Рама захисту від замерзання
LT/Kreise	2.1 /33		Об'єм теплообмінника	12 л	
Зовн. підключення	2*50	DN			



- безшовні мідні трубки з впресованими механічним способом алюмінієвими пластинками
- вмонтований в раму з сталених оцинкованих листів
- відстань між пластинками 2,1 мм
- всі колектори виконані зі сталі

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Підбір вентилятора

ПРИПЛИВНИЙ ВЕНТИЛЯТОР				FE-NR.				6	Приналежності	
Тип	RZR15-710	Двигун		180 Standard					Термозахист двигуна.	
Продуктивність	37500 м <sup>3</sup> /год	Тип		1LA2186-4AA60-ZA11					Головний вимикач	
Розвиваємий напір	1284 Па	Кіл. обертів		1460				1/min	Датчик перепаду тиску	
Pw Motor eff	20,7 кВт	Напруга		400/690				В		
Pw max	50 кВт	Робочий струм		41,0/23,6				А		
Ступінь ефект. роб. колеса	60%	Потужність двигуна		22				kW		
Робоче число обертів	1462 1/min	КПД двигуна		91				%		
Максимальне число обертів	1950 1/min	Робоче число обертів двигуна		1462				1/min		
LwA	87dB(A)									
Октавні полоси Lw(Okt)	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Hz	
	101	95	92	91	88	84	79	71	dB	

Габарити

Вага

Довжина: 5813 мм    Ширина: 1912 мм    Висота: 2020 мм    2325 кг

Розрахункова потужність двигуна вентилятора:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^3$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

**Проводимо розрахунок:**

$$N_2 = 22 \cdot \frac{1,2}{1,2} \cdot \left(\frac{1462}{1950}\right)^3 = 16,5 \text{ кВт}$$

Висновок: потужність двигуна вентилятора зменшується за рахунок зниження кількості обертів.

### 2.9.3 Підбір холодильного устаткування

Кількість холоду становить 1248 кВт. За каталогом обладнання TRANE приймаємо три холодильні машини повітряного охолодження моделі RTUB 214:

Таблиця 2.9.5

#### Характеристики холодильної машини TRANE RTUB 214

Основні характеристики	Показник	Розмірність
<b>Продуктивність по холоду</b>	420.2	кВт
Споживаєма компресорами потужність	125.4	кВт
<b>Насичена температура конденсації</b>	55.0	°С
-Витрата води	18.1	л/с
-Втрати тиску у випарнику	36.0	кПа
-Температура води вхід./вихід	12.0\7.0	°С
-Коефіцієнт забруднення	0.044	м²К/кВт
-Етиленгліколь	0	%
-Ємність випарника	200	л
Кількість контурів / компресорів	2 / 2	
Регулювання продуктивності	Плавне безступінчасте	17 – 100%
Рівень звукового тиску на відстані 5 м (повітряний конденсатор)	54	Дб (А)

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Електричні характеристики</i>		
Електропостачання	380/50/3	В/Гц/Ф
Споживча потужність ❶	126.0	кВт
Максимальний струм ❷	294.0	А
Стартовий струм ❸	328.0	А
<b>Габаритні розміри та вага</b>		
Транспортовочна маса	3500	кг
Експлуатаційна маса	3725	кг
Кількість хладагента ( <b>R134a</b> )	40.0	кг
Довжина	4150	мм
Ширина	1010	мм
Висота	1900	мм
Присоединение трубопроводов	6	“

- ❶ Включаючи картерний нагрівач та нагрівач масляного сепаратора
- ❷ Для визначення типу та перерізу кабеля
- ❸ Для компресора більшої потужності + номінальний струм іншого компресора, а також включаючи номінальні струми електродвигунів вентиляторів

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Розділ 3

## Наукова частина

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1 Вимоги до параметрів мікроклімату в робочій зоні громадських будівель

При кондиціонуванні повітря параметри мікроклімату приміщень мають бути в межах оптимальних норм, згідно з вимогами нормативних документів. Санітарні норми дозволяють короточасне відхилення температури від рекомендованої в межах дозволених норм.

Рис. 3.1 показує оптимальні та дозовані параметри внутрішнього повітря.

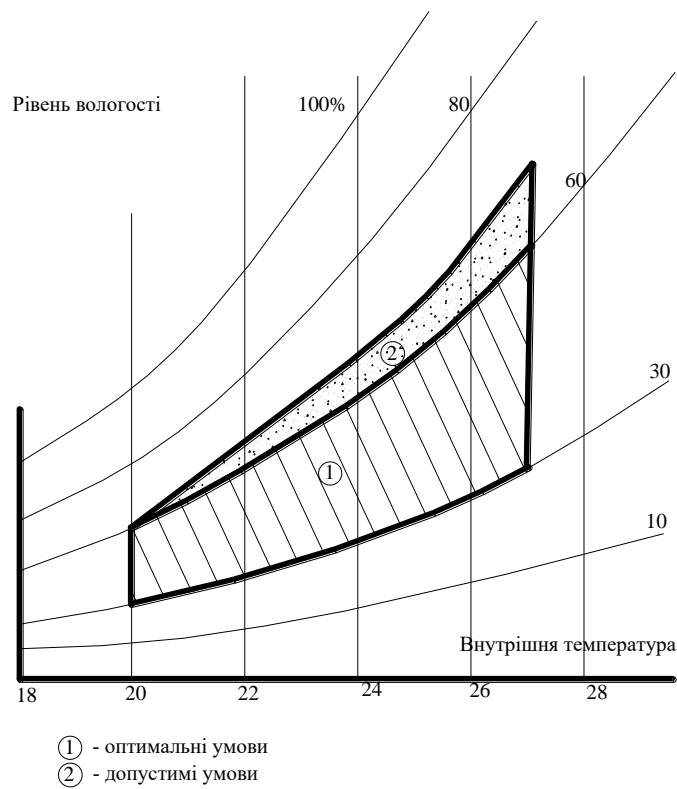


Рис. 3.1. Діапазон оптимальних та допустимих умов внутрішнього повітря

Таблиця 3.1

Умова	t, °C	φ, %
1- Оптимальні умови	20-25	30-60
2- Допустимі умови	27	70



### 3.2 Аналіз варіантів вдосконалення систем повітророзподілення

Один зі способів підвищення ефективності систем повітророзподілення - це періодична зміна кількості припливного повітря, переривчаста стратегія вентиляції, майже до повного припинення його надходження на певний період часу. Це може створювати періодичні, але не гармонійні коливання температури в приміщенні.

Постійна швидкість потоку в системах перемішувального типу створює вторинний рух повітря, який посилюється за рахунок втягування кімнатного повітря в припливний потік, що домінує у вентиляції зон в приміщенні за рахунок примусової конвекції. Оптимальне регулювання швидкості припливного потоку збільшує перемішування, і зазвичай високий ефект перемішування досягається в установках з високою швидкістю припливного потоку, що, як наслідок, збільшує споживання енергії вентиляції. Крім того, існує підвищений ризик виникнення протягів при подачі ізотермічного або охолодженого повітря. Іншою гострою проблемою при постійній витраті повітря є утворення застійних зон в приміщенні, які призводять до неприйнятно низької ефективності повітрообміну в локальних точках. Це пов'язано з тим, що при постійній витраті створювані дрібномасштабні структури в межах дуги потоку в приміщенні є недостатніми, і, як наслідок, не досягається бажане ідеальне перемішування.

Проблеми застійних зон і ризику протягів можна вирішити, використовуючи стратегії, які оптимізують швидкі зміни швидкості вентиляційного потоку або поля швидкостей у приміщенні. Швидка зміна полягає в тому, що зміна відбувається протягом декількох хвилин, на відміну від систем зі змінним об'ємом повітря, в яких витрата повітря змінюється поступово у відповідь на зміну навантаження. Періодичну витрату повітря можна змінювати за допомогою синусоїдальної або ступінчастої функції, як показано на рис. 3.3. За допомогою синусоїдальної функції витрата регулюється

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в межах заданого діапазону шляхом багаторазового увімкнення та вимкнення вентилятора системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря на певні проміжки часу. Метою створення варіацій є зміна умов у приміщенні щодо структури повітряного потоку та поля швидкостей. Зміна структури повітряного потоку може покращити ефективність видалення забруднень з приміщення, а зміна поля швидкості може збільшити ефект охолодження, який відчуває людина, не створюючи при цьому протягу.

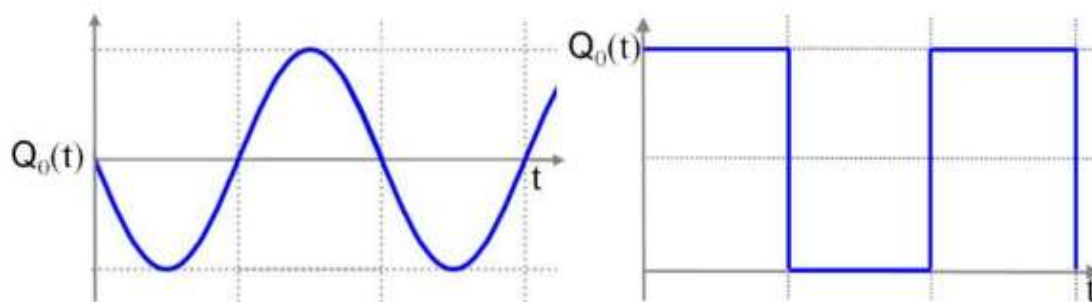


Рис.3.3. Часова залежність зміни швидкості потоку

Зміна швидкості вентиляційного потоку за допомогою ступінчастої функції досягається шляхом періодичного увімкнення та вимкнення припливного вентилятора. Стратегія первинної вентиляції мала на меті оптимізувати двовимірний переривчастий струмінь, що випускається над головою з ряду збіжних струменів. Стратегія збільшує перемішування і проникнення припливного потоку в зону дихання і створює нестаціонарні характеристики повітряного потоку в зайнятій зоні. Під час роботи системи пропонується працювати з мінімальною швидкістю 0,4 м/с для низхідного повітряного потоку, щоб ефективно здувати тепловий шлейф і зменшити вплив забруднюючих речовин у приміщенні, що переносяться в межах конвективного прикордонного шару людини. 0,8 м/с було рекомендовано як максимальну швидкість без вимог до особистого контролю (стандарт ASHRAE 55, 2017), в іншому випадку за потреби можна використовувати вищі швидкості.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переривчаста подача створює дуже різні швидкісні умови між періодами переривчастості (низькі та високі імпульси), що, відповідно, створює нерівномірний повітряний потік та неізотермічні умови навколо людей, які піддаються впливу. Ця взаємодія підвищує відчуття охолодження людей, які перебувають у приміщенні, при змінних швидкостях повітря і знижує ризик виникнення протягів, створюючи відчуття теплового задоволення в теплому середовищі. Прийнятність руху повітря і прийнятність якості повітря покращуються, особливо при підвищеній температурі в приміщенні, що відкриває шлях до енергоефективного охолодження.

Переривчаста подача як основна система має потенційне застосування в кліматі, де охолодження необхідне протягом більшої частини року, оскільки переривчастий потік повітря, навіть при мінімальній робочій швидкості 0,4 м/с, був визнаний небажаним при температурі нижче 23,7 °С. Така система може працювати майже у всіх кліматичних зонах і легко впроваджується в існуючих будівлях. Система збільшує перемішування за рахунок рециркуляції повітря в приміщенні і пропонує переваги комфорту в теплому середовищі завдяки збільшенню переривчастих швидкостей руху повітря. Однак, довготривалий вплив на людину може допомогти оптимізувати систему для широкого практичного застосування.

Для математичного опису такого режиму можна скористатися спрощеною графічною моделлю. (рис.3.4)

Дана модель була створена для умов, коли в приміщенні наявні постійні надлишкові конвективні надходження тепла ( $Q_{пов}$ , Вт), а кількість припливного повітря змінюється з певною періодичністю. [29]

Протягом часу  $\tau_n$  на нагрів, приплив повітря буде дорівнювати:

$$G_{пр}^H = \frac{Q_{пов}}{c_p \cdot (t_{max} - t_{пр})} \quad (3.2.1)$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за час охолодження  $\tau_0$  :

$$G_{\text{пр}}^o = \frac{Q_{\text{пов}}}{C_{\text{п}} \cdot (t_{\text{min}} - t_{\text{пр}})} \quad (3.2.2)$$

А температура припливного повітря буде рівна  $t_{\text{пр}}$ . Для даних умов у приміщенні відбувається підвищення температури (нагрівання) до допустимого значення  $t_{\text{max}}^{\text{доп}}$  під час півперіоду  $\tau_{\text{н}}$ , після чого положення моделі змінюється, а саме знижується (охолоджується) до допустимого значення  $t_{\text{min}}^{\text{доп}}$  під час

півперіоду  $\tau_0$ . Зрозуміло, що  $G_{\text{пр}}^o > G_{\text{пр}}^{\text{н}}$ .

Для визначення температури напівперіоду нагрівання, використовуємо формулу:

$$t_{\text{вт}}^{\text{н}} = t_{\text{max}} - (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}^{\text{доп}}) \exp\left(-\frac{\tau}{T_{\text{пр}}^{\text{н}}}\right) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.2.3)$$

За умовою однозначності  $t_{\text{вт}}^{\text{н}} = t_{\text{max}}^{\text{доп}}$ , при  $\tau = \tau_{\text{н}}$ , час напівперіоду нагрівання буде дорівнювати:

$$\tau_{\text{н}} = T_{\text{пом}}^{\text{н}} \ln \frac{t_{\text{max}} - t_{\text{min}}^{\text{доп}}}{t_{\text{max}} - t_{\text{max}}^{\text{доп}}} \quad (3.2.4)$$

Для напівперіоду охолодження:

$$t_{\text{вт}}^o = t_{\text{min}} + (t_{\text{max}}^{\text{доп}} - t_{\text{min}}) \exp\left(-\frac{\tau}{T_{\text{пом}}^o}\right) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.2.5)$$

Із умови  $t_{\text{вт}}^o = t_{\text{min}}^{\text{доп}}$  час напівперіоду охолодження (при  $\tau = \tau_0$ )

$$\tau_0 = T_{\text{пом}}^o \ln \frac{t_{\text{max}}^{\text{доп}} - t_{\text{min}}}{t_{\text{min}}^{\text{доп}} - t_{\text{min}}} \quad (3.2.6)$$

Відношення  $C'_z / G_{\text{прСв}}$  в показнику ступеня в рівняннях за фізичним змістом є постійними часу приміщення  $T_{\text{пом}}$ , які є різними для часу  $\tau_{\text{н}}$  та  $\tau_0$ , так як  $G_{\text{пр}}^{\text{н}} \neq G_{\text{пр}}^o$  і значення загальної теплоємності приміщення різні при  $\tau_{\text{н}} \neq \tau_0$  та  $C'_z{}^{\text{н}} \neq C'_z{}^o$ .

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C'_z = C_z + V_{\text{помрвсв}} = \sum_1^n F_n c_n \rho_n \delta_n K_\omega / v_{\text{пн}} + V_{\text{помрвсв}} \quad (3.2.7)$$

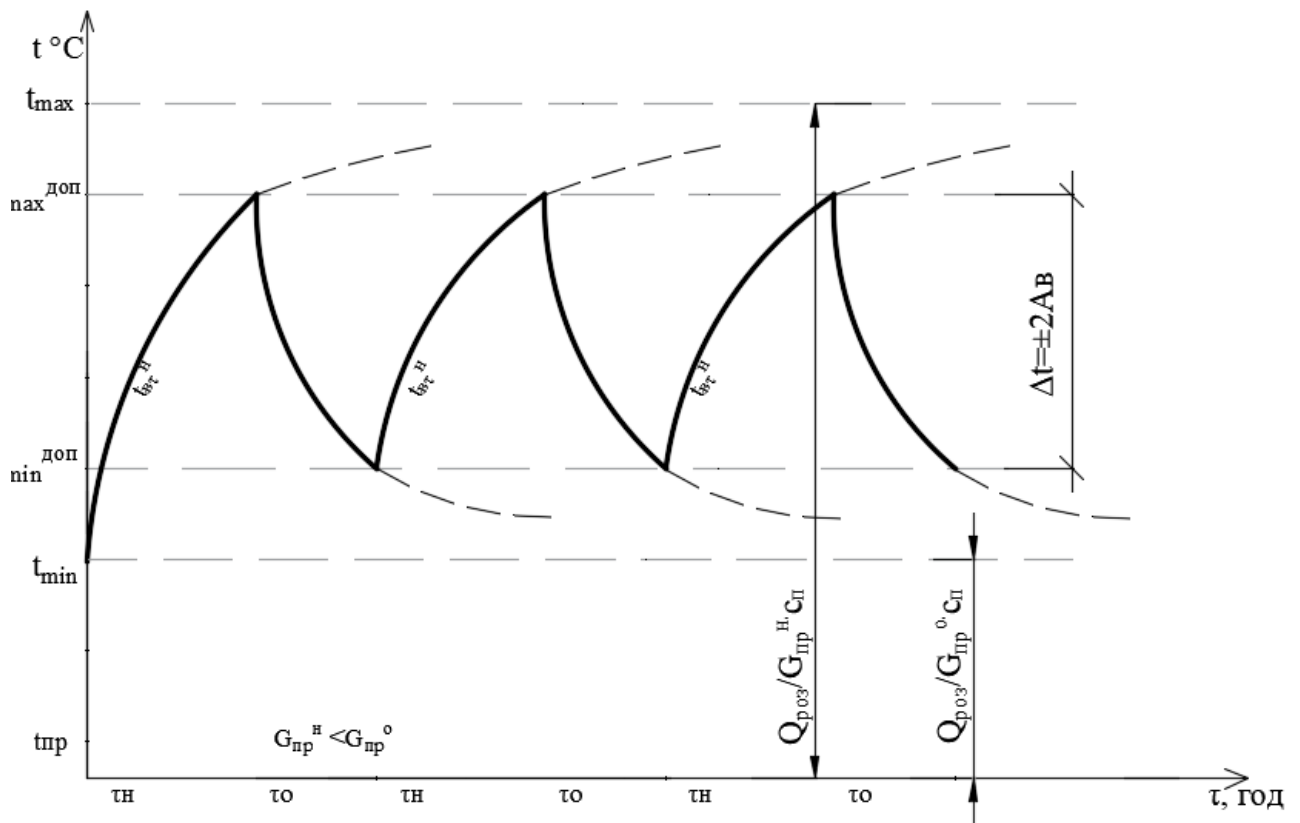


Рис.3.4 Характер зміни температури повітря в приміщенні з постійними теплонадлишками ( $Q_{нов}$ ) під час напівперіодів її підвищення ( $\tau_n$ ) і зниження ( $\tau_o$ ) при переривчастій подачі припливного повітря ( $G_{пр}^n < G_{пр}^o$ ).

Порівняно з більш точними рішеннями для змінних повітрообмінів, наведених у спеціальних дослідженнях, помилки, допущені під час виведення рівнянь, виправдовують себе, коли вони використовуються для попередніх інженерних розрахунків і для аналізу доцільності забезпечення ДМ у різних способах для конкретних умов. Для опису одного з варіантів проведення такого аналізу використовується термін «середня витрата повітря за період», який можна знайти за формулою:

$$\bar{G}_{\text{пр}} = \frac{\tau_o G_{\text{пр}}^o + \tau_n G_{\text{пр}}^n}{\tau_o + \tau_n} \quad (3.2.8)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				

Якщо порівняти його з витратою повітря  $\bar{G}_{пр}$ , необхідно забезпечити постійну середню температуру в приміщенні  $t_{ср} = (t_{max}^{доп} + t_{min}^{доп})/2$  при стаціонарному (стабільному) температурному режимі. Для цього значення  $\tau_0$  та  $\tau_o$ , отримані раніше за формулою, повинні бути підставлені:

$$G_{пр.стац} = Q_{возм} / [C_p(t_{ср} - t_{пр})] \text{ кг/с} \quad (3.2.9)$$

$$t_{ср} = (t_{max}^{доп} + t_{min}^{доп})/2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.2.10)$$

Виходячи з даних порівнянь про потенційні економічні переваги забезпечення динамічного мікроклімату шляхом зміни витрат повітря, У випадку, якщо  $\bar{G}_{пр} < G_{пр.стац}$ , очікується, що витрати на організацію динамічного мікроклімату будуть меншими, ніж витрати на підтримку стабільного температурного режиму.

Більшість технологічних процесів і умов нормальної життєдіяльності людини вимагають певних температур і швидкостей руху повітря. Якщо властивості кондиціонування технологічного об'єкту (першого елемента) пов'язані з його температурою, необхідно знати закономірності, які пов'язані з температурою та швидкістю руху навколишнього повітря.

### **3.3 Аналіз змін температури в приміщенні при переривчастій роботі системи**

У більшості випадків надходження тепловиділень у приміщення за часом не постійне. Це призводить до змін внутрішнього повітря. Спрощені методи (розрахунки по максимуму надходжень) передбачають постійні в часі теплонадходження від нагрівання обладнання.

Далі проаналізовано зміни температури в приміщенні при зміні кількості людей та теплового навантаження для оцінки можливості застосування переривчастої подачі повітря, що дозволить знизити розрахунковий повітрообмін.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.1 Зміна температури в приміщенні при вимкненій системі.

В початковий момент часу приймаємо температуру повітря в приміщенні  $t_0$ . Коли в приміщенні починає діяти тепловиділення  $Q_{\text{вид}}$ , рівняння балансу в момент часу  $\tau$  матиме вигляд :

$$Q_{\text{вид}} d\tau - V_{\text{пр}} dt \quad (3.3.1)$$

де  $V_{\text{пр}}$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ .

Це рівняння написано при допущенні, що тепловиділення розподіляються по всьому об'єму приміщення рівномірно.

Проінтегруємо рівняння (3.4.1) від 0 до  $\tau$  (довільного моменту часу) :

$$\frac{Q_{\text{вид}}}{V_{\text{пр}}} \int_0^{\tau} dt = \int_{t_0}^t dt \quad (3.3.2)$$

Вирішивши рівняння (3.4.2) відносно поточної температури  $t$ , отримаємо:

$$t = t_0 + \frac{Q_{\text{вид}}}{V_{\text{пр}} c_p \rho} \tau \quad (3.3.3)$$

Останній вираз являє температуру в будь-який момент часу як лінійну функцію від  $\tau$ . Темп збільшення температури визначається величиною відношення інтенсивності тепловиділень до об'єму приміщення.

На рис.3.3.1 показаний хід часу зміни температури в приміщенні при різній величині відношення  $(t - t_0) \frac{V_{\text{пр}} c_p \rho}{Q_{\text{вид}}}$ .

В теплий період року, температура в приміщенні підвищується при відсутності вентиляції.

$Q$  – теплонадходження Вт,  $1 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кДж/ч}$ ;

$C_p$  = теплоємність повітря =  $1,005 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$  ;

$V$  – об'єм =  $12 * 12 * 2 = 288 \text{ м}^3$ ;

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho$  – густина повітря = 1,2 кг/м<sup>3</sup>.

Для приміщення зали в теплий період року : при  $\Delta t = 1$  °С

$$\tau = (25 - 24) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 120} = 2,27 \text{ хв}$$

при  $\Delta t = 2$  °С

$$\tau = (27 - 25) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 120} = 4,43 \text{ хв}$$

при  $\Delta t = 3$  °С

$$\tau = (27 - 24) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 120} = 6,65 \text{ хв}$$

В холодний період року:

при  $\Delta t = 1$  °С

$$\tau = (21 - 20) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 104} = -2,52 \text{ хв}$$

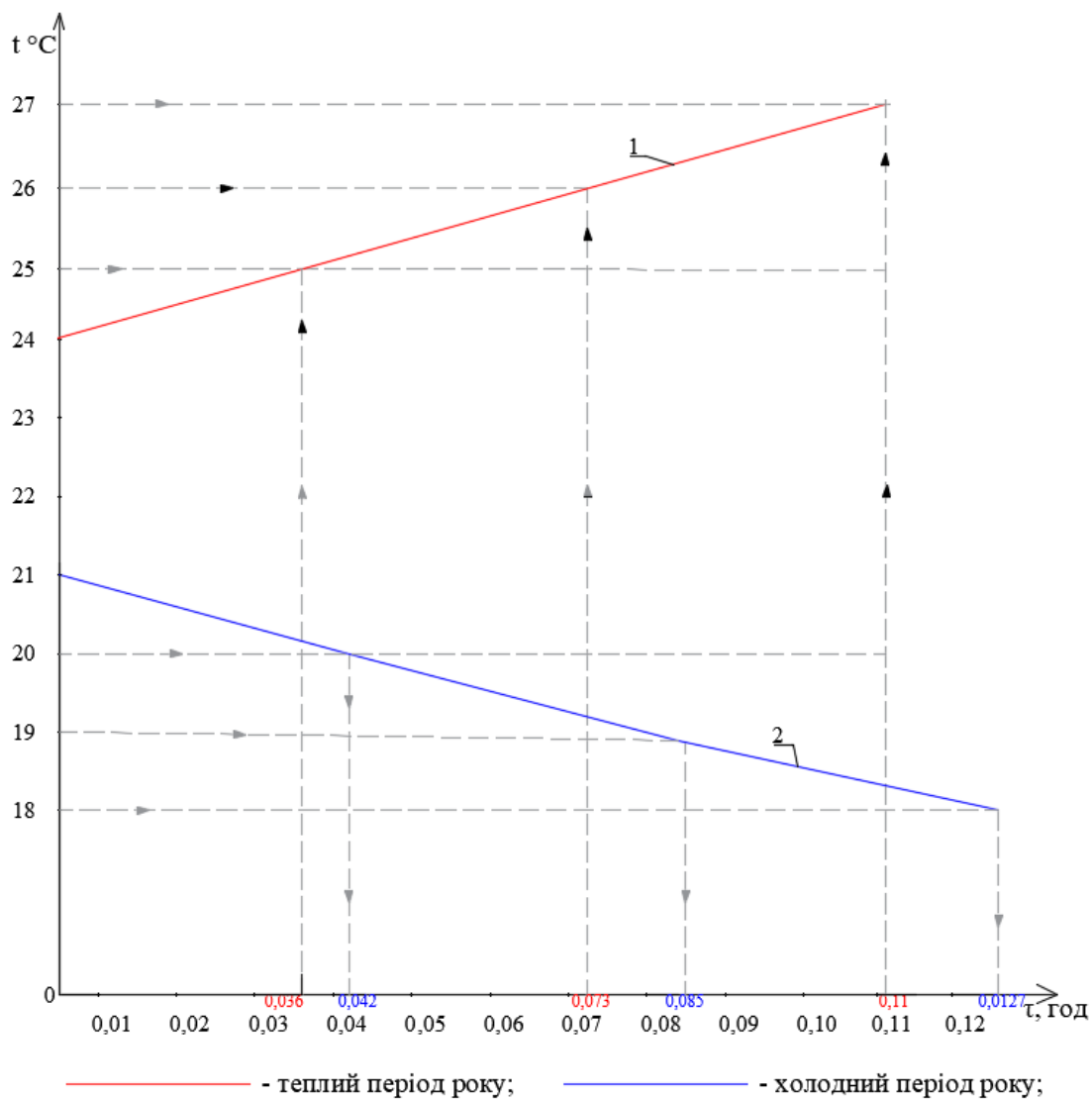
при  $\Delta t = 2$  °С

$$\tau = (21 - 19) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 104} = 5,08 \text{ хв}$$

при  $\Delta t = 3$  °С

$$\tau = (21 - 18) \frac{288 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 144 \cdot 104} = 7,62 \text{ хв}$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рис.3.3.1 Зміна температури в приміщенні при відсутності вентиляції*

Температура приміщення збільшиться у розрахункових зонах у теплий період року без використання системи вентиляції, згідно з рис.3.3.1. на 1 °С за  $\tau = 0,036$  год , тобто за  $\tau = 2$ хв. 21 сек., у холодний період року температура повітря зменшиться на 1 °С за  $\tau = 0,042$  год , тобто за  $\tau = 2$ хв. 54 сек.

### 3.3.2 Визначимо час коли потрібно включити систему.

Визначимо базові теплонадлишки в приміщенні:

Прийнято, що в момент початку роботи виставкової зали кількість теплоти становить :

$$Q = 0,3Q_{tex} + 0,2 Q_{осв} \quad (3.3.5)$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 0,3 \cdot 385600 + 0,2 \cdot 89796 = 133693 \text{ Вт}$$

За формулою ходу часу зміни температури при різній величині відношення:  $(t - t_0) \frac{V_{\text{пр}} c_p \rho}{Q_{\text{вид}}}$

$$\tau = (26 - 25) \frac{130017 \cdot 1,005 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 133693} = 0,053$$

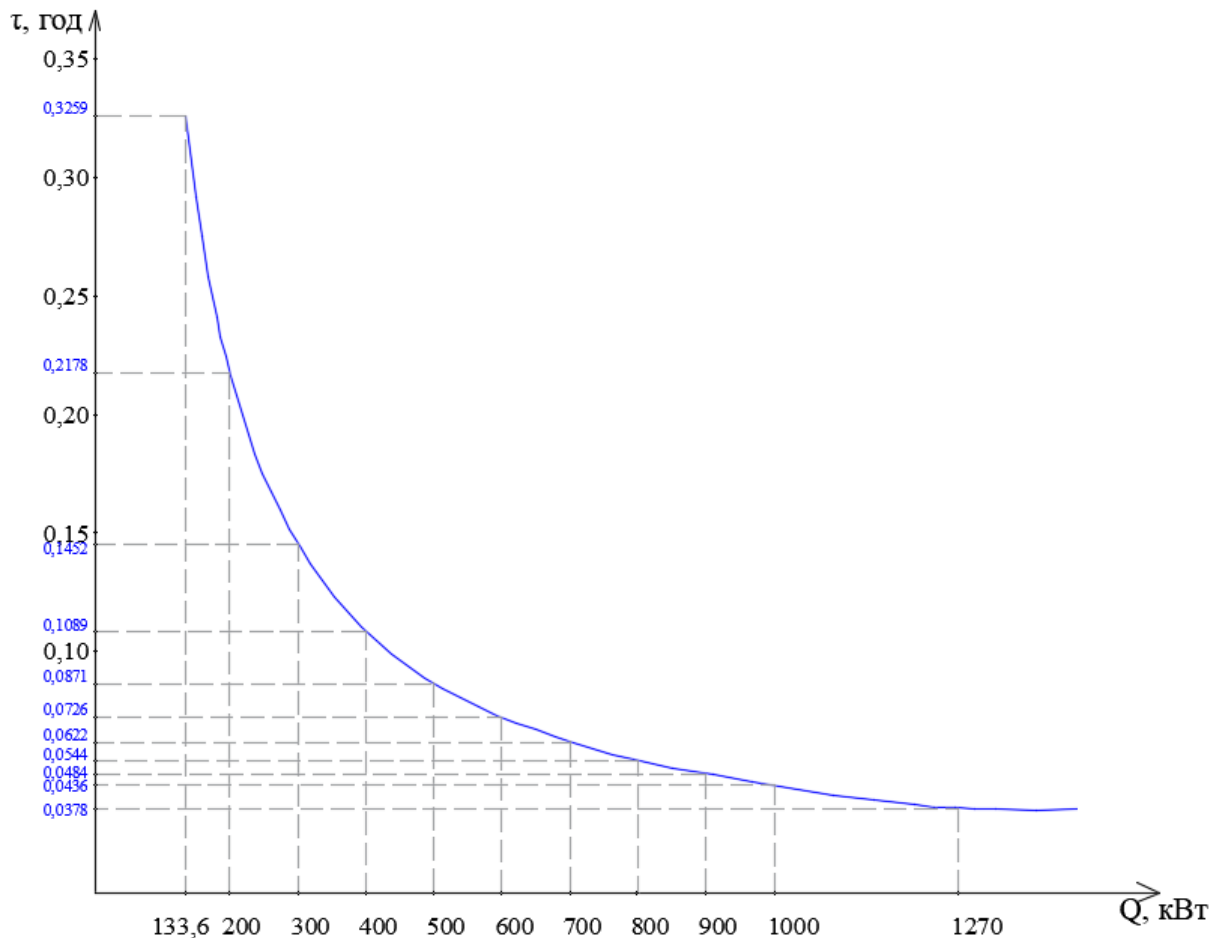


Рис.3.3.2 Графік зміни часу при збільшенні тепловиділень та підвищенні температурного режиму

Температура повітря виставкового залу зростатиме на 1 °С за 0,325 часу, або за 19 хв. 55 сек., при збільшенні температурного режиму та початкових значеннях теплонадлишків.

Таким чином, розрахунки показали, що через 19 хв. 55 сек. після початку роботи МВЦ необхідно включити дві гілки системи.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.3 Зміна температури в приміщенні при відомому повітрообміні.

Нехай в початковий момент часу температура в будь-якій точці приміщення дорівнює  $t_0$ . Прийmemo, що в цей момент в приміщенні діє джерело тепловиділень і включається система загальнообмінної вентиляції. Якщо знехтувати розподілом температури по приміщенню, тобто розглядати ізотермічні умови, то об'ємна продуктивність припливної та витяжної систем буде однакою :  $L_{in} = L_l$ . Температуру припливного повітря в приміщенні позначимо  $t_{in}$ , а повітря, що видаляється  $t_l$ . Прийmemo допущення, що температура розподіляється за об'ємом приміщення рівномірно і, отже, в будь-який момент  $t \equiv t_l$ .

Останній вираз можна перетворити в залежності від призначення розрахунку. При розрахунку періоду зміни температури в заданих межах :

$$\tau = \frac{V_{np}}{L_l} \ln \frac{t_{in} - t_0 + \frac{Q_{вид}}{L_l}}{t_{in} - t + \frac{Q_{вид}}{L_l}} \quad (3.3.6)$$

При розрахунку зміни температури :

$$t = \frac{3,6Q_{вид}}{L_l c \rho_l} + t_{in} - \left( \frac{3,6Q_{вид}}{L_l c \rho_l} + t_{in} - t_0 \right) e^{-\tau \frac{L_l}{V_{np}}} \quad (3.3.7)$$

Врахування умови  $\rho_{in} \neq \rho_l$  при отриманні залежностей (3.3.6) та (3.3.7) призводить до появи у величини множника  $t_{in}$  множника  $\rho_l / \rho_{in}$ .

Якщо  $t_0 = t_{wz}$ , а  $Q < Q_{роз}$ ,  $L = const$ , то температура в приміщенні буде знижуватися. Чим більше кратність повітрообміну, тим інтенсивніше знижуватиметься температура в приміщенні (рис.3.3.3,б).

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 31747,5}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,05)}) + 25 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,05)} = 24,27^\circ\text{C}$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 158748}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,25)}) + 25 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,25)} = 22,62^\circ\text{C}$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Коли джерело тепловиділень продовжує діяти, початкова температура становить  $t_o > t_{wz}$ , то зміна температури за часом матиме вигляд показаний на рис.3.3.3,в (лінія 1,  $t_o > \frac{3,6Q}{L_l c_l \rho_l} + t_{in}$ , а лінія 2  $t_o < \frac{3,6Q}{L_l c_l \rho_l} + t_{in}$ ).

При проектуванні може виникнути потреба у визначенні кратності повітрообміну для провітрювання. Якщо задані  $t_o$ ,  $t_{max}$ , час провітрювання  $\tau$ , можна визначити кратність повітрообміну:

$$(k_p)_{тр} = \frac{1}{\tau} \ln \frac{t_o}{t_{max}} t_o > \frac{3,6Q}{L_l c_l \rho_l} + t_{in} \quad (3.3.9)$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 63495}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,05)}) + 27 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,05)} = 26,09^\circ\text{C}$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 317496}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,25)}) + 27 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,25)} = 24,43^\circ\text{C}$$

$$1) \quad t_o < \frac{3,6Q}{L_l c_l \rho_l} + t_{in}$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 31747,5}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,05)}) + 20 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,05)} = 19,85^\circ\text{C}$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 158748}{300000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-2,31 \cdot 0,25)}) + 20 \cdot e^{(-2,31 \cdot 0,25)} = 20,5^\circ\text{C}$$

На рис.3.3.3, г показаний випадок при відомій початковій температурі, при дії джерела тепловиділень та повітрообміну менше розрахункового.

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 31747,5}{191920 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-1,47 \cdot 0,05)}) + 25 \cdot e^{(-1,47 \cdot 0,05)} = 24,57^\circ\text{C}$$

$$t = \left( \frac{3,6 \cdot 158748}{191920 \cdot 1,005 \cdot 1,2} + 18 \right) \cdot (1 - e^{(-1,47 \cdot 0,25)}) + 25 \cdot e^{(-1,47 \cdot 0,25)} = 24,36^\circ\text{C}$$

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

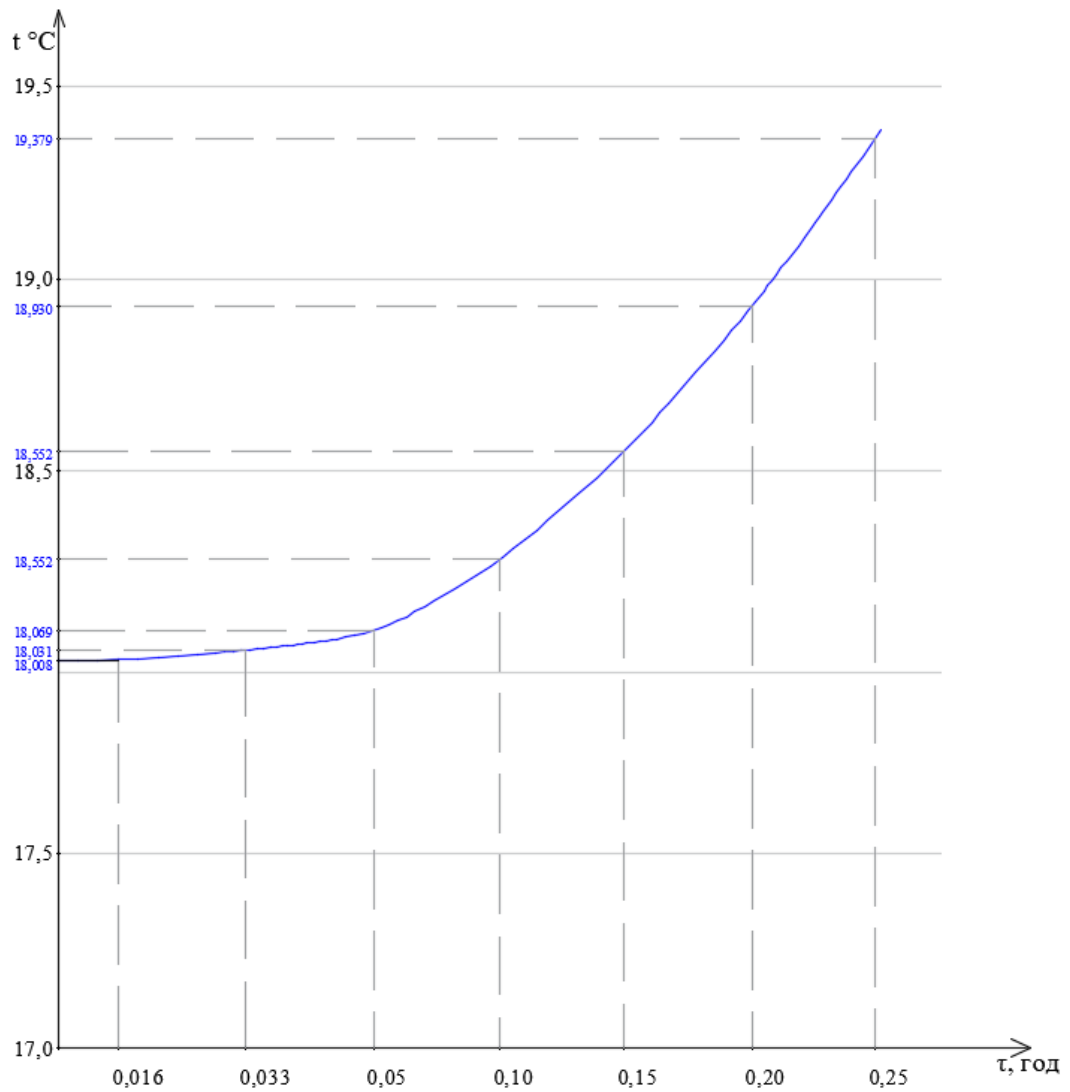


Рис.3.3.3 Зміна за часом температури в приміщенні з працюючою системою кондиціонування

а) - в приміщенні задана температура припливного повітря та відомий повітрообмін без тепловиділень в приміщенні. Потім діє джерело тепловиділень.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

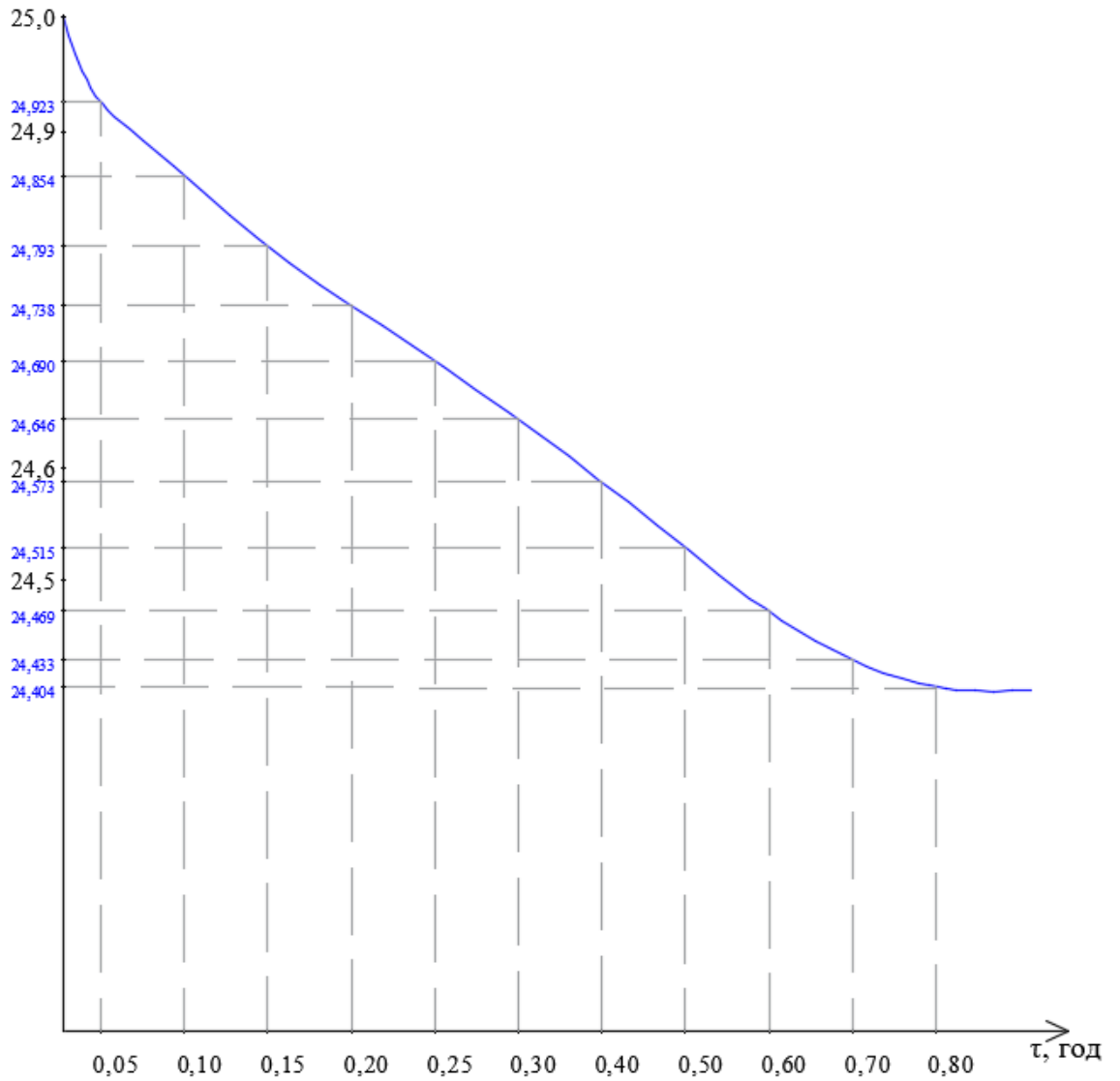


Рис.3.3.3 Зміна за часом температури в приміщенні з працюючою системою кондиціонування

б) – при наявності початкової температури, але тепловиділення зменшуються;

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

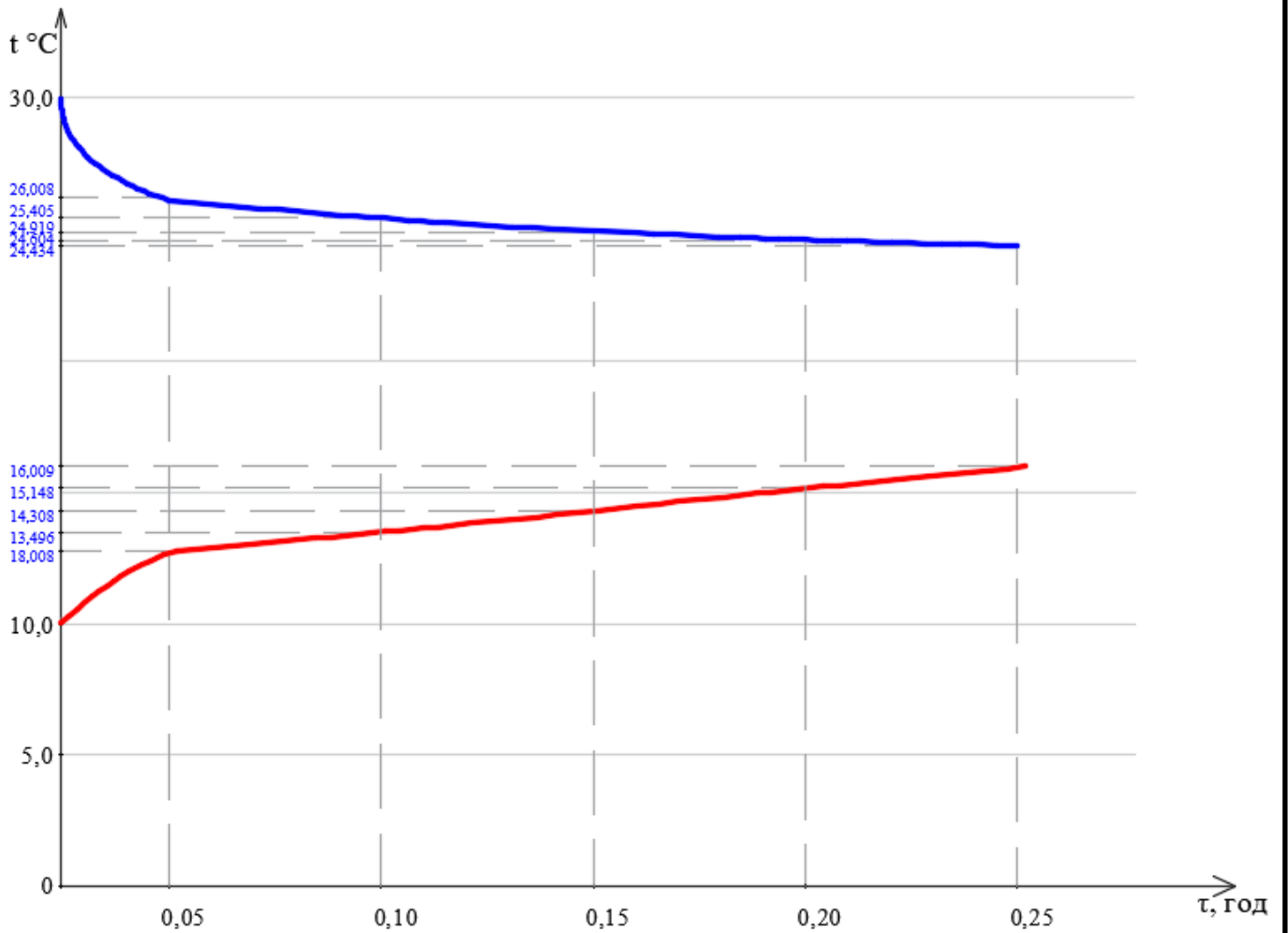


Рис.3.3.3 Зміна за часом температури в приміщенні з працюючою системою кондиціонування

в) – при заданому повітрообміні, значенні початкової температури при неробочому режимі виставкового центру і заданій кількості тепловиділень (значення);

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

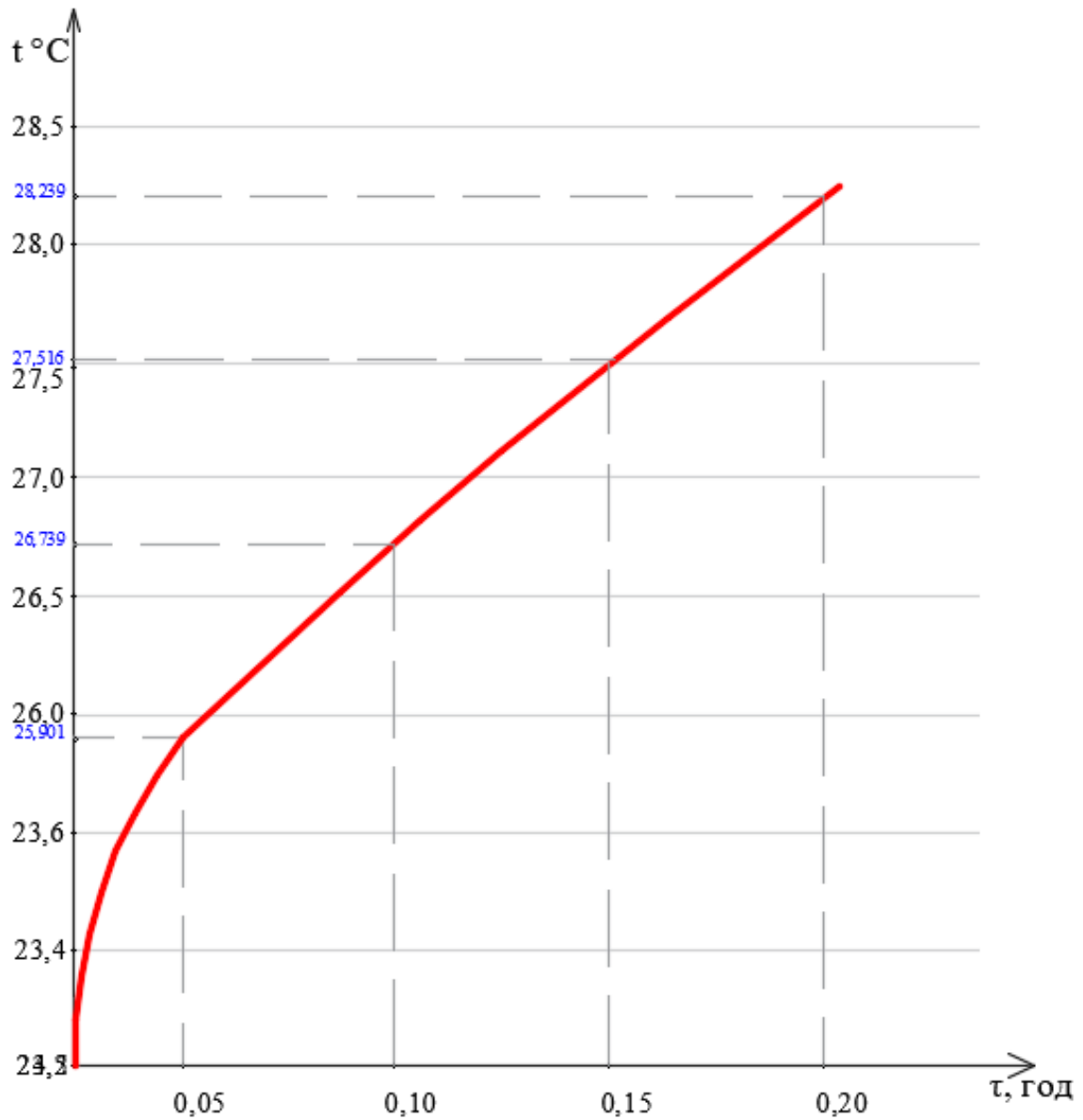


Рис.3.3.3 Зміна за часом температури в приміщенні з працюючою системою кондиціонування

г) – при 50% повітрообміні в приміщенні від розрахункового.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4 Розрахунок параметрів струмини при горизонтальній та вертикальній подачі повітря

*Далекобійні сопла DUK (з вертикальною подачею повітря)*

Вихідні дані для розрахунку:

Вихідні дані									
Період	Витрата повітря L, м <sup>3</sup> /ч	Швидкість на виході V0, м/с	Площа живого перерізу, м <sup>2</sup>	Еквівалентний діаметр, м	Коефіцієнт загасання швидкості m	Коефіцієнт загасання температури n	Температура середовища Трз, К	Температура на виході Т0, К	Різниця температур dT0=T0-Тр.з
ТП					1,6	0,7	298	290	-8
ХП	3750	9,2	0,113	0,379	1,6	0,7	293	289,5	-3,5

Розрахунок проводиться за загальновідомими залежностями для струминних течій з урахуванням критерію Архімеда, дії гравітаційних сил, геометричних характеристик та типів струмин.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Результати розрахунку для теплого періоду року зведено в таблицю.

Таблиця 3.4.1

**Результат розрахунку параметрів вертикальної струмини у теплий період року**

Теплий період									
Відстань x, м	Критерій Архімеда у початковому перерізі, $Ar_0$	Поточний критерій Архімеда, $Ar_x$	Коефіцієнт неізотермічності , $K_n$	Швидкість $V_x$ на відстані x, м/с	Різниця температур dtx, C	Температура to- dtx, C	Напівширина струмини увгр, м	Напівширина струмини утгр, м	Далекобійність x, м
1	-0,00117584	-0,00202807	0,998307081	5,08	-1,80	23,20	0,42	0,61	14
2	-0,00117584	-0,00811226	0,99319356	2,53	-0,91	24,09	0,84	1,23	14
3	-0,00117584	-0,01825259	0,984552102	1,67	-0,61	24,39	1,25	1,84	14
4	-0,00117584	-0,03244904	0,972193072	1,24	-0,46	24,54	1,68	2,44	14
5	-0,00117584	-0,05070163	0,955826034	0,97	-0,38	24,62	2,10	3,04	14
6	-0,00117584	-0,07301035	0,93502812	0,79	-0,32	24,68	2,54	3,64	14
7	-0,00117584	-0,0993752	0,909190605	0,66	-0,28	24,72	2,97	4,22	14



Результати розрахунку для холодного періоду року зведено в таблицю.

Таблиця 3.4.2

**Результат розрахунку вертикальної струмини в холодний період року**

Холодний період									
Відстань $x$ , м	Критерій Архімеда у початковому перерізі, $Ar_0$	Поточний критерій Архімеда, $Ar_x$	Коефіцієнт неізотермічності, $K_n$	Швидкість $V_x$ на відстані $x$ , м/с	Різниця температур $dt_x$ , C	Температура $t_0 - dt_x$ , C	Напівширина струмини утгр, м	Напівширина струмини утр, м	Далекобійність $x$ , м
1	-0,000523207	-0,000993854	0,9991711	4,95	-0,82	19,18	0,28	0,38	20
2	-0,000523207	-0,003975415	0,99667612	2,47	-0,41	19,59	0,56	0,76	20
3	-0,000523207	-0,008944683	0,99248984	1,64	-0,28	19,72	0,84	1,15	20
4	-0,000523207	-0,015901659	0,98656903	1,22	-0,21	19,79	1,12	1,53	20
5	-0,000523207	-0,024846343	0,97885057	0,97	-0,17	19,83	1,40	1,90	20
6	-0,000523207	-0,035778734	0,96924842	0,80	-0,14	19,86	1,68	2,28	20
7	-0,000523207	-0,048698832	0,95764939	0,68	-0,12	19,88	1,97	2,65	20

За результатами розрахунків будемо розрахункову схему струмини (рис.3.4.2).

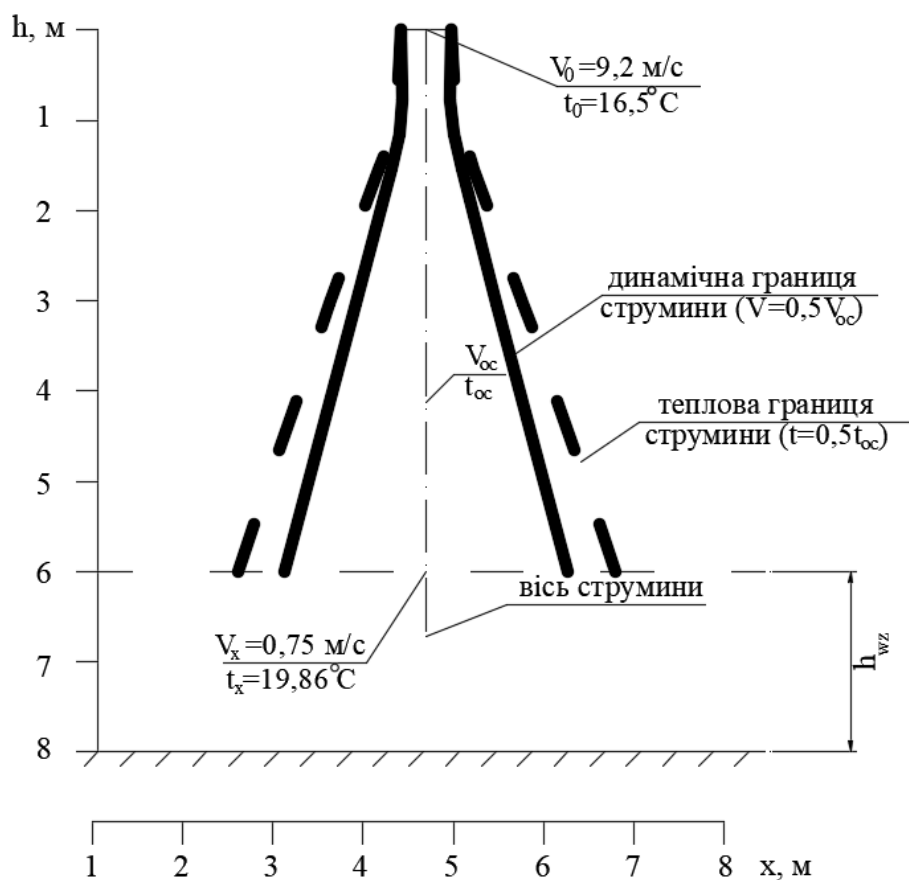


Рис. 3.4.2. Розрахункова схема припливної неізотермічної вертикальної струмини у холодний період року.

Висновки з результатів розрахунків:

1. Швидкість на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
2. Перепад температур на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
3. Далекобійність припливної струмини достатня для забезпечення параметрів у робочій зоні.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

*Далекобійні сопла DUK (з горизонтальною подачею повітря)*

Вихідні дані для розрахунку:

Вихідні дані										
Період	Витрата повітря L, м <sup>3</sup> /ч	Швидкість на виході V0, м/с	Площа живого перерізу, м <sup>2</sup>	Еквівалентний діаметр, м	Коефіцієнт загасання швидкості m	Коефіцієнт загасання температури n	Температура середовища Трз, К	Температура на виході Т0, К	Різниця температур dT0=Т0-Тр.з	Кут попереднього спрямування струмин, рад
ТП					5,8	1,4	298	290	-8	0
ХП	1875	13,5	0,0385	0,221	5,8	1,4	293	289,5	-3,5	-0,12

Розрахунок проводиться за загальновідомими залежностями для струминних течій з урахуванням критерію Архімеда, дії гравітаційних сил, геометричних характеристик та типів струмин.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Результати розрахунку для теплого періоду року зведено в таблицю.

Таблиця 3.4.3

**Результат розрахунку горизонтальної струмини в теплий період року**

Теплий період										
Відстань $x$ , м	Критерій Архімеда у початковому перерізі, $Ar_0$	Поточний критерій Архімеда, $Ar_x$	Коефіцієнт неізотермічності, $K_n$	Швидкість $V_x$ на відстані $x$ , м/с	Різниця температур $dt_x$ , C	Температура $t_0 - dt_x$ , C	Ордината осі струмини $y$ , м	Напівширина струмини $y_{угр}$ , м	Напівширина струмини $y_{тгр}$ , м	Далекобійність $x_{тах}$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-0,000318685	-0,00027084	0,999774249	15,27	-2,17	22,83	- 0,00	0,22	0,30	38
2	-0,000318685	-0,001083361	0,999096383	7,63	-1,08	23,92	- 0,00	0,43	0,59	38
3	-0,000318685	-0,002437561	0,997964559	5,08	-0,72	24,28	- 0,01	0,65	0,89	38
4	-0,000318685	-0,004333442	0,996375678	3,80	-0,54	24,46	- 0,03	0,87	1,18	38
5	-0,000318685	-0,006771004	0,994325356	3,04	-0,44	24,56	- 0,06	1,08	1,48	38
6	-0,000318685	-0,009750245	0,991807868	2,52	-0,36	24,64	- 0,11	1,30	1,77	38
7	-0,000318685	-0,013271167	0,98881608	2,16	-0,31	24,69	- 0,18	1,52	2,07	38
8	-0,000318685	-0,017333769	0,985341367	1,88	-0,27	24,73	- 0,26	1,74	2,36	38
9	-0,000318685	-0,021938051	0,981373498	1,67	-0,25	24,75	- 0,37	1,96	2,65	38
10	-0,000318685	-0,027084014	0,97690051	1,49	-0,22	24,78	- 0,51	2,18	2,94	38
11	-0,000318685	-0,032771657	0,971908545	1,35	-0,20	24,80	- 0,68	2,40	3,23	38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	-0,000318685	-0,03900098	0,966381655	1,23	-0,19	24,81	- 0,89	2,62	3,51	38
13	-0,000318685	-0,045771984	0,960301569	1,13	-0,17	24,83	- 1,13	2,85	3,80	38
14	-0,000318685	-0,053084668	0,953647412	1,04	-0,16	24,84	- 1,41	3,07	4,08	38
15	-0,000318685	-0,060939032	0,94639536	0,96	-0,15	24,85	- 1,73	3,30	4,36	38
16	-0,000318685	-0,069335076	0,938518229	0,90	-0,14	24,86	- 2,10	3,53	4,64	38
17	-0,000318685	-0,078272801	0,929984968	0,84	-0,14	24,86	- 2,52	3,76	4,91	38
18	-0,000318685	-0,087752206	0,920760039	0,78	-0,13	24,87	- 2,99	3,99	5,18	38
19	-0,000318685	-0,097773291	0,910802646	0,73	-0,13	24,87	- 3,52	4,23	5,44	38
20	-0,000318685	-0,108336056	0,900065781	0,69	-0,12	24,88	- 4,10	4,47	5,70	38
21	-0,000318685	-0,119440502	0,888495013	0,65	-0,12	24,88	- 4,75	4,71	5,96	38
22	-0,000318685	-0,131086628	0,876026954	0,61	-0,11	24,89	- 5,46	4,96	6,21	38
23	-0,000318685	-0,143274435	0,862587266	0,57	-0,11	24,89	- 6,24	5,21	6,45	38
24	-0,000318685	-0,156003921	0,848088066	0,54	-0,11	24,89	- 7,09	5,46	6,69	38

За результатами розрахунків будемо розрахункову схему струмینی (рис.3.4.3).

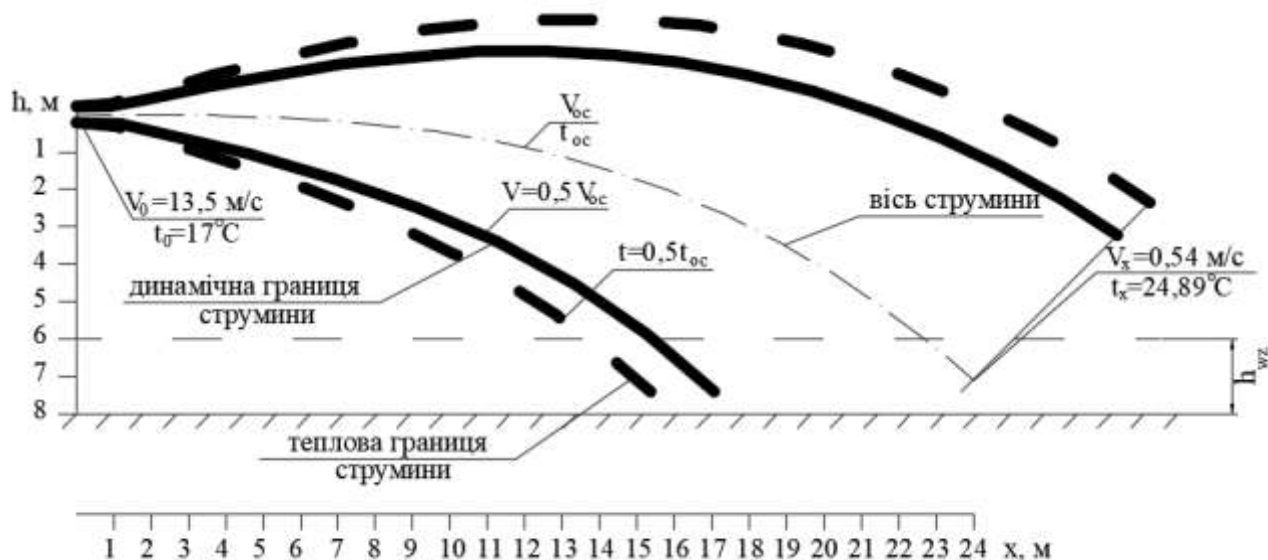


Рис.3.4.3 Схема горизонтальної припливної неізотермічної струмینی в теплий період року.

Висновки з результатів розрахунків:

1. Швидкість на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
2. Перепад температур на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
3. Далекобійність припливної струмینی достатня для забезпечення параметрів у робочій зоні.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				



Результати розрахунку для холодного періоду року зведено в таблицю.

Таблиця 3.4.4

**Результат розрахунку горизонтальної струмини в холодний період року**

Холодний період										
Відстань x, м	Критерій Архімеда у початковому перерізі, $Ar_0$	Поточний критерій Архімеда, $Ar_x$	Коефіцієнт неізотермічності, $K_n$	Швидкість $V_x$ на відстані x, м/с	Різниця температур $dtx$ , C	Температура $t_0-dtx$ , C	Ордината осі струмини y, м	Напівширина струмини $увгр$ , м	Напівширина струмини $угр$ , м	Далекобійність $x_{max}$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-0,000141804	-0,00012051	0,999899561	15,27	-0,95	19,05	- 0,12	0,22	0,37	57
2	-0,000141804	-0,00048206	0,999598123	7,63	-0,47	19,53	- 0,24	0,43	0,75	57
3	-0,000141804	-0,00108463	0,999095322	5,09	-0,32	19,68	- 0,37	0,65	1,12	57
4	-0,000141804	-0,00192823	0,998390549	3,81	-0,24	19,76	- 0,49	0,86	1,49	57
5	-0,000141804	-0,00301287	0,997482949	3,05	-0,19	19,81	- 0,63	1,08	1,86	57
6	-0,000141804	-0,00433853	0,996371411	2,54	-0,16	19,84	- 0,77	1,29	2,24	57
7	-0,000141804	-0,00590522	0,995054569	2,17	-0,14	19,86	- 0,92	1,51	2,61	57
8	-0,000141804	-0,00771294	0,993530793	1,90	-0,12	19,88	- 1,08	1,73	2,98	57
9	-0,000141804	-0,00976168	0,991798177	1,68	-0,11	19,89	- 1,25	1,94	3,35	57
10	-0,000141804	-0,01205146	0,989854533	1,51	-0,10	19,90	- 1,43	2,16	3,72	57
11	-0,000141804	-0,01458227	0,987697375	1,37	-0,09	19,91	- 1,62	2,38	4,09	57
12	-0,000141804	-0,01735411	0,985323912	1,25	-0,08	19,92	- 1,83	2,60	4,46	57
13	-0,000141804	-0,02036697	0,982731024	1,15	-0,07	19,93	- 2,06	2,82	4,83	57

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	
14	-0,000141804	-0,02362087	0,979915249	1,07	-0,07	19,93	-	2,31	3,04	5,20	57
15	-0,000141804	-0,02711579	0,976872763	0,99	-0,06	19,94	-	2,57	3,26	5,56	57
16	-0,000141804	-0,03085174	0,973599354	0,93	-0,06	19,94	-	2,86	3,48	5,93	57
17	-0,000141804	-0,03482872	0,970090397	0,87	-0,06	19,94	-	3,16	3,70	6,30	57
18	-0,000141804	-0,03904674	0,966340824	0,82	-0,05	19,95	-	3,50	3,92	6,66	57
19	-0,000141804	-0,04350578	0,96234509	0,77	-0,05	19,95	-	3,85	4,15	7,02	57
20	-0,000141804	-0,04820585	0,958097135	0,73	-0,05	19,95	-	4,23	4,37	7,39	57
21	-0,000141804	-0,05314695	0,953590341	0,69	-0,05	19,95	-	4,64	4,60	7,75	57
22	-0,000141804	-0,05832908	0,94881748	0,66	-0,05	19,95	-	5,08	4,82	8,11	57
23	-0,000141804	-0,06375223	0,943770661	0,63	-0,04	19,96	-	5,55	5,05	8,47	57
24	-0,000141804	-0,06941642	0,938441263	0,60	-0,04	19,96	-	6,05	5,28	8,82	57

За результатами розрахунків будемо розрахункову схему струмнини (рис.3.4.4).

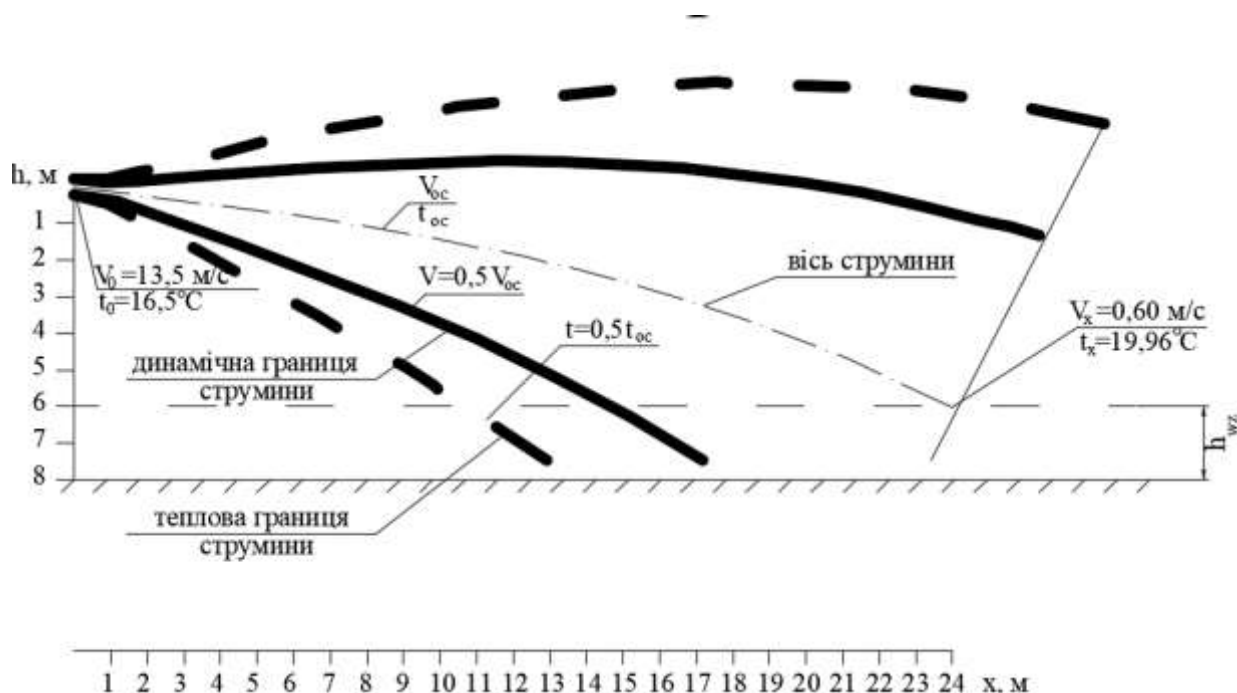


Рис.3.4.4 Розрахункова схема припливної неізотермічної горизонтальної струмнини у теплий період року.

Висновки з результатів розрахунків:

1. Швидкість на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
2. Перепад температур на вході в робочу зону задовольняє нормованим значенням.
3. Далекобійність припливної струмнини достатня для забезпечення параметрів у робочій зоні.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

# Розділ 4

## Заходи з енергоефективності та енергоресурсозбереження

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1. Параметри, що впливають на середовище в приміщенні та його енергоспоживання

Існує щонайменше сім основних параметрів, які впливають на внутрішнє середовище та його енергоспоживання:

Тип будівлі

Тип конструкції (наприклад, важка, легка, недорога, престижна будівля)

Енергоефективність (ступінь теплоізоляції, витік повітря, нічне охолодження і т.д.)

Рівень послуг (дуже базовий → високоавтоматизований).

Розташування будівлі

Якість навколишнього середовища (забруднення повітря, шумове забруднення тощо)

Зовнішній вигляд (розміри вікон, тип скління, наприклад, прозоре, тоноване, кількість стекол тощо).

Вид діяльності (офісна робота, роздрібна торгівля, дозвілля тощо)

Тип меблювання, підлогове покриття і т.д.

Обладнання, що використовується в будівлі.

Механічна/природна вентиляція

Тип системи кондиціонування повітря

Тип системи опалення

Спосіб розподілу повітря

Природне/електричне освітлення.

Теплове середовище

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря

Радіаційна температура

Швидкість і турбулентність повітря

Відносна вологість.

Якість повітря

Забруднення зовнішнього повітря

Забруднення повітря в приміщенні

Швидкість вентиляції

Ступінь контролю

Система управління будівлею

Особистий контроль навколишнього середовища (освітлення, температура, вологість тощо)

#### 4.2 Способи оцінки енергоспоживання в будівлях

При оцінці енергоспоживання у всіх типах будівель на політику енергозбереження впливає страх перед екстремальними змінами клімату. Достатня вентиляція для комфортного мікроклімату в приміщенні має важливе значення, особливо в громадських будівлях.

Беручи до уваги наявні технології, включаючи витрати на енергію протягом життєвого циклу, інженери та проектувальники повинні мінімізувати використання невідновлюваної енергії.

Будівлі високої якості повинні проектуватися, будуватися і обслуговуватися з урахуванням екологічних, економічних і соціальних аспектів для забезпечення сталого розвитку.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергія використовується для контролю мікроклімату в приміщенні, тому для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщенні з точки зору потреб в опаленні або охолодженні буде споживатися велика кількість енергії.

Рейтинг активів: Він базується на розрахунках енергетичного балансу будівлі, які були описані в попередніх розділах. Це дає змогу оцінити енергоефективність та експлуатаційні характеристики будівлі за стандартних умов, що дає змогу порівняти її з процесом модернізації інших ідентичних або майже ідентичних будівель. У цій частині можуть бути використані інструменти енергетичного моделювання.

Експлуатаційний рейтинг: Він ґрунтується на вимірюванні енергоспоживання і стосується експлуатаційних характеристик будівлі або, іншими словами, практичних питань. Показники експлуатаційного рейтингу можна порівняти з теоретичними розрахунками або рейтингом активів, і в той же час вони забезпечують корисний зворотний зв'язок для всіх зацікавлених партнерів будівлі, включаючи власників, орендарів і проектувальників нових будівель.

#### 4.3 Заходи прийняті у роботі

1. Позонна подача повітря окремими установками, що дозволяє знизити загальну кількість повітря, що подається, та, як наслідок, тепло- та холодоспоживання.

2. Використання ефективної системи повітророзподілення, що дозволяє забезпечувати нормативні умови в приміщенні при зниженій витраті повітря.

3. Заміна існуючого обладнання на енергоефективні установки кондиціонування повітря AL-KO THERM AT 4.

4. Запровадження системи автоматизації, що за потребою управляє заслінками зовнішнього повітря, змінюючи його кількість у суміші.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 5

Автоматизація технологічних процесів в системах кондиціонування

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Характеристика об'єкта автоматизації.

### 5.1.1. Система кондиціонування.

Згідно технологічного завдання в системі кондиціонування повітря передбачене автоматичне регулювання установкою кондиціонування повітря, яке виконується за допомогою контролера МахуCon Flexy-S2-B1. Контролер отримує сигнали від:

датчиків температури

- зовнішнього повітря;
- припливного повітря;
- витяжного повітря;
- теплоносія;

датчиків вологості

- зовнішнього повітря;
- припливного повітря;
- витяжного повітря;

пресостатів

- фільтру припливного повітря;
- фільтру витяжного повітря;
- припливного вентилятора;
- витяжного вентилятора;

термостатів

- захисту від замерзання;
- захисту від перегріву електричного калорифера.

Контролер видає сигнал на трьох ходові клапани, які змінюють подачу теплоносія та холодоносія в теплообмінниках припливної установки.

Проектом автоматики передбачається:

- підтримання температури та вологості припливного повітря;
- захист калориферів вентсистеми від заморожування.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Алгоритм роботи системи автоматизації.

На контролері можна налаштувати режими роботи P1: «Ручне», «Автоматичне», «Зима» та «Літо». У режимі «Ручне» контролер керує електродвигунами вентиляторів кнопками.

Поворотна кнопка SB1 може використовуватися для запуску та відключення роботи контролера по програмі. Лампа, вбудована в SB1, мигає перед пуском, якщо є готовність до пуску, і горить постійним світлом після пуску. Це є автоматичним сигналом роботи системи. Відсутність аварійних сигналів показує готовність до запуску. У шафі автоматики ША-П1 і дистанційному пульті ПДУ-Ш (S2) є можливість керувати кнопками SB1.

Датчики RK1 і RK3 контролюють температуру зворотної води теплоносія, зовнішнього повітря та повітря в припливному повітропроводі. В режимі «Зима» подачі теплоносія на калорифер регулюється для підтримки температури припливного повітря.

Датчики перепаду тиску повітря SP1 і SP2 керують роботою вентиляторів. Датчики температури SK1 і RK1 забезпечують захист калорифера від заморожування. Датчик SK1 також захищається при виключеному контролері. При загрозі заморожування калорифера робота системи припиняється, кран на теплоносії повністю відкривається, і з'являється сигнал «Загроза заморожування» (HL3). Якщо сигнал про погрозу заморожування калорифера уже надходить, необхідно натиснути кнопку SB2 на П1А-П1, щоб продовжити роботу з програмою.

При будь-якій аварійній зупинці програми потрібно повернути поворотну кнопку SB1 у положення «Стоп» і потім у положення «Пуск», щоб продовжити роботу.

Схема автоматизації системи кондиціонування наведена на рис. 5.1.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# Розділ 6

## Економіка будівництва

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.1 Кошторисна документація

Кошторисна документація, яка складається з трьох різних категорій кошторисів, використовується для визначення кошторисної вартості будівництва проєктованих будинків або споруджень їхніх черг. Ці категорії включають кошториси окремих видів робіт і витрат (локальні кошториси та кошторисні розрахунки), кошториси об'єктів будівництва (об'єктні кошториси та кошторисні розрахунки) і кошториси комплексу будівництва (зведені розрахунки і зведення витрат).

Первинними кошторисними документами є локальні кошториси, які складаються на основі обсягів робіт, визначених у робочому проєкті та робочій документації, також відомої як робочі креслення.

Кошторисні розрахунки (локальні кошториси) включають прямі витрати, накладні витрати та кошторисний прибуток (планові накопичення). При складанні локальних кошторисних розрахунків (кошторисів) без розподілу на розділи зазначені суми нараховуються наприкінці розрахунку (кошторису) за підсумком прямих витрат; при формуванні по розділам нарахування зазначених сум відбувається наприкінці кожного розділу та в цілому по кошторисному розрахунку (кошторису).

Локальний кошторис на спорудження систем вентиляції та кондиціонування блоку «Д» Міжнародного виставкового центру у м. Київ розроблено на основі проєктної документації за допомогою програмного комплексу АВК.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шифр проекту - 1

**Локальний кошторис на будівельні роботи 2-1-1  
на систему кондиціонування блоку Д МВЦ в м. Київ**

Основа:	Кошторисна вартість	599,023 тис. грн.
Креслення (специфікації ) № 5-10	Кошторисна трудомісткість	4,199 тис.люд.-год.
	Кошторисна заробітна плата	37,472 тис. грн.
	Середній розряд робіт	3,4 розряд

Складений в поточних цінах станом на "1 січня" 2023 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E20-55-1	Установлення припливної установки П1	шт	1	<u>215,95</u> 169,10	<u>5,43</u> 1,95	216	169	<u>5</u> 2	<u>18,36</u> 0,23	<u>18</u> -
2	C130-1	Припливна установка АТ-4 АL-KO Term, заслінки з електроприводом, комплекту автоматики та гнучких вставок	шт	1	<u>28499,24</u> -	- -	28499	-	- -	- -	- -
3	E20-55-1	Установлення витяжних систем В1, В2	шт	2	<u>215,95</u> 169,10	<u>5,43</u> 1,95	432	338	<u>11</u> 4	<u>18,36</u> 0,23	<u>37</u> -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	C130-1	Витяжна установка VS-40-R-V у складі вентилятора VS40 DRCT.DR.FAN з електродвигуном A90L/2C-11, N=2.2kW, n=2850 об/хв; заслінки з електроприводом та гнучких вставок	шт	2	<u>7819,76</u>	-	15640	-	-	-	-
5	E20-31-1	Установлення вентиляторів каналних	шт	19	<u>117,75</u> 90,88	<u>3,98</u> 1,41	2237	1727	<u>76</u> 27	<u>10,20</u> 0,16	<u>194</u> 3
6*	C130-62-1	Вентилятори VENT 125L з електродвигуном N=0,08 кВт n =2450 об/хв.	шт	2	<u>499,21</u>	-	998	-	-	-	-
7*	C130-62-2	Вентилятори VENT 160 L з електродвигуном N=0,13 кВт, n =2750 об/хв.	шт	6	<u>607,58</u>	-	3645	-	-	-	-
8	E20-4-1	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,5 мм, діаметром до 200 мм	100м <sup>2</sup>	0,2734	<u>11476,52</u> 2196,50	<u>42,84</u> 17,79	3138	601	<u>12</u> 5	<u>261,80</u> 2,09	<u>72</u> 1
9	E20-4-2	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,5 мм, периметром до 600 мм	100м <sup>2</sup>	1,477	<u>11072,83</u> 2196,50	<u>42,84</u> 17,79	16355	3244	<u>63</u> 26	<u>261,80</u> 2,09	<u>387</u> 3
10	E20-4-3	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,5 мм, периметром 800, 1000 мм	100м <sup>2</sup>	1,981	<u>10902,58</u> 2011,08	<u>37,33</u> 15,72	21598	3984	<u>74</u> 31	<u>239,70</u> 1,83	<u>475</u> 4
11	E20-4-4	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,6 мм, діаметром до 250 мм	100м <sup>2</sup>	0,212	<u>10620,62</u> 2196,50	<u>42,84</u> 17,79	2252	466	<u>9</u> 4	<u>261,80</u> 2,09	<u>56</u> -
12	E20-4-5	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,6 мм, діаметром до 355 мм	100м <sup>2</sup>	0,08	<u>9941,63</u> 2011,08	<u>37,33</u> 15,72	795	161	<u>3</u> 1	<u>239,70</u> 1,83	<u>19</u> -
13	E20-4-9	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,7 мм, периметром 900 мм	100м <sup>2</sup>	0,027	<u>11331,58</u> 2011,08	<u>37,33</u> 15,72	306	54	<u>1</u> -	<u>239,70</u> 1,83	<u>6</u> -
14	E20-4-10	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,7 мм, периметром від 1100 до 1600 мм	100м <sup>2</sup>	2,315	<u>10930,21</u> 1740,09	<u>33,84</u> 14,42	25303	4028	<u>78</u> 33	<u>207,40</u> 1,68	<u>480</u> 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	E20-4-11	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,7 мм, периметром до 2400 мм	100м <sup>2</sup>	4,074	<u>10405,01</u> 1309,34	<u>26,67</u> 10,60	42390	5334	<u>109</u> 43	<u>156,06</u> 1,25	<u>636</u> 5
16	E20-4-12	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 0,7 мм, периметром до 3200 мм	100м <sup>2</sup>	1,572	<u>10118,85</u> 1058,31	<u>27,25</u> 10,82	15907	1664	<u>43</u> 17	<u>126,14</u> 1,28	<u>198</u> 2
17	E20-4-2	Прокладання повітроводів з оцинкованої сталі класу П [щільні] товщиною 1,2 мм, периметром до 600 мм	100м <sup>2</sup>	0,294	<u>10309,83</u> 2196,50	<u>42,84</u> 17,79	3031	646	<u>13</u> 5	<u>261,80</u> 2,09	<u>77</u> 1
18	C130-1132	Повітроводи класу П з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 0,5 мм, круглого перерізу, діаметр до 200 мм	м <sup>2</sup>	27,34	<u>77,67</u> -	- -	2123	-	- -	- -	- -
19	C130-1134	Повітроводи класу П з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 0,6 мм, круглого перерізу, діаметр від 250 до 450 мм	м <sup>2</sup>	29,2	<u>69,13</u> -	- -	2019	-	- -	- -	- -
20	C130-1133	Повітроводи класу П з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 0,5 мм, прямокутного перерізу, розмір більшої сторони до 250 мм	м <sup>2</sup>	345,8	<u>80,39</u> -	- -	27799	-	- -	- -	- -
21	C130-1136	Повітроводи класу П з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 0,7 мм, прямокутного перерізу, розмір більшої сторони від 300 до 1000 мм	м <sup>2</sup>	798,8	<u>84,68</u> -	- -	67642	-	- -	- -	- -
22	C130-1133	Повітроводи класу П з тонколистової оцинкованої з неперервних ліній сталі товщиною 1,2 мм, прямокутного перерізу, розмір більшої сторони до 250 мм	м <sup>2</sup>	29,4	<u>98,35</u> -	- -	2891	-	- -	- -	- -
23	E20-11-1	Установлення дифузорів площею у просвіті до 0,25 м <sup>2</sup>	шт	228	<u>19,18</u> 15,62	<u>1,98</u> 0,61	4373	3561	<u>451</u> 139	<u>1,82</u> 0,07	<u>415</u> 16
24	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 100x100	шт	22	<u>32,35</u> -	- -	712	-	- -	- -	- -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 100x150	шт	3	<u>38,30</u>	-	115	-	-	-	-
26	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 100x200	шт	1	<u>43,40</u>	-	43	-	-	-	-
27	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 150x100	шт	15	<u>38,30</u>	-	575	-	-	-	-
28	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 150x150	шт	4	<u>42,55</u>	-	170	-	-	-	-
29	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 150x250	шт	1	<u>59,56</u>	-	60	-	-	-	-
30	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 200x100	шт	7	<u>32,35</u>	-	226	-	-	-	-
31	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 200x200	шт	5	<u>57,85</u>	-	289	-	-	-	-
32	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 250x100	шт	13	<u>46,81</u>	-	609	-	-	-	-
33	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 250x150	шт	7	<u>59,56</u>	-	417	-	-	-	-
34	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 300x100	шт	11	<u>49,36</u>	-	543	-	-	-	-
35	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 300x150	шт	11	<u>65,50</u>	-	721	-	-	-	-
36	C111-1756	Грати вентиляційні DSQ перерізом 350x100	шт	10	<u>56,15</u>	-	562	-	-	-	-
37	C111-1756	Грати вентиляційні AMT-AN перерізом 150x150	шт	4	<u>40,85</u>	-	163	-	-	-	-
38	C111-1756	Грати вентиляційні AMT-AN перерізом 400x400	шт	7	<u>136,06</u>	-	952	-	-	-	-
39	C111-1756	Грати вентиляційні MB100c перерізом 100x100	шт	5	<u>9,40</u>	-	47	-	-	-	-
40	E20-11-2	Установлення ґрат жалюзійних площею у просвіті до 1 м <sup>2</sup>	шт	17	<u>28,39</u>	<u>3,19</u>	483	344	<u>54</u>	<u>2,36</u>	<u>40</u>
					20,25	1,06			18	0,13	2
41	C111-1756	Грати вентиляційні PB3-AL перерізом 1000x800	шт	2	<u>552,55</u>	-	1105	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42	E20-13-1	Установлення клапанів зворотних діаметром до 355 мм	клапан	15	<u>20,71</u> 14,88	<u>0,58</u> 0,22	311	223	<u>9</u> 3	<u>1,75</u> 0,03	<u>26</u> -
43	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 100	шт	1	<u>65,38</u> -	-	65	-	-	-	-
44	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 125	шт	3	<u>69,72</u> -	-	209	-	-	-	-
45	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 150	шт	3	<u>78,39</u> -	-	235	-	-	-	-
46	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 200	шт	5	<u>130,41</u> -	-	652	-	-	-	-
47	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 250	шт	2	<u>152,08</u> -	-	304	-	-	-	-
48	C1630-1771	Клапан зворотній CAR 315	шт	1	<u>230,11</u> -	-	230	-	-	-	-
49	E20-14-6	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР із ручним приводом периметром до 1000 мм	шт	67	<u>24,51</u> 15,44	<u>0,58</u> 0,22	1642	1034	<u>39</u> 15	<u>1,80</u> 0,03	<u>121</u> 2
50	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 100x100	шт	17	<u>89,53</u> -	-	1522	-	-	-	-
51	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 100x150	шт	14	<u>94,63</u> -	-	1325	-	-	-	-
52	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 100x200	шт	2	<u>102,28</u> -	-	205	-	-	-	-
53	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 150x100	шт	4	<u>94,68</u> -	-	379	-	-	-	-
54	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 150x150	шт	13	<u>104,83</u> -	-	1363	-	-	-	-
55	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 150x200	шт	3	<u>107,38</u> -	-	322	-	-	-	-
56	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 200x100	шт	1	<u>102,79</u> -	-	103	-	-	-	-
57	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 200x150	шт	1	<u>107,43</u> -	-	107	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 200x200	шт	6	<u>120,13</u>	-	721	-	-	-	-
59	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 250x250	шт	6	<u>140,53</u>	-	843	-	-	-	-
60	E20-14-7	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР із ручним приводом периметром до 1600 мм	шт	5	<u>30,74</u> 17,25	<u>0,58</u> 0,22	154	86	<u>3</u> 1	<u>2,01</u> 0,03	<u>10</u> -
61	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 300x200	шт	2	<u>140,53</u>	-	281	-	-	-	-
62	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 300x250	шт	1	<u>150,73</u>	-	151	-	-	-	-
63	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 300x500	шт	2	<u>194,08</u>	-	388	-	-	-	-
64	E20-14-8	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР із ручним приводом периметром до 2400 мм	шт	2	<u>46,59</u> 21,45	<u>0,87</u> 0,33	93	43	<u>2</u> 1	<u>2,50</u> 0,04	<u>5</u> -
65	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 400x500	шт	1	<u>224,68</u>	-	225	-	-	-	-
66	C1630-1781	Дросель-клапан з оцинкованої сталі ДКП 500x600	шт	1	<u>293,53</u>	-	294	-	-	-	-
67	E20-24-1	Установлення вузлів проходу витяжних вентиляційних шахт діаметром патрубку до 250 мм	10 вузол	0,4	<u>414,70</u> 357,90	<u>12,45</u> 7,43	166	143	<u>5</u> 3	<u>43,86</u> 0,83	<u>18</u> -
68	C1630-991	Вузли проходу витяжних шахт через покриття промислових будівель із листової та сортової сталі, без клапана та кільця для збирання конденсата, марка УП-1, діаметр патрубка 200 мм	шт	4	<u>134,03</u>	-	536	-	-	-	-
69	E20-18-1	Установлення над шахтами зонтів із листової сталі круглого перерізу діаметром 200 мм	зонт	4	<u>43,42</u> 5,37	<u>0,72</u> 0,23	174	21	<u>3</u> 1	<u>0,61</u> 0,03	<u>2</u> -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	E20-14-6	Установлення заслінок повітряних і клапанів повітряних КВР із ручним приводом периметром до 1000 мм	шт	8	<u>24,51</u> 15,44	<u>0,58</u> 0,22	196	124	<u>5</u> 2	<u>1,80</u> 0,03	<u>14</u> -
71	2308-6007	Клапан повітряний регулювальний з ручним приводом КВР200Х200	шт	4	<u>73,47</u> -	- -	294	-	- -	- -	- -
72	2308-6008	Клапан повітряний регулювальний з ручним приводом КВР200Х250	шт	4	<u>74,44</u> -	- -	298	-	- -	- -	- -
73	E20-28-5	Установлення дверей герметичних утеплених розміром 1250х500 мм	шт	3	<u>280,11</u> 33,22	<u>13,59</u> 4,27	840	100	<u>41</u> 13	<u>3,40</u> 0,52	<u>10</u> 2
74	C130-476	Тяги для кріплення повітроводів СТД 446	т	0,45	<u>6118,32</u> -	- -	2753	-	- -	- -	- -
75	E13-73-5	Нанесення вручну в один шар покриття з вогнезахисного матеріалу УНИТЕРМ на горизонтальні і вертикальні поверхні металевих конструкцій	100м <sup>2</sup>	1,4	<u>10842,27</u> 430,09	<u>0,57</u> 0,06	15179	602	<u>1</u> -	<u>48,27</u> 0,01	<u>68</u> -
Разом прямі витрати по кошторису, грн.							575291	32233	<u>1236</u> 440		<u>3765</u> 49
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							541230				
всього заробітна плата, грн.							32673				
Загальновиробничі витрати, грн.							23697				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.							385				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							4799				
Додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням, тарою та пакуванням, заготівельно-складськими витратами, а також на комплектацію і запчастини, грн.							35				
-----											
--											

Устаткування, грн.	592		
Додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням, тарою та пакуванням, заготівельно-складськими витратами, а також на комплектацію і запчастини, грн.	35		
<b>Всього устаткування, грн.</b>	<b>627</b>		
-----			
Прямі витрати будівельних робіт , грн.	574172		
в тому числі:			
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	540981		
заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн.	31974		
заробітна плата в експлуатації машин, грн.	435		
Загальновиробничі витрати, грн.	23518		
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.	382		
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	4766		
<b>Всього кошторисна вартість будівельних робіт , грн.</b>	<b>597690</b>		
<b>кошторисна трудоємність, люд.-год.</b>	<b>4168</b>		
<b>кошторисна заробітна плата, грн.</b>	<b>37175</b>		
-----			
Прямі витрати монтажних робіт , грн.	527		
в тому числі:			
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	249		
заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн.	259		
заробітна плата в експлуатації машин, грн.	5		
Загальновиробничі витрати, грн.	179		
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.	3		
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	33		
<b>Всього кошторисна вартість монтажних робіт , грн.</b>	<b>706</b>		
<b>кошторисна трудоємність, люд.-год.</b>	<b>31</b>		
<b>кошторисна заробітна плата, грн.</b>	<b>297</b>		
-----			

		<b>Всього по кошторису, грн.</b>	<b>599023</b>			
		<b>Кошторисна трудомісткість, люд.-год.</b>	<b>4199</b>			
		<b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>	<b>37472</b>			

Склав

Перевірив \_\_\_\_\_

## Загальні висновки

1. З метою зменшення споживання енергії системами формування мікроклімату, які є найбільш енергоємними, питання раціонального та ефективного використання припливного та витяжного повітря у вентильованих приміщеннях стають все більш актуальними.
2. В результаті проведеного аналізу існуючих рішень організації повітрообміну в спорудах великого об'єму обґрунтовано підхід до проєктування систем забезпечення мікроклімату для таких приміщень, заснований на регулюванні режимів роботи систем кондиціонування у відповідності із заповнюваністю приміщення людьми.
3. Аналіз зміни режиму заповненості приміщення показав, що з врахуванням зміни кількості людей в приміщенні можна досягти зниження локальної витрати повітря до 50% від максимальної розрахункової за допомогою перенаправлення потоків повітря.
4. Параметри повітряного потоку на вході в робочу зону струмини припливного повітря для різних типів повітророзподільників не перевищили нормованого значення. Далекобійність припливної струмини достатня для забезпечення параметрів повітряного середовища в різних режимах роботи системи.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Довгалюк, В.Б. Критерії оцінки енергоефективності організації повітрообміну / В.Б. Довгалюк, В.О. Рудзинський, В.І. Наконечний // Енергоефективність в будівництві та архітектурі / Випуск №4. – К.:КНУБА, 2013р. – с. 82-88. – Режим доступу до ресурсу.: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/enef\\_2013\\_4\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/enef_2013_4_15)
2. Класифікація систем вентиляції та кондиціонування [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурса.: <http://ukrblog.vents.ua/articles/klassifikaciya-sistem-kondicionirovaniya-i-ventilyacii.html>
3. Визначення продуктивності вентиляції приміщення у змінному режимі на основі експериментальних досліджень концентрації CO<sub>2</sub> / О. Т. Возняк Ю. С. Юркевич Х. В. Миронюк О. О. Савченко - 2018.
4. EN 15241. Ventilation for buildings. Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in buildings (includes Corrigendum AC:2011).
5. Корбут В.П., Давиденко Б.В. Особливості числового моделювання аеродинаміки та температурного стану приміщень з теплонадходженнями // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. – Вип.2. – Київ : КНУБА, 2001. – С. 27-49.
6. Корбут В. П. Вимоги до енергоефективних технологій і якості повітря при формуванні внутрішнього мікроклімату споруд / В. П. Корбут // Енергоефективність в будівництві та архітектурі : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. П. М. Куліков. - Київ : КНУБА, 2012. - Вип. 3. - С. 9-14.
7. Повітророзподілення опуклими напівобмеженими струминами при вентиляції з постійною витратою повітря. / Корбут В.П., Мілейковський В.О. – 2021.
8. G. Cao, H. Awbi, R. Yao, Y. Fan, K. Sirén, R. Kosonen, J. (Jensen) Zhang, Build. Environ. 73 171–186 (2014).
9. H. Yin, A. Li, Z. Liu, Y. Sun, T. Chen, Build. Environ. 109 112-120(2016).

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. A. Li, Attachment Ventilation Theory and Design, China Architecture and Building Press, Beijing, 2020.
11. J. Li, A. Li, Y. Hou, C. Zhang, C. Yang, X. Zhang, J. Che, J. Guo, Build. Environ. 204 108226 (2021).
12. Y. Wang, K.K.L. Wong, H. Du, J. Qing, J. Tu, Energy Build 72 167-176(2014).
13. Б. М. Літовко і М. Ю. Лідер, «Аналіз способів підвищення енергоефективності систем вентиляції і кондиціонування», Вісник ВПІ, вип. 4, с. 47–55, Серп. 2021.
14. Зінич П. В. Вентиляція громадських будівель : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / П. Л. Зінич ; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. – Київ : КНУБА, 2002. – 256 с.: іл. – Бібліогр.: с. 248–251. – ISBN 966–627–061–7.
15. Возняк О.Т. Подача повітря в приміщення настільними охолодженими струминами. / Возняк О.Т. // Наук-техн. збірник КНУБА. Випуск 7 “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”, 2004. – с.12 – 19.
16. Возняк О.Т. Інтенсифікація затухання швидкості повітряного потоку взаємодією зустрічних неспіввісних струмин. / Возняк О.Т. // Вісник НУ “Львівська політехніка” № 677 “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація.”, 2010. – с. 57 – 60.
17. Корбут В. П. Вимоги до енергоефективних технологій і якості повітря при формуванні внутрішнього мікроклімату споруд / В. П. Корбут // Енергоефективність в будівництві та архітектурі : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. П. М. Куліков. - Київ : КНУБА, 2012. - Вип. 3. - С. 9-14.
18. Корбут В. П. Особливості числового моделювання аеродинаміки та температурного стану приміщень з теплонадходженнями / В. П. Корбут, Б. В. Давиденко // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд. і арх. ; відп. ред. Худенко А. А. - Київ : КНУБА, 2001. - Вип. 1. - С. 15-33. - Бібліогр. : 3 назви.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

19. Korbyt V. Air Distribution Efficiency in a Room by a Two-Flow Device / O. Vozniak, V. Korbut, B. Davydenko, I. Sukholova // Lecture Notes in Civil Engineering, 2020. International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv – Košice – Rzeszów CEE 2019: Proceedings of CEE 2019. Book series LNCE. Vol. 47, P. 526-533. – Access
20. Довгалюк В.Б., Мілейковський В.О.. Аналітичні дослідження макроструктури струмини течій для розрахунку енергоефективних систем повітророзподілення // Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». Вип.4.-Київ : КНУБА, 2013. – С.73-81.
21. Ловцов В.В, Хомутецький Ю.Н Системы кондиционирования динамического микроклимата помещений -2-е изд. 1991, - 150 м.: ил.
- 22.ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013.
- 23.ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 Будівельна кліматологія: – Чинний від 01.11.2011. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
- 24.Корбут В. П., Мілейковський В.О. Повітророзподілення опуклими напівобмеженими струминами при вентиляції з постійною витратою повітря. Вентиляція, освітлення і теплогазопостачання, 2021. Вип. 36. С. 37-50. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.36.37-50>
- 25.Корбут В. П., Мілейковський В.О., Дзюбенко В. Г., Саченко І. А. Використання взаємодії опуклих напівобмежених струмин при вентиляції зі змінною витратою повітря. Вентиляція, освітлення і теплогазопостачання, 2021. Вип. 37. С. 7-12. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.37.7-12>
- 26.Методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проектування з курсу "Опалення" на тему "Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожуючих конструкцій будинків різного призначення". Укл. Є.С.Зайченко. // К.: КДТУБА, 1998.-34с.

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

27. ДСТУ Б А. 3.2 – 12: 2009 Системи вентиляційні. Загальні вимоги. – Чинний від 01.08.2010. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 8 с.
28. Kapalo P. Using experimental measurements the concentrations of carbon dioxide for determining the intensity of ventilation in the rooms / P. Kapalo, S. Vilcekova, O. Voznyak // Chemical Engineering Transactions. – Vol. 39. – 2014. – P. 1789-1794.
29. Возняк О. Т. Вплив параметрів внутрішнього мікроклімату приміщення на теплообмін людини / О. Т. Возняк // Вісник НУ “ЛП”. Теорія і практика будівництва. – 2010. – № 662. – С. 84 – 88.
30. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. ). – [Чинний від 2019-06-01]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Украргбудінформ», 2019.- 47 с.
31. ДБН В.2.2-16:2019 Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади). – [Чинний від 2019-11-01]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Украргбудінформ», 2019.- 97 с.
32. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 ЕРГОНОМІКА ТЕПЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730:2005, IDT). – [Чинний від 2013-01-01]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Украргбудінформ», 2012.- 74с.
33. Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. Експлуатація системи тепlopостачання та вентиляції/ Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ.-122 с., укр.мовою

					АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		