

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

“Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну”

Мамрикова Дар'я Денисівна

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М

«__» _____ 20__ р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

“Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну”

Виконав студент групи ТВм-24-1
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
ОПП: теплогазопостачання і вентиляція
Мамрикова Дар'я Денисівна

Керівник : Мілейковський В.О. док. тех.н.
Вахула В.Р. асистент
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології
Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції
Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»
Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ
Предун К.М

_____ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Мамрикова Дар'я Денисівна
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи “Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну”

_____ р.

2. Керівник роботи: Мілейковський В.О. док. тех.н., Вахула В.Р. асистент
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Розробка системи опалення

Розділ 2. Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну

Розділ 3. Охорона праці й довкілля

Розділ 4. Техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти

5. Графічний матеріал за розділами

Аркуш 1. Система опалення. План системи 1, 2, 3 поверх. Схема підключення гребінок.

Аркуш 2. Система опалення. Аксонометрична схема 1, 2, 3 поверх. Схема ІТП. Вузол А.

Аркуш 3. Вентиляція. План системи на 1, 2, 3 поверх. ПВ4

Аркуш 4. Вентиляція. Аксонометрична схема В18, В23, В12, В27, В29, В19, ПВ2, ПВ3, П2.

Аркуш 5. Вентиляція. Аксонометрична схема В21, В15, В13, ПВ2, ПВ4.

Аркуш 6. Вентиляція. Аксонометрична схема В28, В17, В16, В47, В25, В46, В30, В31, В43, В20, ПВ5.

Аркуш 7. Кондиціонування повітря

Аркуш 8. Моделювання загальнообмінної вентиляції.

Аркуш 9. Моделювання витісняючої вентиляції з трьома повітророзподільниками.

Аркуш 10. Моделювання витісняючої вентиляції з двома повітророзподільниками.

6. Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|---|----------------|
| Розділ 1. Розробка системи опалення | 1 листопада |
| Розділ 2. Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну | 16 листопада |
| Розділ 3. Охорона праці й довкілля | 21 листопада |
| Розділ 4. Техніко – економічне обґрунтування вибору джерела теплоти | 30 листопада |
| Остаточне оформлення роботи | 5 грудня |
| Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат | 17 грудня |
| Попередній захист роботи на кафедрі | 26 грудня |

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірив | |
|-----------|---|-----------|--------|
| | | Дата | Підпис |
| Розділ 3. | Клімова Ірина Володимирівна | | |
| Розділ 4. | | | |

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри

Предун К.М

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Мілейковський В.О., Вахула В.Р

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Студент

Мамрикова Д. Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зміст

| | |
|---|--|
| Вступ | |
| Розділ 1. Розробка системи опалення | |
| 1.1.1. Розрахунок термічного опору зовнішньої огорджувальної конструкції | |
| 1.1.2. Опалення..... | |
| 1.1.3. Розрахунок тепловтрат..... | |
| 1.1.4. Гідравлічний розрахунок..... | |
| 1.1.5. Розрахунок тиску циркуляційного насоса для системи опалення..... | |
| 1.2. Розробка системи вентиляції..... | |
| 1.2.1. Теплонадходження..... | |
| 1.2.2. Розрахунок вологонадходжень і CO ₂ | |
| 1.3. Система кондиціонування повітря..... | |
| 1.3.1. Теплонадходження в приміщення..... | |
| Розділ 2. Оцінювання ефективності різних способів організації повітрообміну.... | |
| 2.1. Літературний огляд..... | |
| 2.2. Моделювання повітророзподілу в приміщенні..... | |
| 2.3. Змішувальна вентиляція..... | |
| 2.4. Витісняюча вентиляція з двома повітророзподільниками (3 тумби)..... | |
| 2.5. Витісняюча вентиляція з двома повітророзподільниками (2 тумби)..... | |

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|-----------------------------|------|---------|
| | | | | | Атестаційна випускна робота | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | <i>Мамрикова</i> | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевірив | | <i>Мілейковський</i> | | | | 2 | |
| | | | | | <i>ТВм-24-1</i> | | |
| | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| 2.6. Висновки..... | |
| Розділ 3. Охорона праці й довкілля..... | |
| 3.1 Загальні відомості про охорону праці..... | |
| 3.2 Аналіз потенційних ризиків, небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що виникають під час роботи..... | |
| 3.3 Заходи профілактики виявлених факторів..... | |
| 3.3.1. Основні вимоги до безпеки..... | |
| 3.3.2. Заходи щодо запобігання на будівельному майданчику..... | |
| 3.3.3. Захист від падіння..... | |
| 3.3.4. Запобігання ураженню електричним струмом..... | |
| 3.3.5. Захист від токсичних речовин..... | |
| 3.3.6. Освітлення робочого місця..... | |
| 3.3.7. Протипожежний захист..... | |
| 3.3.8. Мікроклімат на робочому місці..... | |
| Розділ 4. Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела теплоти | |
| Література | |
| Додатки | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вступ

Наша цивілізація швидко розвивається, перед інженерами постійно ставляться нові та складні завдання в забезпеченні комфорту з енергоефективністю. Створення оптимальних параметрів мікроклімату вимагає від інженера раціонального впровадження різноманітних технологій, для забезпечення різноманітних параметрів. Що стає дедалі важливішим питанням, враховуючи постійне виснажування традиційних джерел енергії та зростаючий вплив на оточуюче середовище.

Даний проект має спрямованість на енергоефективному управлінні системами для зниження споживання енергії. Впровадження сучасних технологій у проектуванні систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, що є головним як для комфорту людей, так і для економічного аспекту. Обґрунтований вибір теплоізоляційних матеріалів та товщини їхнього шару, що покращує загальну ефективність будівель, це є важливим фактором фактором.

Дослідження включає моделювання розподілу повітря в приміщенні конференц-залу з використанням програмного забезпечення SolidWorks. Основною метою було порівняння ефективності двох різних систем вентиляції: витісняючої та змішувальної механічної вентиляції з повітрообміном зверху вниз. Моделювання дозволило провести детальний аналіз розподілу швидкостей та напрямку руху повітря і розподілу температур у приміщенні, а також оцінити комфорт працівників.

Це дослідження надає перевагу системному підходу до проектування систем (ОВК) та пропонує більш практичні рішення завдань, такі як використання термоголовок з розумним керуванням у системах опалення, які значно знижують споживання теплоносія і які значно зменшують експлуатаційні витрати. Ефективна ізоляція будівель є найголовнішим елементом енергоефективних рішень, оскільки вона значно покращує економічність

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

експлуатації системи опалення, за рахунок зменшення в потребі великої кількості теплоносія з більш високим графіком. Для системи вентиляції впровадження ефективної системи автоматизації процесів подачі повітря, для запобігання роботи системи при динамічній зміні навантаження в різних приміщеннях. Для забезпечення максимальної економічності буде враховано фактор всіх теплонадходжень в приміщення, для проектування найбільш задовільної системи.

Регулярне технічний огляд та обслуговування систем ОВК не менш важливе. Планові перевірки, виявлення та усунення несправностей або витоків будуть забезпечувати оптимальну роботу і ефективність системи протягом усього терміну її служби. Це не тільки економить експлуатаційні втрати, але й продовжує термін служби системи.

Для того, щоб був досягнутий високий рівень енергоефективності та комфорту потрібно приймати до уваги специфічні характеристики кожного приміщення.

Сучасні технології автоматизації та інтелектуального керування дадуть додаткові можливості для оптимізації споживання енергії. Автоматизація дозволить гнучко адаптуватися до змін умов в середині кожного приміщення, підтримувати стабільний мікроклімат у приміщеннях та постійно зменшувати непотрібні витрати.

Тому розробка та експлуатація систем забезпечення мікроклімату в офісних приміщеннях повинні базуватися на всеохоплюючому та комплексному підході, який приймає до уваги територіальне розташування об'єкту, кліматичні умови регіону, архітектурні особливості усієї будівлі та конкретні особливі потреби кожного простору. Тільки завдяки інтегруванню усіх цих аспектів можна гарантувати найбільшу ефективність, зниження експлуатаційних витрат на енергію та комфорт співробітників.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Будівля була спроектована як адміністративно-офісний комплекс і складається з трьох поверхів та підвалу. Перші два поверхи передбачені як різноманітні офісні приміщення, що забезпечують відповідні умови праці для адміністративного та технічного персоналу, а також можливість створення офісів відкритого планування або окремих офісів, третій поверх передбачено під хостл. У підвалі розташовані технічні приміщення для опалення, водопостачання та інших систем, що забезпечують належну експлуатацію будівлі. Котельня розташована в окремій будівлі, що зменшує шумове та теплове забруднення в головній будівлі та дозволяє централізоване опалення, в данному проекті розробка котельні не передбачається. Огороджувальні конструкції будівлі були спроектовані відповідно до технічних вимог з урахуванням тепло- та енергоефективності та відповідають чинним нормам. Детальні характеристики та параметри огорожувальних конструкцій будівлі представлені в наступному розділі даного проекту.

Використання енергоефективних технологій під час розробки систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря є важливим для комфортного клімату в приміщенні та зниження споживання енергії. Цілеспрямований вибір теплоізоляційних матеріалів є ключовим фактором підвищення енергоефективності будівель, оскільки він забезпечує оптимальне збереження тепла та зниження споживання енергії. Даний аспект є ключовим у сучасному проектуванні інженерних систем.

Щоб отримати оптимальну енергоефективність та максимальний тепловий комфорт у приміщенні, необхідно враховувати особливості кожної будівлі. Наприклад, кімнати з різним плануванням, архітектурними рішеннями та місцем розташування можуть потребувати особливі вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК).

Крім того, важливо враховувати режими роботи та пікові навантаження для забезпечення стабільної та ефективної роботи систем ОВК навіть при

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|------|
| | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

коливаннях потреб у комфорті. У цьому контексті використання автоматизованих та інтелектуальних систем управління оптимізує енергоспоживання та забезпечує оптимальний тепловий комфорт у приміщенні без зайвих витрат. В даному проекті було розраховано пікові навантаження для системи. І підібрано систему автоматизації для регулювання навантаження в постійному режимі.

Для об'єкту було обрано горизонтальну двотрубну систему опалення, що забезпечує рівномірний розподіл теплоносія та стабільну температуру у всіх приміщеннях. Ця система відрізняється простотою монтажу, надійністю та можливістю точного регулювання теплового навантаження. Система вентиляції припливно-витяжна, з подачею повітря зверху донизу. Це дозволяє ефективно видаляти надлишкове тепло, вологість та шкідливі речовини, забезпечуючи при цьому постійний приплив свіжого повітря до робочих зон. Вибрані рішення гарантують оптимальний мікроклімат у приміщеннях, максимальну енергоефективність та дотримання санітарно-гігієнічних норм для комфортної експлуатації будівлі.

Для даного проекту було проведено дослідження, змодельовано та порівняно розподіл повітря в кімнаті 212 (конференц-зал). Для детального аналізу ефективності розподілу вентиляційного повітря було змодельовано дві системи повітрообміну: перша – з подачею повітря зверху вниз, що відповідає звичайній системі вентиляції; друга – з витісняючою вентиляцією, де свіже повітря подається знизу, а застаріле повітря одночасно видаляється зверху. В обох випадках витяжні отвори розташовані у верхній частині кімнати для видалення застарілого повітря. Моделювання було виконано за допомогою програмного забезпечення SolidWorks, що дозволило чітко візуалізувати розподіл повітряного потоку та оцінити ефективність кожної системи у забезпеченні оптимальних комфортних умов у конференц-залі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Студентка / Мамрикова Д.Д. /

Консультант / _____ /

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------|
| | | | | | | Арк. 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.1.1 Розрахунок огорожувальної конструкції

Номинальний термічний опір частини огорожувальної конструкції

В першу чергу визначимо номінальний термічний опір частини огорожувальної конструкції згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022. Мета даного розрахунку є задовільнення усіх нормативних параметрів для огорожувальних конструкцій будівлі, розрахунок проводиться за допомогою сайту CadEERPro.

Детальний опис зовнішньої огорожувальної конструкції. Загальна товщина зовнішньої огорожувальної конструкції складає 485 см. Кількість шарів конструкції - 4. Шар 1 Розчин цементно-піщаний та товщиною 0.020 м. Шар 2 Мінеральна вата (скляне штапельне волокно) з густиною 10 кг/м³ та товщиною 0.150 м. Шар 3 Газо- та пінозобетон з густиною 1000 кг/м³ та товщиною 0.300 м. Шар 4 Розчин цементно-піщаний та товщиною 0.015 м.

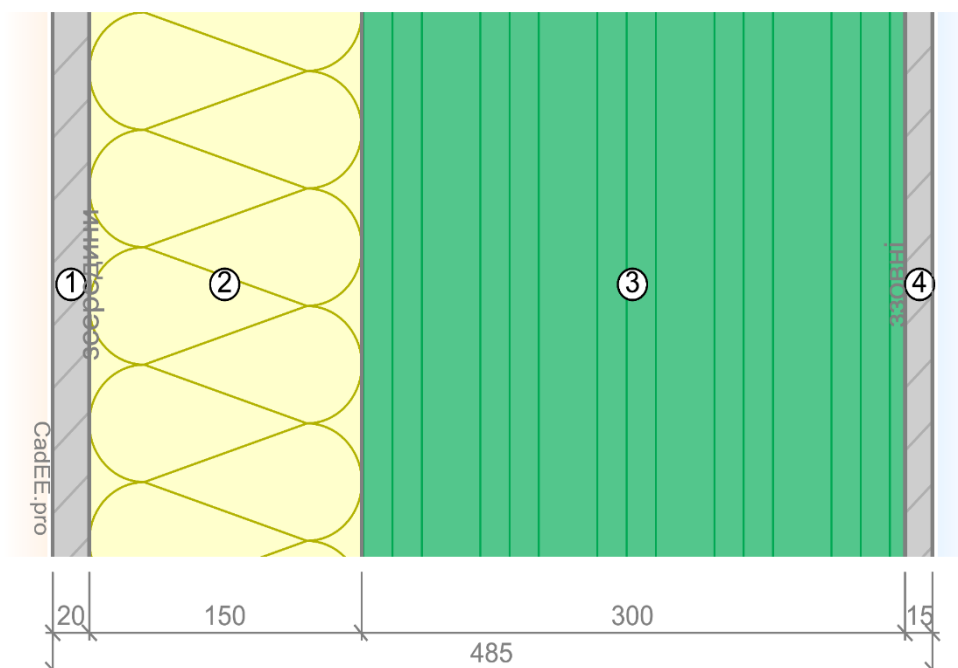


Рисунок 1.1. Розріз зовнішньої огорожувальної конструкції (стіна)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Умови вологості матеріалів зовнішньої огорожувальної конструкції було визначено згідно до додатку Б ДБН В.2.6-31:2021 . Призначення будівлі - офіс, хостел, для яких згідно до т.Б.2 ДБН В.2.6-31:2021 параметри температури і вологості приміщень $\theta_{int}= 20$ °С, $\phi_{int}= 50$ % відповідно. Вологісний режим кімнати було прийнято згідно з т.Б.1 ДБН В.2.6-31:2021 - нормальний, звернувши увагу на те, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з т.Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 - Б.

Розрахункові параметри матеріалів огорожувальної конструкції приймаємо згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022.

Таблиця №1.1. Розрахункові параметри матеріалів шарів конструкції

| № | Назва шару | Товщина, | Теплопровідність λ , |
|---|--|----------|------------------------------|
| | | (м) | Вт/(м ² К) |
| 1 | Розчин цементно-піщаний | 0.02 | 0.45 |
| 2 | Мінеральна вата (скляне штапельне волокно) $\rho=10$ кг/м ³ | 0.15 | 0.039 |
| 3 | Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м ³ | 0.3 | 0.11 |
| 4 | Розчин цементно-піщаний | 0.015 | 0.45 |

Визначаємо термічний опір теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції відповідно до формули 2 ДСТУ 9191:2022:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.02}{0.45} + \frac{0.15}{0.039} + \frac{0.3}{0.11} + \frac{0.015}{0.45} + \frac{1}{23}$$

$$= 6.81 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Далі потрібно визначити мінімальний допустимий приведений опір теплопередачі згідно до ДБН В.2.6-31:2021. Температурна зона згідно до

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

додатку А ДБН В.2.6-31:2021 - І (м. Київ). Допустиме значення опору теплопередачі визначаємо до таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2021 (як для типу конструкції - стіна, та типу будівлі - офіс):

$$R_{qmin} = 4.00 \left(\text{м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Оскільки:

$$R_{\Sigma пр} = 6.81 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{qmin} = 4.00 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

то умова (4) ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

Оцінка тепловологісного стану конструкції. Зовнішня огорожувальна конструкція

Оцінку тепловологісного стану конструкції виконуємо згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013.

Розподіл температур по товщині конструкції виконуємо згідно з ф. (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря визначаємо згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021

$$\theta_{int} = 20.00 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \varphi_{int} = 50.00 \text{ } \%$$

Таблиця №1.2. Характеристики матеріалів шарів конструкції

| № | Назва шару | Товщина, | Тепл опровідність λ , | Тепловий опір R | Коеф. паропроникності δ | Опір паропроникненню Re |
|---|-------------------------|----------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | (м) | Вт/(м*К) | (м ² К)/Вт | мг/(м*год*Па) | м ² *год*Па/мг |
| 1 | Розчин цементно-піщаний | 0.02 | 0.45 | 0.044 44 | 0.09 | 0.2222 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2 | Мінеральна вата (скляне штапельне волокно) $\rho=10$ кг/м ³ | 0.15 | 0.039 | 3.891 | 0.7 | 0.4365 |
| 3 | Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м ³ | 0.3 | 0.11 | 6.618 | 0.098 | 3.498 |
| 4 | Розчин цементно-піщаний | 0.015 | 0.45 | 6.651 | 0.09 | 3.664 |

Визначаємо за місяць січень вологонакопичення:

Відносну вологість зовнішнього повітря та обчислювальні значення температури розраховуємо згідно за таблицею 2 та 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середнього місячного показника температури повітря відповідно для міста Київ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 84.00 \% \quad \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -4.00 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Температура на межі шарів в площинах :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \left(\frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left(\frac{1}{h_{si}} \right) = 20 - \left(\frac{20 - -4}{6.81} \right) * \left(\frac{1}{8.7} \right) = 19.595 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \theta_{int} - \left(\frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \left(\frac{20 - -4}{6.81} \right) * \left(\frac{1}{8.7} + 0.04444 \right) \\ &= 19.438 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \theta_{int} - \left(\frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \left(\frac{20 - -4}{6.81} \right) * \left(\frac{1}{8.7} + 3.891 \right) \\ &= 5.883 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_3 &= \theta_{int} - \left(\frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \left(\frac{20 - -4}{6.81} \right) * \left(\frac{1}{8.7} + 6.618 \right) \\ &= -3.729 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_4 &= \theta_{int} - \left(\frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left(\frac{1}{h_{si}} + R_4 \right) = 20 - \left(\frac{20 - -4}{6.81} \right) * \left(\frac{1}{8.7} + 6.651 \right) \\ &= -3.847 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

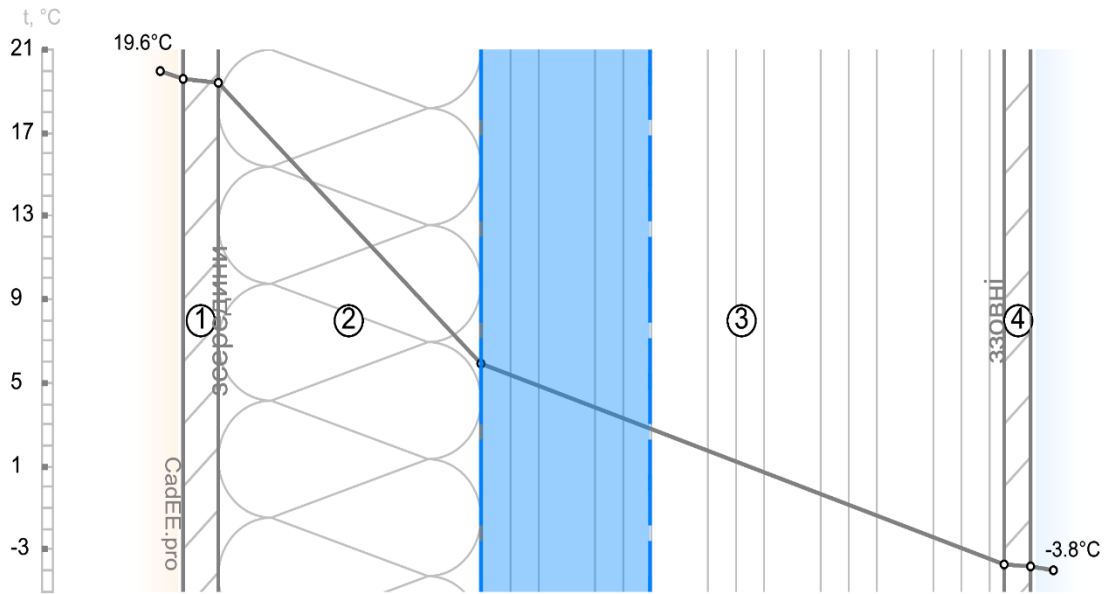


Рисунок 1.2. Розподіл температур у товщині огорожуючої конструкції (січень).

Графік розподілу температур див. рис. 3.2

Визначаємо парціальний тиск для насиченої водяної пари відповідно до таблиці Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Парціальний тиск насиченої водяної пари для внутрішніх та зовнішніх поверхонь конструкції дорівнює:

$$E_B = 2279.51 \text{ Па}$$

$$E_3 = 443.32 \text{ Па}$$

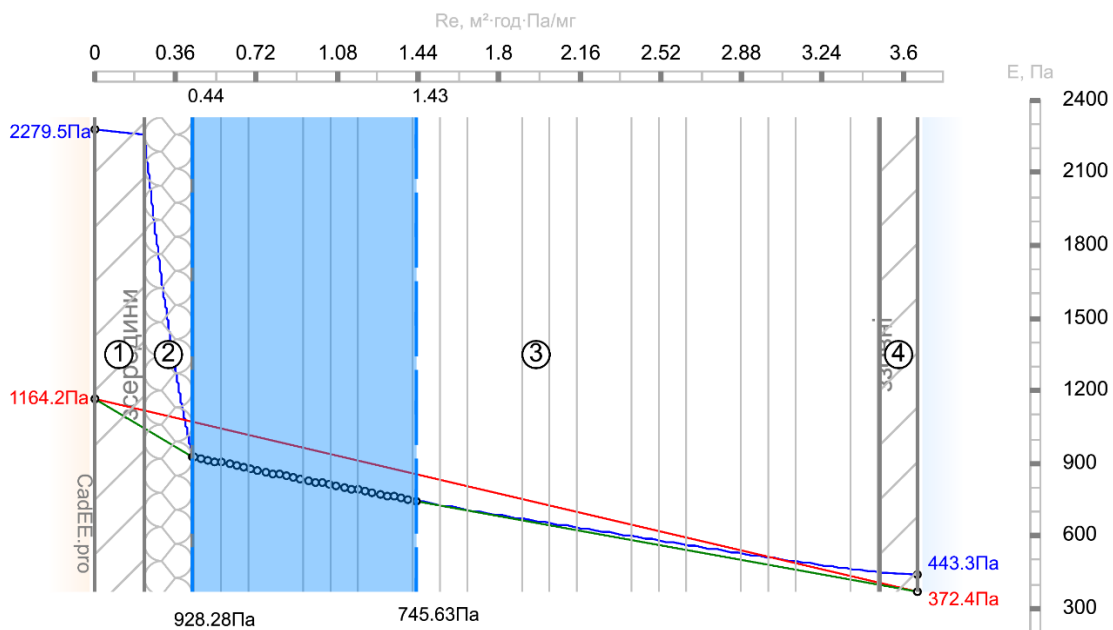


Рисунок 1.3. У товщині огорожувальної конструкції розподіл парціальних тисків (січень). На графіку лінія синього кольору – це графік поділу парціального тиску насиченого водою пари (E), сіра лінія - це розподіл температури (t), зелена – це додаткова лінія для оцінювання кількості вологи що випаровується або надходить з конструкції ,червона – це додаткова лінія для оцінювання наявності конденсації пари (e).

Таблиця №1.4. Вологовмісний баланс за рік в товщині огорожувальної конструкції будинку

| Місяць | К-ть вологи, що сконденсувалася, кг/м ² | К-ть вологи, що випарувалась, кг/м ² |
|----------|--|---|
| | В зоні конденсації 1 | В зоні конденсації 1 |
| грудень | 0.1197 | 0 |
| січень | 0.2362 | 0 |
| лютий | 0.1344 | 0 |
| березень | 0 | -0.0791 |
| квітень | 0 | -0.3731 |
| травень | 0 | -0.6885 |

Далі потрібно оцінити збільшення вмісту вологи в матеріалі у товщі шару конструкції в якому відбуватися конденсація вологи за холодний період року.

Вологонадходження в шарі №2 (Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м³)

$$W_{зп1} = W_{зп121} + W_{зп11} + W_{зп21} = 0.1197469 + 0.2361857 + 0.1344071 = 0.4903 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Випаровування із шару №2 (Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м³)

$$W_{лп1} = W_{лп31} + W_{лп41} + W_{лп51} = 0.0791201 + 0.3730705 + 0.68845 = 1.141 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Приріст вологовмісту в шарі №2 (Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м³) визначаємо згідно п. 4.2.11 та п. 4.3.9 ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\Delta w_1 = \frac{W_{зп1}}{\delta_3 * \rho_3} * 100 = \frac{0.4903}{0.098 * 1000} * 100 = 0.5 \%$$

Допустима характеристика збільшення вологовмісту матеріалу визначаємо згідно з табл. 5 ДБН В.2.6-31:2021:

$$\Delta w_d = 1.20 \%$$

Так як:

$$\Delta w_1 = 0.50 \% < \Delta w_d = 1.20 \%$$

то умова (1) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 - виконується.

Оцінка теплостійкості в літній період. Зовнішня огорожувальна конструкція.

Оцінку теплостійкості в літній період виконуємо згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

Вихідні дані

Параметри клімату району будівництва наведені в таблиці:

Таблиця №1.5. Розрахункові параметри клімату м. Львів

| Назва параметра | Значення |
|---|----------|
| Середня температура липня, °С (табл. 2 ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010) | 17.70 |
| Середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні A_{tz} , °С (табл. 2 ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010) | 10.20 |
| Максимальне значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню західної орієнтації в липні I_{max} , Вт/м ² (табл. 17 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010) | 658 |
| Середнє значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню в липні $I_{сер}$, Вт/м ² (табл. 17 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010) | 162 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | |
|--|------|
| Мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, повторюваність яких становить 16% і більше v , м/с(табл. 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010) | 4.20 |
|--|------|

Параметри мікроклімату приміщення наведені в таблиці:

Таблиця №1.6. Розрахункові параметри мікроклімату в приміщенні (Львів)

| Назва параметра | Значення |
|--|------------|
| Температура внутрішнього повітря $t_{вн}$, °С (згідно з таблицею Б.2 ДБН В.2.6-31:2021) | 20.00 |
| Вологість внутрішнього повітря $\phi_{вн}$, % (згідно з таблицею Б.2 ДБН В.2.6-31:2021) | 50.00 |
| Вологісний режим приміщення | нормальний |

При розрахунках враховується основні шари конструкції, їхні теплофізичні характеристики приймаються згідно з Додатком А ДСТУ 9191:2022. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці:

Таблиця №1.7. Характеристики матеріалів шарів конструкції

| № | Назва шару | Товщина, | Густина | Теплопровідність | Коефіцієнт теплотозасвоєння s , |
|---|--|----------|-------------------|-----------------------------|--|
| | | (м) | кг/м ³ | Вт/(м*К). Умови експл. А | Вт/(м ² К). Умови експл. А |
| 1 | Розчин цементно-піщаний | 0.02 | 1800 | 0.39 | 9.6 |
| 2 | Мінеральна вата (скляне штапельне волокно) $\rho=10$ кг/м ³ | 0.15 | 10 | 0.035 | 0.19 |
| 3 | Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м ³ | 0.3 | 1000 | 0.09 | 6.86 |
| 4 | Розчин цементно-піщаний | 0.015 | 1800 | 0.38 | 9.6 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначення теплових характеристик шарів непрозорої огорожувальної конструкції

Теплопередачі шарів непрозорої огорожувальної конструкції теплові опори вираховуємо з застосуванням значень λ для умов експлуатації А відповідно за формулою ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013

Визначення теплових характеристик шарів непрозорої огорожувальної конструкції

Теплові опори теплопередачі шарів непрозорої огорожувальної конструкції вираховуємо відповідно до формули ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.39} = 0.0513 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0.15}{0.035} = 4.286 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0.3}{0.09} = 3.333 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0.015}{0.38} = 0.03947 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Визначення теплових інерцій кожного шару непрозорої огорожувальної конструкції

Теплові інерції шарів непрозорої огорожувальної конструкції взгідно з формулами ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$D_1 = R_1 * s_1 = 0.0513 * 9.6 = 0.4923$$

$$D_2 = R_2 * s_2 = 4.286 * 0.19 = 0.814$$

$$D_3 = R_3 * s_3 = 3.333 * 6.86 = 22.867$$

$$D_4 = R_4 * s_4 = 0.03947 * 9.6 = 0.3789$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0.4923 + 0.814 + 22.867 + 0.3789 = 24.552$$

Оскільки $D > 4$, то теплостійкість у літній період дозволяється не перевіряти згідно з приміткою 1 до п. 5.8 ДБН В.2.6-31:2021.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.1.2 Опалення

Для даного проекту було обрано горизонтальну двотрубну систему опалення офісів та хостелу. Це високопродуктивне рішення, ідеальне для будівель різного типу, в тому числі офісів і хостелів, двотрубна система опалення поєднує економічну складову, технічну практичність та підтримку оптимального мікроклімату в приміщеннях з різними динамічними потребами. Її головна перевага полягає в ефективності, яка перевершує однотрубні системи опалення. Завдяки стабільній потужності кожного радіатора та рівномірному розподілу теплоносія в стояку і опалювальними приладами гарантується оптимальне використання енергоресурсів, що підтверджує її придатність для вибору серед інших систем.

З технічної точки зору, двотрубні системи мають кілька суттєвих переваг. Вони вимагають менше проходів у стелю, що спрощує монтаж та дозволяє улаштувати більшу кількість нагрівальних елементів на одному стояку, не роблячи для кожної секції окремий стояк і відповідно робити додаткові отвори в стелі. Крім того, втрати тиску в трубах значно нижчі, ніж в однотрубних системах, а паралельна циркуляція теплоносія спрощує гідравлічну схему. Ще однією важливою перевагою є можливість відключення окремих елементів для технічного обслуговування або ремонту без переривання роботи всієї системи.

Гігієнічні та естетичні міркування також є важливими. Встановлення горизонтальних труб у підлозі або використання блоків, що монтується на плінтусах, робить систему більш непомітною, що робить її потрібною в аспектах збереження розробленого дизайну. Термостатичні радіаторні клапани дозволяють точно контролювати та змінювати теплову потужність не ідучи до ІТП. Однією з головних переваг горизонтальної двотрубною системи опалення для побутових приміщень, що забезпечує теплопостачання кожної квартири окремо, є запобігання перегріву або недогріву теплоносія між поверхами. Це гарантує, що теплоносій за розрахункової температури досягне кожного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

опалювального приладу, незалежно від положення кімнати відносно розташування від центру розподілу теплоти. Це гарантує рівномірний обігрів усіх кімнат, усуває перепади температури між поверхами, що притаманне для однотрубних систем, та забезпечує комфорт офісних працівників та мешканців хостелу.

Ще одна важлива перевага полягає в гнучкості конструкції: двотрубні системи дозволяють адаптувати розміщення опалювальних приладів та трубопроводів до архітектурних особливостей квартири. Це дозволяє реалізувати оптимальну концепцію опалення кожної кімнати, коли на різних поверхах різні архітектурні умови.

Горизонтальна двотрубна система опалення для офісних приміщень пропонує дуже суттєву перевагу зонального керування: кожне приміщення обладнане індивідуальним термостатичним датчиком, що забезпечує постійний та персоналізований контроль температури в кожному приміщенні. Однак ця система має й недоліки. Зокрема, витрата матеріалу на монтаж, тобто металоємність системи вища, оскільки монтаж вимагає більше матеріалів та часу, ніж однотрубні системи, відповідно капітальна вартість данної системи значно вища. Крім того, необхідне попереднє налаштування теплової потужності агрегатів. Вища загальна вартість системи та більші витрати на монтаж можуть становити значні витрати для замовника. Більш складна конструкція системи вимагає спеціалізованих знань для обслуговування та ремонту, що збільшує витрати на подальше сервісне обслуговування.

Для забезпечення потрібного теплового розподілу в приміщенні від системи використовуються радіатори фірми RADIK VK. Вони є високоякісними та високо продуктивні. Підключення здійснюється за допомогою з'єднань HERZ-3000, На лінії подачі встановлюються термостатичні приводи HERZ-TS.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Термостатична головка HERZ Project автоматично підтримує задану температуру, регулюючи потік теплоносія. Це запобігає перегріву та втратам тепла, знижує експлуатаційні витрати, а також забезпечує комфорт та енергоефективність.

Для підключення котлів до колекторів у системі використовуються труби KAN. Ці міцні, довговічні труби стійкі до коливань температури та тиску, а також прості в монтажі. Система теплої підлоги побудована з використанням труб KAN Ultraline, виготовлених з гнучкого, стійкого до корозії полімеру, що гарантує герметичну конструкцію та тривалий термін служби без потреби в обслуговуванні.

1.1.3 Розрахунок тепловтрат

Для розробки системи опалення розраховуються тепловтрати будівлі, а саме кожного приміщення з урахуванням її огорожувальних конструкцій та кліматичних умов. Для Києва, відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія, за основу для визначення різниці між температурою повітря всередині та зовні приміщення використовується температура зовнішнього повітря -22°C . Розрахунок враховує тепловтрати через вікна, стіни, підлогу, дах, між внутрішніми стінами та інші огорожувальні конструкції будівлі, тепловтрати через елементи будівлі, що контактують із землею, тепловтрати через неопалювані приміщення; а також тепловтрати через вентиляцію, інфільтрацію та мінімальний повітрообмін. Також враховується додаткова теплова потужність систем періодичного опалення. Загальне теплове навантаження будівлі визначається шляхом підсумовування тепловтрат через інфільтрацію, вентиляцію, теплові мости та додаткову теплову потужність. Це дозволяє отримати реалістичні значення теплового навантаження системи опалення та забезпечує правильний вибір обладнання для стабільної роботи навіть в умовах екстремальних холодів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огороження визначаються за формулою

$$\Phi_{T,i} = (HT_{ie} + HT_{iue} + HT_{ir} + HT_{ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), [Вт],$$

де HT_{ie} — характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення назовні, HT_{iue} — характеристика тепловтрат опалювального приміщення через неопалювальне приміщення назовні, HT_{ir} — характеристика тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення у ґрунт, а HT_{ij} — характеристика тепловтрат опалювального приміщення через огорожувальну конструкцію до суміжного опалювального приміщення з іншою розрахунковою температурою. Різниця температур $(\theta_{int,i} - \theta_e)$ враховує різницю між внутрішнім повітрям приміщення та зовнішнім середовищем.

Осьові розміри будівлі, її орієнтація відносно сторін світу та додаткові тепловтрати, виражені як сума коефіцієнтів $\Sigma\beta$, повинні бути вказані безпосередньо на плані будинку. Це дозволяє всебічно врахувати геометричні параметри, вплив орієнтації на сонячне випромінювання та тепловий баланс, а також врахувати додаткові тепловтрати через особливості будівлі або наявність теплових мостів. Таким чином, план будинку стає не лише кресленням, а й важливим джерелом інформації для теплових розрахунків.

Тепловтрати розраховуються на всіх поверхах, адже однакових поверхів у нас немає.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через неопалювальні зони до зовнішнього повітря визначається за формулою:

$$HT_{iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u [Вт/^\circ C],$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де A_k – площа огорожувальної конструкції, U_k – коефіцієнт теплопередачі, b_u – коефіцієнт умов контакту з неопалюваним приміщенням, ψ_l – коефіцієнт тепловтрат через містки холоду, l_l – довжина містка холоду.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом, визначаються як:

$$HT_{igr} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w [Вт/°C],$$

де f_{g1}, f_{g2} – поправочні коефіцієнти, $U_{equiv,k}$ – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі, G_w – коефіцієнт тепловтрат у ґрунт.

Для приміщень із різними розрахунковими температурами внутрішнього повітря тепловтрати визначаються за формулою:

$$HT_{ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k [Вт/°C],$$

де f_{ij} – коефіцієнт різниці температур між приміщеннями.

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення розраховуються як:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [Вт],$$

де $H_{V,i}$ – характеристика вентиляційних втрат, $\theta_{int,i}$ – температура внутрішнього повітря, θ_e – температура зовнішнього повітря.

При відсутності організованого припливу повітря витрата визначається як:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}),$$

де інфільтраційна складова:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i,$$

а мінімальна витрата для нежитлових та невиробничих приміщень:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B.$$

Додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення визначається як:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} [\text{Вт}].$$

Проектне теплове навантаження будівлі визначається за формулою:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [\text{Вт}].$$

За спрощеною методикою загальні тепловтрати приміщення обчислюються як:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i} [\text{Вт}],$$

де трансмісійні тепловтрати визначаються як:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [\text{Вт}].$$

Вентиляційні тепловтрати за спрощеною методикою:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [\text{Вт}].$$

Визначення теплової потужності системи опалення будівлі за спрощеною методикою виконується за формулою:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [\text{Вт}].$$

Таблиця №1.1.3.1 Характеристика огорожувальних конструкцій

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Символ | Опис | U | Φ _T |
|-----------|---|----------------------|----------------|
| | | Вт/м ² ·К | Вт |
| ДВ.ВН | Дверь внутрішня L×H= 150,0×220,0 см | 0,150 | 0 |
| ДВ.ЗОВ | Дверь яка контактує з зовнішнім простором L×H= 177,5×220,0 см | 0,500 | 46 |
| ПЕР.ГОР. | Дах 62,0 см | 0,110 | 288 |
| ВІКНО_01 | Вікно зовнішнє Н= 200,0 см | 0,100 | 22 |
| ВІКНО | Вікно зовнішнє L×H= 150,0×200,0 см | 0,100 | 72 |
| 1_ВІКНО | Вікно зовнішнє L×H= 190,0×200,0 см | 0,100 | 47 |
| ПЕР.ПОВ | Міжповерхове перекриття | 2,040 | 2038 |
| ПІД.ПО.ГР | Перекриття над неопалювальним підвалом 81,5 см | 0,191 | 343 |
| СТ.ВН | Стіна внутрішня 20,0 см | 2,040 | 0 |
| ЗОВ.СТІНА | Стіна зовнішня 48,5 см | 0,147 | 946 |

Таблиця №1.1.3.2 Теплотехнічний розрахунок для досліджуваного приміщення 212

| Поверх: 1Поверх | | Поверх 1Поверх | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|----------------|------|------|
| Приміщення: 212 θ _i = 20,0 °С ФНЛ = 1804 Вт Конференц-зал 212 | | | | | | | | | | | |
| Площа та об'єм приміщення | A= 60,26 | V= 223,0 | | | | | | | | | |
| Відмітка та Висота: | Lf= 4,00 | Hi= 3,70 | | | | | | | | | |
| Поверх: Поверх | Тип Приміщення: Конференц-зал | | | | | | | | | | |
| Характеристики об'єкту: | Тип: Офіс або ад | Тип конструкції: Середня | | | | | | | | | |
| Ступінь герметичності: | Середня | n ₅₀ = 3,5 | | | | | | | | | |
| Опалення: | Конвективне | Без зн | Індивідуальне регулювання | | | | | | | | |
| Параметри зниження темпе | Th= 1,0 | Δθ _{i,o} = | fRH= 0,0 | | | | | | | | |
| Система Вентиляції: | Припливно-Витяжна | | | | | | | | | | |
| Сан-гігієнічні потреби: | n _{min} = 2,87 | V _{min} = 640,0 | | | | | | | | | |
| Інфільтруюче повітря: | V _{infv} = 78,0 | V _{m,infv} = 0,0 | | | | | | | | | |
| Припливне повітря: | V _{su,min} = 640,0 | V _{su} = 640,0 | | | | | | | | | |
| Видаляєме повітря: | V _{ex,min} = 0,0 | V _{ex} = 0,0 | | | | | | | | | |
| Вентиляційне повітря: | n= 3,2 | V _v = 71 | θ _v = 17,2 | | | | | | | | |
| Огороджувальні конструкції:212 | | | | | | | | | | | |
| > | Символ | Ор. | Приміщення або θ | θ _e | L або A | H | Fsh,H | Fsh,C | A _c | Δθ | ΦT |
| | | | °С | °С | м; м ² | м | | | м ² | К | Вт |
| 0 | ЗОВ.СТІНА | В | -22 | -22,0 | 11,00 | 4,00 | | | 37,9 | 42,0 | 234 |
| 1 | ВІКНО | В | -22 | -22,0 | 1,50 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 3,0 | 42,0 | 13 |
| 1 | ВІКНО | В | -22 | -22,0 | 1,50 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 3,0 | 42,0 | 13 |
| 1 | ВІКНО | В | -22 | -22,0 | 1,50 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 3,0 | 42,0 | 13 |
| 1 | 1_ВІКНО | В | -22 | -22,0 | 1,90 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 3,8 | 42,0 | 16 |
| 0 | ЗОВ.СТІНА | Ю | -22 | -22,0 | 6,00 | 4,00 | | | 25,0 | 42,0 | 154 |
| 0 | ПЕР.ПОВ | | 20 | 20,0 | 22,00 | | | | 22,0 | 0,0 | 0 |
| 0 | ПЕР.ПОВ | | 20 | 20,0 | 26,95 | | | | 27,0 | 0,0 | 0 |
| 0 | СТ.ВН | | 16 | 16,0 | 11,00 | 4,00 | | | 44,0 | 4,0 | 359 |
| 0 | СТ.ВН | | 16 | 16,0 | 11,00 | 4,00 | | | 40,4 | 4,0 | 329 |
| 1 | ДВ.ВН | | 16 | 16,0 | 1,50 | 2,20 | | | 3,3 | 4,0 | 2 |
| 1 | ДВ.ВН | | 16 | 16,0 | 1,50 | 2,20 | | | 3,3 | 4,0 | 2 |
| 0 | ПЕР.ПОВ | | 22 | 22,0 | 29,07 | | | | 29,1 | -2,0 | 0 |
| 0 | ПЕР.ПОВ | | 22 | 22,0 | 26,58 | | | | 26,6 | -2,0 | 0 |
| 0 | ПЕР.ПОВ | | 22 | 22,0 | 16,30 | | | | 16,3 | -2,0 | 0 |
| 0 | СТ.ВН | | 20 | 20,0 | 6,50 | 4,00 | | | 26,0 | 0,0 | 0 |
| Проектні Втрати тепла, Викликані ефектом теплопередачі ΦT, [Вт]: | | | | | | | | | | | 1125 |

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Арк. 24 |
|------|------|----------|--------|------|------------|

| | |
|---|-------|
| Проектні Втрати тепла на Вентиляційне повітря Φ_V , [Вт]: | 679 |
| Коригувальний коефіцієнт враховуючий висоту приміщення f_h : | 1,00 |
| Загальні Втрати тепла $\Phi=(\Phi_T+\Phi_V)\cdot f_h$, [Вт]: | 1804 |
| Перевищення теплової потужності $\Phi_{RH}=A\cdot f_{RH}$, [Вт]: | 0 |
| Проектне теплове навантаження Φ_{HL} , [Вт]: | 1804 |
| Показник Φ_{HL} приміщення, відно його площини Φ_{HL},f , [Вт/м ²]: | 29,9 |
| Показник Φ_{HL} прим., відн. до його об'єму Φ_{HL},V , [Вт/м ³]: | 8,1 |
| Коефіцієнт проектних втрат тепла, викликаних теплопередачею НТ, [Вт/К]: | 26,79 |
| Коефіцієнт проектних втрат тепла на вентиляцію НВ, [Вт/К]: | 16,17 |

Огороджувальні конструкції будівлі розраховуються за допомогою програмного забезпечення OZC, яке визначає теплові характеристики будівлі та її окремих кімнат. Оскільки зовнішні стіни контактують як з внутрішньою, так і з зовнішньою частиною, розрахунки виконуються за найнесприятливіших кліматичних умов. У Києві температура -22 °С вважається найхолоднішим п'ятиденним періодом. Розрахунок визначає кількість тепла, що передається з внутрішньої частини назовні через огороджувальні конструкції будівлі. Розрахунок тепловтрат буде наведений в додатку 3.

Крім того, враховуються втрати тепла через різницю температур між внутрішніми просторами, оскільки тепло може передаватися між суміжними зонами з різною температурою. Враховуючи всі втрати тепла, як внутрішні, так і зовнішні, розраховуються втрати тепла для кожної кімнати. Це дозволяє провести комплексну оцінку енергоефективності будівлі та відповідний вибір систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК).

1.1.4 Гідравлічний розрахунок

Ми виконуємо гідравлічний розрахунок системи опалення та визначаємо статичний тиск у циркуляційних петлях, що проходять через горизонтальні гілки контрольно-вимірювальних приладів на третьому поверсі будівлі, найдальшій точці. Для забезпечення гідравлічної стійкості системи під час статичного балансування втрати тиску в секціях контрольно-вимірювальних приладів повинні становити не менше 70% від загальних втрат у головному циркуляційному контурі. Тому мінімальні втрати тиску в найбільш

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навантажених секції контрольно-вимірювальних приладів на третьому поверсі повинні становити не менше 0,7% від загальних втрат тиску в головному контурі.

Ця умова гарантує рівномірний розподіл теплоносія та стабільну роботу системи опалення навіть у найвіддаленіших точках будівлі.

Таблиця №5.3 Гідравлічний розрахунок, для підбору циркуляційних насосів системи опалення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| № розрахункової ділянки | Теплове навантаження ділянки | та гідравлічного потіку | Витрата води на ділянку | Довжина ділянки | Діаметр трубопроводу | Приведений коефіцієнт тертя | Питома витрата води | Питомий динамічний тиск | Швидкість води на ділянці | Коефіцієнт місцевих опорів | коефіцієнт місцевих опорів | Характеристика опору ділянки | Втрати тиску на ділянку | Загальні втрати тиску |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|
| № діл. | $Q_{діль}$, Вт | φ | G , кг/год | l , м | d , мм | λ/d , м ⁻¹ | G/v , (кг/год)/(м/с) | $A \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/год) ² | V , м/с | $\Sigma \zeta$ | $\zeta_{пр}$ | S , Па/(кг/год) ² | $\Delta P_{діль}$, Па | $\Sigma \Delta P$, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| ІПІ-1 | 58500 | 1,00 | 2516 | 12 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,00004 | 0,7 | 1,5 | 12,3 | 0,0005 | 2981 | 2981 |
| ІПІ"-1" | 58500 | 1,00 | 2516 | 12 | 32 | 0,9 | 3580 | 0,00004 | 0,7 | 1,5 | 12,3 | 0,0005 | 2981 | 5962 |
| 1-2 | 38000 | 0,65 | 1634 | 5 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,00012 | 0,8 | 1 | 6,85 | 0,0008 | 2158 | 8120 |
| 1"-2" | 38000 | 0,65 | 1634 | 5 | 25 | 1,3 | 2040 | 0,00012 | 0,8 | 1 | 6,85 | 0,0008 | 2158 | 10278 |
| 2-3 | 21200 | 0,36 | 912 | 5 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,00032 | 0,7 | 1 | 9,06 | 0,0029 | 2370 | 12648 |
| 2"-3" | 21200 | 0,36 | 912 | 5 | 20 | 1,79 | 1250 | 0,00032 | 0,7 | 1 | 9,06 | 0,0029 | 2370 | 15019 |
| 3-4 | 4900 | 0,08 | 211 | 10 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,3 | 3,5 | 16,5 | 0,0162 | 719 | 15738 |
| 3"-4" | 4900 | 0,08 | 211 | 10 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,3 | 4 | 17 | 0,0167 | 741 | 16478 |
| 4-5 | 3800 | 0,06 | 163 | 2 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 2 | 4,08 | 0,0040 | 107 | 16585 |
| 4"-5" | 3800 | 0,06 | 163 | 2 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 2 | 4,08 | 0,0040 | 107 | 16692 |
| 5-6 | 3300 | 0,06 | 142 | 8 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 1,5 | 11,9 | 0,0117 | 235 | 16927 |
| 5"-6" | 3300 | 0,06 | 142 | 8 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 2 | 12,4 | 0,0122 | 245 | 17172 |
| 6-7 | 2800 | 0,05 | 120 | 2 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 2 | 4,6 | 0,0045 | 65 | 17238 |
| 6"-7" | 2800 | 0,05 | 120 | 2 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,2 | 2 | 4,6 | 0,0045 | 65 | 17303 |
| 7-8 | 2300 | 0,04 | 99 | 5 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 1,5 | 7,48 | 0,0073 | 72 | 17375 |
| 7"-8" | 2300 | 0,04 | 99 | 5 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 7,98 | 0,0078 | 77 | 17452 |
| 8-9 | 1800 | 0,03 | 77 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 6,16 | 0,0060 | 36 | 17488 |
| 8"-9" | 1800 | 0,03 | 77 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 6,16 | 0,0060 | 36 | 17524 |
| 9-10 | 1300 | 0,02 | 56 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 1,5 | 5,66 | 0,0056 | 17 | 17469 |
| 9"-10" | 1300 | 0,02 | 56 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 6,16 | 0,0060 | 19 | 17488 |
| 10-11 | 1000 | 0,02 | 43 | 5 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 7,98 | 0,0078 | 14 | 17502 |
| 10"-11" | 1000 | 0,02 | 43 | 5 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,1 | 2 | 7,98 | 0,0078 | 14 | 17517 |
| 11-12 | 0 | 0,00 | 0 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,0 | 1,5 | 5,01 | 0,0049 | 0 | 17517 |
| 11"-12" | 0 | 0,00 | 0 | 3 | 20x2 | 1,3 | 703,69 | 0,00098 | 0,0 | 2 | 5,51 | 0,0054 | 0 | 17517 |

Розрахунок природного тиску у циркуляційних кільцях системи опалення виконується за формулою

$$\Delta P_{\text{пр},i} = g \cdot h_i \cdot (\rho_o - \rho_r),$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — прискорення вільного падіння, h_i — вертикальна відстань між центром нагрівання води та центром охолодження води в опалювальних приладах горизонтальної приладової вітки i -го поверху, м, а $\rho_o - \rho_r$ — різниця густини охолодженої та гарячої води в системі опалення, кг/м^3 .

Ця формула дає побачити, що тиск, який створено природньо в системі виникає завдяки різниці густини теплоносія при нагріванні та охолодженні, а також залежить від висоти розташування приладів. Чим більша різниця температур (а отже й густини) та чим більша висота між точками нагрівання й охолодження, тим більший природний тиск забезпечує циркуляцію теплоносія.

1.1.5 Розрахунок тиску циркуляційного насоса для системи опалення

Тиск насоса для системи опалення визначається за наступними формулами:

$$P_n = 1.1 \cdot (\Delta P_{\text{со}} - 0.7 \cdot P_e),$$

де $\Delta P_{\text{со}}$ — сумарні гідравлічні втрати тиску в системі опалення, а P_e — максимальний природний (гравітаційний) тиск, що зменшує необхідний напір насоса. Коефіцієнт 1.1 додає 10% резерву на неточності та експлуатаційні відхилення, а множник 0.7 враховує частку природного тиску, яка ефективно компенсує втрати в основному циркуляційному кільці.

Максимальний природний тиск обчислюється як

$$P_e = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{\text{max},o/\text{п}} - H_{\text{ит}}),$$

де $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ — прискорення вільного падіння, $\beta = 0.624 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{К)}$ — середній приріст об'ємної маси води при охолодженні на 1°C в інтервалі температур $80\text{--}60^\circ\text{C}$, Δt — розрахункова різниця температур подаючого та

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

зворотного трубопроводів, °С, $H_{\max, o/\pi}$ — відмітка найвіддаленішого опалювального приладу по вертикалі від джерела теплоти, м, $H_{\text{ит}}$ — відмітка джерела теплоти, м. Формула для P_e враховує різницю густини гарячої й охолодженої води (через $\beta \cdot \Delta t$) та висотний перепад між джерелом теплоти і найвищою точкою контуру, що створює природну циркуляційну рушійну силу.

Визначаємо тиск насоса:

$$P_n = 1.1 \cdot (17517 - 0.7 \cdot 1871) = 17828 \text{ Па,}$$

при тому, що

$$P_e = 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 12 \cdot 20 \cdot (977,81 - 961,92) = 1871 \text{ Па,}$$

1.2 Розробка системи вентиляції

Вентиляції – найважливіший метод підтримання мікроклімату в будівлі, оскільки комфорт та енергоефективність приміщень залежать від оптимального повітрообміну. Основна функція вентиляції – забезпечення оптимальної якості повітря, підтримання необхідної температури та вологості, а також видалення надлишкового тепла, пилу та забруднюючих речовин. При плануванні враховуються використання простору, кількість людей та приладів, що впливають на тепловіддачу, кліматичні умови регіону та вимоги до енергоефективності. Системи вентиляції можуть бути природними чи механічними; проте сучасні будинки переважно оснащені механічними системами, що дозволяють точно контролювати параметри повітря. Для оптимізації роботи використовуються автоматизовані та інтелектуальні системи управління, що дозволяють вентиляції адаптуватися до змін навантаження та мінімізувати споживання енергії. Професійне проектування систем вентиляції забезпечує комфорт для людей, сприяє економії енергії та підвищенню загальної ефективності будівлі.

Система вентиляції офісу включає вентиляційні установки Green STR із вбудованими водонагрівачами, калориферами, які ефективно нагрівають припливне повітря, забезпечуючи комфортне робоче середовище, є більш

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|------------|
| | | | | | | | Арк. 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

екологічнішими порівняно з електричними калориферами. Ключовим елементом є використання інтелектуальної системи автоматизації системи вентиляції, що забезпечує управління в режимі реального часу, відповідно реальної потреби . Сучасні клапани САV та VAV дозволяють динамічно регулювати витрату повітря і, отже, теплоносій в установках відповідно до конкретних потреб кожного приміщення. Це забезпечує гнучкість системи, оптимальний мікроклімат у приміщенні та мінімальне споживання енергії. Система також допомагає запобігти непродуктивним витратам енергоносіїв на джерелі теплоти і знизити експлуатаційні витрати. Результатом є економічне рішення для експлуатації але з високими капітальними інвестиціями, тому на даному етапі в проект було впроваджено звичайні дросель клапани, з низькою капітальною вартістю, подальші внесення змін потребує додаткового узгодження з замовником.

Визначення необхідної кількості повітрообміну у вентиляційній системі вимагає певного ряду розрахунків, які визначають шкідливі надходження в приміщенні та оцінюють теплові навантаження, що безпосередньо впливають на потребу в кількості припливного та витяжного повітря та його температури. На основі цих розрахунків визначається цільова кількість повітрообміну для кожного приміщення з урахуванням його призначення, заповненості та умов експлуатації. Теплонадходження від людей, систем освітлення та виробничого обладнання в зонах приготування їжі враховується в зведених таблиця згідно проведеного розрахунку, оскільки вони є значними джерелами тепла та повинні компенсуватися. Теплонадходження від офісного обладнання, навпаки, був навмисно виключений з розрахунку через його нерегулярну роботу, характерну для офісної роботи. Крім того, через специфіку офісної компанії, в будівлі офісні працівники проводять приблизно 50% свого робочого часу, або працюють дистанційно що знижує середній рівень викидів тепла та забруднюючих речовин у будівлі та негативно впливає на мікроклімат у приміщенні. Таким чином, застосована методологія дозволяє визначити фактичну потребу в повітрі для

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

кожної зони, уникнути надмірного використання вентиляційних систем, а також зменшити енергетичні та інвестиційні витрати, пов'язані з впровадженням системи.

1.2.1 Теплонадходження

Під час розрахунку теплонадходжень потрібно враховувати, що є явна теплота, яку можна відчутити і повна теплота яка може виділитися при фазовому переході.

Повна кількість теплоти що надходить від людей, визначається за формулою:

$$Q_{л}^{hf} = \sum_{i=1}^n q_i^{hf} \cdot n_i$$

n_i - люд - кількість робітників;

q_i^{hf} - питома виділення повної теплоти однією людиною, Вт/люд:

Явна кількість теплоти що надходить від людей, визначається за формулою:

$$Q_{л} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i$$

n_i - люд - кількість робітників;

q_i - питома виділення явної теплоти однією людиною, Вт/люд: Результати розрахуноу демонструємо в табличному вигляді.

В данному проекті буде представлений розрахунок для досліджувальної кімнати 212 Конференц зал. Теплонадходження першого поверху будуть представлені в додатку 1 даного проекту.

Конференц зал 212:

Людей — 16, (110 Вт одна людина).

Телевізор — 200 Вт.

Ноутбук 60 Вт.

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

Проектор 280 Вт.

Температура приміщення 22°C.

Температура припливного повітря 19°C.

Різниця припливного повітря і температури приміщення:

$$\Delta t = t_v - t_p = 22 - 19 = 3 \text{ }^\circ\text{C},$$

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{люд}} = 16 \cdot 110 = 1,760 \text{ Вт},$$

Теплонадходження від обладнання:

$$Q_{\text{облад}} = 200 + 60 + 280 = 540 \text{ Вт}$$

Теплонадходження загальні:

$$Q = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{облад}} = 1,760 + 540 = 2,300 \text{ Вт}$$

1.2.2 Розрахунок вологонадходжень і CO₂

Розрахунок вологонадходжень та рівня CO₂ буде представлений тільки для приміщення 212 конференц залу, як досліджуемого приміщення. Основними джерелами вологості в цьому приміщенні є присутність людей.

Надходження шкідливостей в приміщення (123 їдальня)

Вологонадходження в теплий період року

$$M_B = \sum(m_{\text{вл}} \cdot n)$$

$m_{\text{вл}}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

$$M_{e(3)} = 70 \cdot 16 = 1120 \text{ г/год}$$

Вологонадходження в холодний період року

$$M_e = \sum(m_{\text{вл}} \cdot n)$$

$m_{\text{вл}}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

$$t_{\text{wz}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$m_{\text{вл}} = 110 \text{ г/год}$$

$$n = 16 \text{ люд.}$$

$$M_{e(3)} = 110 \cdot 16 = 1760 \text{ г/год}$$

Кількість вуглекислого газу

$$M_{\text{co}_2} = \sum(M \cdot n)$$

M - питомі надходження CO₂ від однієї людини

n - кількість людей

$$t_{\text{wz}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M = 90 \text{ г/год}$$

$$n = 16 \text{ люд.}$$

$$M_{\text{co}_2(1)} = 48 \cdot 90 = 1440 \text{ г/год}$$

Таблиця 1.2.1 Надходження шкідливостей в приміщення 212

| Приміщення | Період року | Вологонадходження | Виділення вуглекислого газу M _{co2} г/год |
|-------------------------|-------------|-------------------|--|
| 212 Конференц зал | Теплий | 1120 | 1440 |
| | Холодний | 1760 | |

Розраховуємо потрібний повітрообмін для асиміляції надходжень шкідливості в приміщення.

Для теплонадходжень:

$$Lh = \frac{Q}{1,2 * \Delta T} = \frac{2300}{1,2 * 3} = 639 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Для вологонадходжень:

$$Lw = \frac{Gw}{\rho * \Delta \omega} = \frac{1760}{1,2 * 3} = 488 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Повітрообмін в приміщенні прийнятий —

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Моделювання розподілу температур та повітря в приміщенні можна побачити в науковому розділі даного проекту.

Для прикладу, наведений результат підбору повітрообміну для першого поверху будівлі.

Таблиця 1.2.2 Зведена таблиця повітрообмінів першого поверху

| № при м. | Назва | Площа, м ² | Висота, м | Об'єм, м ³ | | | Температура, °С |
|----------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|---------|---------|-----------------|
| | | | | | Приплив | Витяжка | |
| 102 | Гостьовий хол | 44,5 | 4 | 178 | 200 | 125 | 18 |
| 103 | Кабінет охорони | 12,33 | 4 | 49 | 40 | 40 | 18 |
| 105 | С./в. №1 | 5,32 | 4 | 21 | - | 25 | 18 |
| 106 | Диспетчерська | 9,29 | 4 | 37 | 80 | 80 | 22 |
| 107 | Хол | 87,15 | 4 | 349 | 400 | - | 22 |
| 108 | Кабінет служби ОП та ППБ | 18,42 | 4 | 74 | 80 | 80 | 20 |
| 109 | Медичний пункт | 22,43 | 4 | 90 | 80 | 80 | 18 |
| 110 | Кімната відпочинку водіїв | 26,95 | 4 | 108 | 200 | 200 | 20 |
| 111 | Кабінет керівника охорони | 15,76 | 4 | 63 | 80 | 80 | 20 |
| 118 | С./в. чоловічий №1 | 5,36 | 4 | 21 | - | 25 | 22 |
| 119 | С./в. чоловічий №2 | 9,81 | 4 | 39 | - | 150 | 20 |
| 120 | С./в. жіночий №1 | 5,33 | 4 | 21 | - | 25 | 20 |
| 121 | С./в. жіночий №2 | 9,75 | 4 | 39 | - | 200 | 20 |
| 122 | Кімната відпочинку охорони | 20,06 | 4 | 80 | 40 | 40 | 20 |
| 123 | Їдальня | 109,73 | 4 | 439 | 2200 | 600 | 20 |
| 124 | Гардероб для верхнього одягу | 6,25 | 4 | 25 | 60 | - | 20 |
| 125 | Кухня з гарячим та холодним | 75,35 | 4 | 301 | 1300 | 600 | 20 |

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | Арк. 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|--|-------|---|-----|-----|-----|----|
| | цехами | | | | | | |
| 126 | Мийна столового посуду | 14,37 | 4 | 57 | 95 | 135 | 20 |
| 127 | Сервізна | 10,28 | 4 | 41 | 95 | 135 | 20 |
| 128 | Мийна кухонного посуду | 6,58 | 4 | 26 | 80 | 110 | 20 |
| 129 | Приміщення зберігання сипучої продукції | 10,38 | 4 | 42 | - | 40 | 20 |
| 130 | приміщення зберігання овочів та фруктів | 9,85 | 4 | 39 | - | 50 | 20 |
| 131 | Коридор | 35,52 | 4 | 142 | 275 | - | 20 |
| 132 | Приміщення з охолоджувальни ми шафами | 11,38 | 4 | 46 | - | 65 | 20 |
| 133 | Кімната водопідготовки | 5,33 | 4 | 21 | - | 30 | 20 |
| 134 | С./в. | 2,34 | 4 | 9 | - | 50 | 20 |
| 135 | Чоловіча роздягальня | 10,08 | 4 | 40 | 100 | - | 20 |
| 136 | Чоловіча душова | 3,32 | 4 | 13 | - | 100 | 20 |
| 137 | Жіноча роздягальня | 11,32 | 4 | 45 | 100 | - | 20 |
| 138 | Жіноча душова | 3,32 | 4 | 13 | - | 100 | 20 |

Для систем ПВ (припливно-витяжних) використовуються пластинчасті рекуператори тепла. Ефективність припливно-витяжних систем з можливістю рекуперації тепла залежить в першу чергу від конструкції самого теплообмінника та методу його роботи. Пластинчасті теплообмінники маєть ККД в районі від 0,5 до 0,65, тобто вони можуть рекуперувати, тобто віддавати тепло з більш теплого середовища в більш холодне, виключаючи масообмінний процес, від 50 до 65% теплової енергії витяжного повітря. Переваги таких теплообмінників включають відсутність перетікання потоків, високу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

довговічність та зниження експлуатаційні витрат. Однак їх ККД нижчий, в порівнянні з іншими типами теплообмінників. Роторні теплообмінники набагато більший ККД порівняно з пластинчастими, ККД (приблизно від 0,7 до 0,9) та рекуперують відповідно, від 70 до 90% тепла. Це пов'язано з обертанням ротора, який вбирає тепло від витяжного повітря та передає його припливному повітряю. Проте головний мінус роторних теплообмінників перетікання мас повітря від витяжного до припливного. Під час обертання ротора, соти періодично знаходяться в позиції між припливним та витяжним каналом, що викликає масообмінний процес. Тому такі ротори не можна використовувати в системах вентиляції цехів з небезпечними забрудненнями.

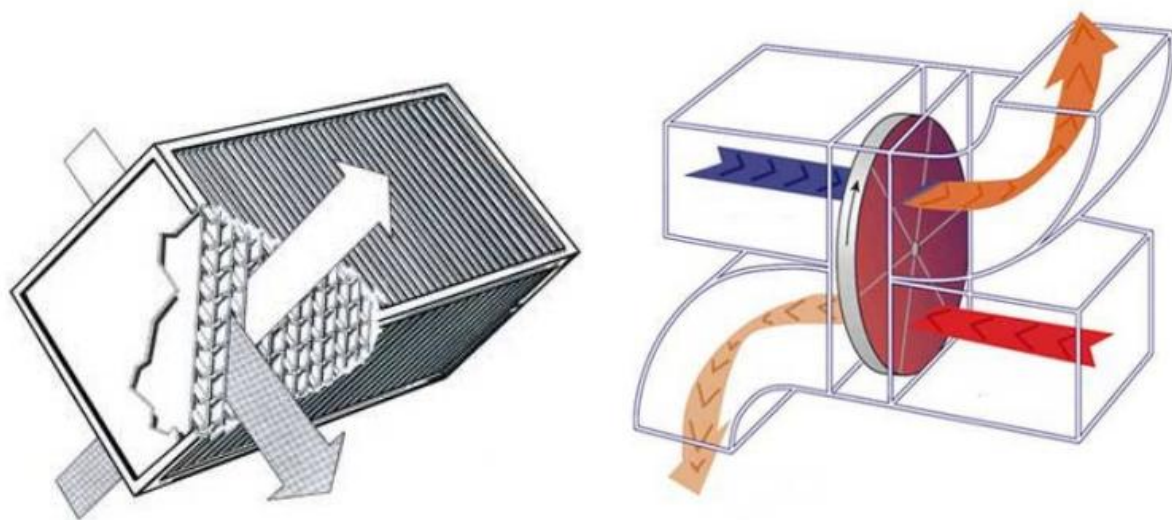


Рисунок 1.2.1. Пластинчастий та роторний теплообмінник

Аеродинамічне моделювання виконується шляхом послідовного аналізу кожної ділянки повітропроводу для визначення перепаду тиску між початком та кінцем магістралі. На основі даних геометрії магістралі та витрати повітря, визначається поперечний переріз повітропроводу. Потім розраховується фактична швидкість повітря на кожній ділянці повітропроводу. Отримані результати використовуються для визначення втрат тиску, який включає лінійні втрати на тертя та місцевий опір у повітропроводі системи. Цей метод

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

забезпечує високу точність моделі, оптимізує конструкцію системи та гарантує стабільну роботу вентиляції в реальних умовах експлуатації. Аеродинамічний розрахунок виконується згідно [3].

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря на ділянках повітропроводу за формулою:

$$V_i = \frac{L_p^i}{F_i}$$

Визначаються втрати тиску по довжині на ділянках за формулою Дарсі:

$$P_{mp} = \frac{\lambda}{d} \times \frac{\rho v^2}{2} \times l,$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, який визначається за формулою Альтшуля; v – дійсна швидкість руху повітря на ділянці, м/с; ρ – густина повітря, кг/м³; l – довжина ділянки повітропроводу, м.

$$\lambda = 0,11 \times \left(\frac{68}{Re} + \frac{k}{d} \right)^{0,25},$$

де d – діаметр повітропроводу, м; k – абсолютна шорсткість повітропроводів, яка може набувати таких значень залежно від матеріалу: для сталевих – $k = 1 \times 10^{-4}$ м, для цегляних – $k = 5 \times 10^{-3}$ м; Re – критерій Рейнольдса, від якого залежить коефіцієнт гідравлічного тертя; визначають за формулою:

$$Re = \frac{V \times d}{\nu},$$

де ν – значення кінетичної в'язкості повітря, яка для температури +20 °С становить $1,5 \times 10^{-5}$ м² /с. Для прямокутних повітроводів розраховується еквівалентний діаметр за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$d = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a + b)},$$

де a і b – розміри прямокутного повітропроводу, м. Визначається втрата тиску на місцевих опорах за формулою:

$$P_{\text{м.о.}} = \sum_{i=1}^n \xi \times P_{\text{д}},$$

де $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; $P_{\text{д}}$ – динамічний тиск. Потім ми додаємо усі втрати тиску на усіх ділянках головної магістралі системи, яка є найвіддаленішою, або з найбільшими втратами тиску, включаючи втрати через фітинги, глушники, фільтри, нагрівачі, клапани, теплообмінник. Це забезпечує повний опис аеродинамічного опору системи, який ми використовуємо для перевірки того, що тиск, який створює вентилятор достатній, а робоча точка тиску правильна.

Згідно аеродинамічного розрахунку втрати на магістралі системи вентиляції ПВ4, складає 350 Па.

1.3. Кондиціонування повітря

Кондиціонування повітря є найважливішим аспектом підтримання параметрів мікроклімату в приміщеннях та споруд різного призначення. Що забезпечує комфортний та безпечний мікроклімат у всіх типах будівель, від житлових будинків та промислових об'єктів до громадських будівель. Основна функція систем кондиціонування – підтримання оптимальної температури, вологості та чистоти повітря. Це безпосередньо впливає на самопочуття людей, безпеку системи та якість технологічних процесів.

Часто використовуються системи, що складаються із зовнішнього та внутрішнього блока, така конфігурація системи є найтипівішою. Така

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

конструкція дозволяє реалізувати принципи термодинаміки й розділяти функціональні можливості системи: зовнішній блок видаляє тепло та віддає його навколишньому середовищу, а внутрішній блок подає охолоджене, кондиціоноване повітря безпосередньо в приміщення. Це забезпечує високу енергоефективність, низький рівень шуму та більшу гнучкість у виборі місця встановлення.

У даному проекті розглядається використання обладнання від фірми Aerostar, визнаного та надійного виробника систем кондиціонування повітря. Зовнішні та внутрішні блоки цієї марки є високо продуктивними, адаптивними до різних умов експлуатації та відповідають сучасним стандартам енергоефективності.

Через високу вологість і низькі температури клімату в Україні зовнішній блок кондиціонера легко обмерзає, що погіршує його роботу: знижується ефективність теплопередачі, збільшується навантаження на компресор і зростає ризик виведення обладнання в аврiю. Для запобігання цьому компанія Aerostar використовує електричний нагрівальний елемент, вбудований у зовнішній блок, що підтримує постійну робочу температуру теплообмінника. Це рішення забезпечує стабільну роботу кондиціонера навіть у холодну та вологу погоду, продовжує термін служби пристрою, зберігає високу ефективність системи клімат-контролю та знижує ризик аварій. Таким чином, використання електричного нагрівача у зовнішніх блоках Aerostar є технічно надійним та необхідним рішенням для оптимальної роботи кондиціонера взимку.

На основі розрахованих теплонадходжень у приміщенні вибирається обладнання системи кондиціонування повітря, яка забезпечує оптимальний клімат у приміщенні та уникає надмірної або недостатньої продуктивності. Під час вибору враховуються всі джерела тепла: сонячні теплові надходження через огорожувальні конструкції будівлі, внутрішні джерела тепла (люди, освітлення, електроприлади), а також інфільтраціне повітря та забір зовнішнього повітря.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Необхідна холодопродуктивність системи кондиціонування визначається на основі загального теплонадходження.

1.3.1 Теплонадходження в приміщення

Теплонадходження в приміщення розраховується з урахуванням основних джерел теплогенерації. До них належать теплонадходження від сонця, теплонадходження від людей, освітлення та обладнання. Загальне теплове навантаження розраховується на основі цих елементів, і на основі цього розрахунку визначається необхідна потужність системи кондиціонування для забезпечення оптимального клімату в приміщенні.

В даному проекті наведено приклад підбору обладнання для першого поверху в табличній формі:

Таблиця 1.3.1 Потужність місцевих кондиціонерів кожного приміщення першого поверху

| № прим. | Назва | Площа, м ² | Висота, м | Об'єм, м ³ | Q _х | Q _т | Температура приміщення, °С |
|---------|---------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 102 | Гостьовий хол | 44,5 | 4 | 178 | 5,6 | 6,3 | 18 |
| 103 | Кабінет охорони | 12,33 | 4 | 49 | 3,6 | 4,0 | 18 |
| 106 | Диспетчерська | 9,29 | 4 | 37 | 2,2 | 2,5 | 22 |
| 108 | Кабінет служби ОП та ППБ | 18,42 | 4 | 74 | 2,2 | 2,5 | 20 |
| 109 | Медичний пункт | 22,43 | 4 | 90 | 2,2 | 2,5 | 18 |
| 110 | Кімната відпочинку водіїв | 26,95 | 4 | 108 | 5,6 | 6,3 | 20 |
| 111 | Кабінет керівника охорони | 15,76 | 4 | 63 | 2,2 | 2,5 | 20 |
| 122 | Кімната відпочинку | 20,06 | 4 | 80 | 2,2 | 2,5 | 20 |

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|---------|--------|---|-----|-----|-----|----|
| | охорони | | | | | | |
| 123 | Їдальня | 109,73 | 4 | 439 | 5,6 | 6,3 | |
| | | | | | 5,6 | 6,3 | |
| | | | | | 5,6 | 6,3 | 20 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ

Студентка / Мамрикова Д.Д. /

Консультант / _____ /

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.1 Літературний огляд

Витісняюча вентиляція – це сучасний та ефективний метод забезпечення строгих параметрів в приміщенні. Одна з головних переваг такого способу повітророзподілу полягає в тому, що свіже холодне повітря подається в приміщення в нижні шари приміщення, витісняючи тепле, забруднене повітря вгору, звідки воно видаляється витяжними дифузорами.

Вентиляція з принципом витіснення повітря, особливо гарно підходить для приміщень, що потребують високого рівня комфорту, чистоти, підтримання жорстких параметрів швидкості та температури: обідні зали ресторанів, кімнати для переговорів, класи, музеї, театри та супермаркети з високою висотою приміщення. Вона особливо рекомендується, коли забруднюючі речовини тепліші або легші за навколишнє повітря, коли припливне повітря холодніше за повітря в приміщенні, коли висота стелі перевищує три метри або коли в невеликих приміщеннях потрібна висока швидкість повітрообміну.

Згідно джерела [1], переваги витісняючої вентиляції, мають нижчі витрати на охолодження повітря при тій же температурі, більш тривалі періоди природного охолодження і поліпшена якість повітря в робочому просторі. Недоліки включають ризик холодних протягів у підлоги та значний простір, необхідний для встановлення розподільників повітря.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

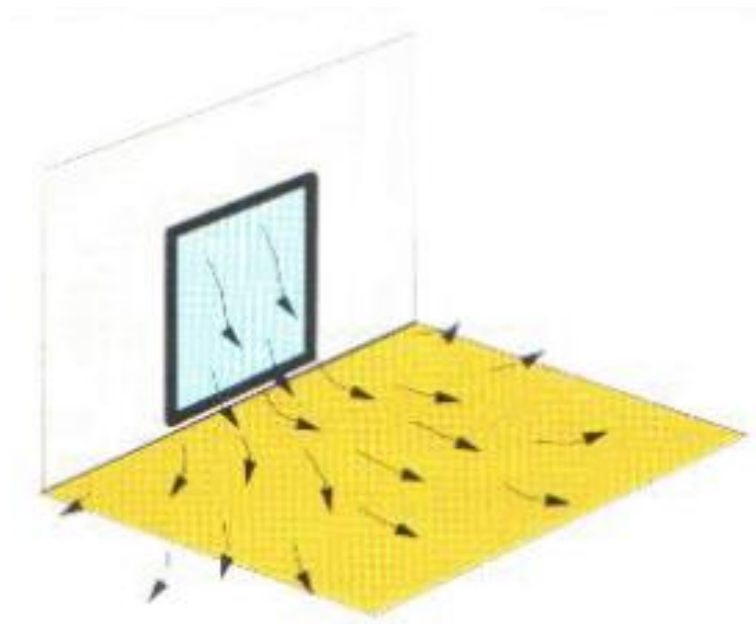


Рисунок 2.1.1 Приклад розподілення повітря (витісняюча вентиляція)

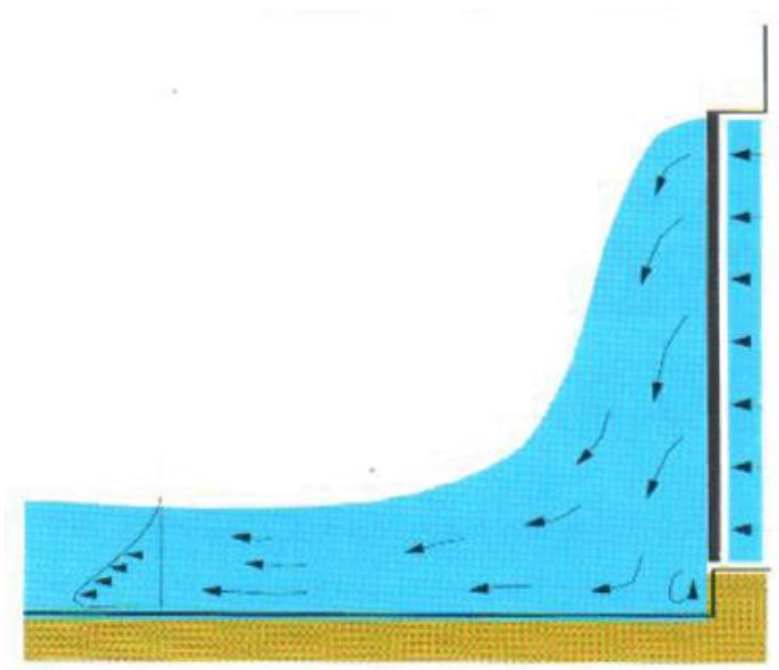


Рисунок 2.1.2 Приклад розподілення повітря в розрізі (витісняюча вентиляція)

Вибір системи повітророзподілу, повинен ґрунтуватися перш за все на питомому тепловому навантаженні, яке надходить в приміщення, а також на правильному

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

виборі способу розподілення повітря в кімнаті. Неправильний підбір може спричинити такі проблеми, як протяги підлоги. Тому важливо використовувати обладнання від виробників, які надають детальну технічну документацію.

Витрата повітря в системах припливно-витяжної та припливно-витяжної вентиляції, як правило, схожа; проте витісняюча вентиляція забезпечує кращу якість повітря і може працювати за більш низьких витрат. З іншого боку, змішана вентиляція вигідна при дуже низьких швидкостях потоку та ситуаціях з великими перепадами температур.

Моделювання розроблене в даному проекті в основному опирається на дослідження представлені в джерелі [2]. В дослідженні представленому в джерелі [2], систему вентиляції музейних приміщень було змодельовано на основі результатів попередніх теоретичних та експериментальних досліджень.

Автори цього дослідження уточнили формулу для неізотермічного коефіцієнта протитечійних струменів, які можуть використовуватися і в даному дослідженні та продемонстрували поведінку охолоджених та нагрітих повітряних потоків. Було виявлено, що компактний охолоджений струмінь ефективний лише при 25% об'ємного потоку повітря, тоді як охолоджений віяловий струмінь забезпечує стандартні параметри мікроклімату в робочій зоні. Нагрітий віяловий струмінь не досягає цього діапазону, а поширення нагрітого симетричного спірального струменя вимагає регулювання площі розсіювання. Моє моделювання має схожі результати, саме тому вони підтверджують доцільність використання багатоструменевих повітряних виходів у системах зі змінним об'ємом повітря для забезпечення стабільних температурних та вологісних умов у музейних приміщеннях. Мої розрахунки та моделювання враховували профілі розподілу температури, швидкості повітря, виміряні на висоті 1,5 метра — висоті виставкових робіт. Різниця в можелюваннях те, що в моєму моделюванні було знехтувано вологістю повітря. Так як згідно розрахунку з підбором

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|------------|
| | | | | | | | Арк. 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

потрібного повітрообміну, у розділі вентиляція, ми впевнено можемо сказати, що найбільші шкідливі надходження в приміщення це теплові. Також в музейних приміщеннях головним фактором дотримання жорстких параметрів повітря, це те, що музейні експонати зберігаються при певному діапазоні вологості в приміщенні. В моєму моделюванні в приміщенні конференц зали люди перебувають тільки певний часовий проміжок і немає для чого підтримувати постійний поітряний потік.

У роботі «Генерація та розвиток конвективних потоків поблизу джерел тепла у промислових будинках» (2001 р.) В.Б. Довгалюка [8], досліджує специфічні характеристики генерації та розвитку конвективних потоків у виробничих будівлях із високою тепловіддачею. Автор пропонує методика розрахунків, у яких фактично джерела теплонадходжень замінюються еквівалентними тепловипромінюючими площинами, припускаючи, що загальна кількість тепла однакова. Такий підхід спрощує розрахунки та робить їх універсально застосовними. Практична цінність цього дослідження полягає у можливості використання його результатів для оптимізації систем вентиляції у теплонапружених приміщеннях, забезпечуючи тим самим ефективне видалення надлишкового тепла та прийнятні умови праці. Певні принципи даної роботи будуть використанні в моделюванні представлені в даній роботі.

Посібник [3] В.В. Джеджули «Вентиляція та кондиціонування повітря громадських приміщень» (2021) розглядає принципи організації систем вентиляції та кондиціонування повітря в місцях з високою прохідністю, зосереджуючись на енергоефективності та використанні систем змінного об'єму повітря.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

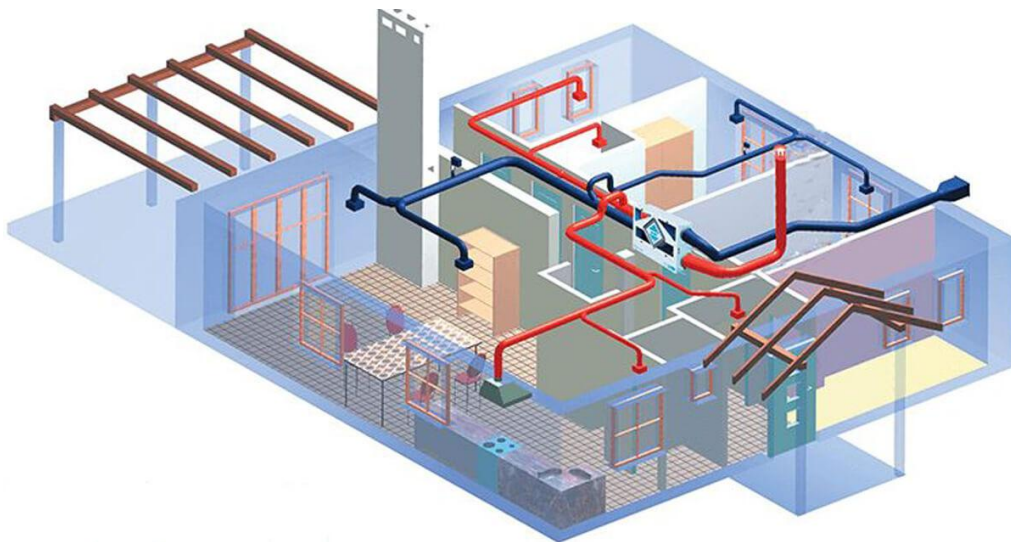


Рисунок 2.1.3 Приклад змішувальної вентиляції в будинку

Посібник [4] Зінича «Вентиляція громадських будівель» (2002) представляє фундаментальні принципи проектування змішувальної вентиляції, нормативні вимоги та методи розрахунку коефіцієнтів повітрообміну, які складають основу для розробки ефективних систем для великих залів, навчальних аудиторій та театрів. Розрахунки повітрообмінів в розділі вентиляція повністю ґрунтуються на даних джерелах.

У джерелі [9] розглядаються складні питання, пов'язані з проектування систем опалення у будинках різного призначення. У ньому викладено методи розрахунку потреби в опаленні приміщень з урахуванням огорожувальних конструкцій будівлі, внутрішніх джерел тепла та кліматичних факторів; принципи вибору обладнання для систем опалення; гідравлічні розрахунки для забезпечення рівномірного розподілу холодоагенту; а також питання енергоефективності та надійності системи. Цей практичний посібник призначений для проектувальників, інженерів та студентів технічних спеціальностей та, таким чином, є універсальним ресурсом для вивчення та професійної практики. Робота Любарца, Зайцева та Любарца є важливим ресурсом для розвитку сучасних підходів до проектування систем опалення, що поєднує теоретичні основи з практичними рекомендаціями та служить основою

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

для досліджень у галузі тепло- та газорозподілу та вентиляції. В рамках загального моделювання систем вентиляції цей посібник важливий як джерело додаткової інформації для розуміння теплових процесів у приміщеннях та їх впливу на мікроклімат.

У джерелі [22] Єніна П.М. та Швачки Н.А. представлені головні дані, правила, методики, законодавча база і акти щодо тепло-холодо постачання будівель та споруд різного призначення. В рамках техніко-економічного обґрунтування системи в розділі 7 даного проекту, було прийнято кількісне погодинне температуростоянні згідно даного джерела. Такий підхід дозволить точніше фіксувати коливання температури зовнішнього повітря впродовж року та, як наслідок, дасть реалістичні дані по витраті теплоносія і відповідно витрату палива протягом усього року, і дасть нам змогу найточніше розрахувати приблизну вартість теплопостачання.

Джерела [21], [12], [14], стали основою, законодавчої бази даного проекту, на підставах яких проводилося проектування систем опалення та вентиляції, впроваджуючи ті чи інші рішення. Згідно джерела [23], відбувалася розробка, та підбір джерела теплоти в розрізі 7 даного проекту.

У джерелі [25], Г.М. Клименка 2015 року, має на меті дослідити специфічні характеристики вентиляційних систем в приміщеннях промислового призначення, де теплонадходження в приміщення, які викликаються технологічними процесами. Автор даного джерела, аналізує циркуляційні потоки повітря в промислових приміщеннях та вплив високого теплового напруження в приміщенні на мікроклімат, в цьому ж джерелі, пропонуються доопрацьовані методи повітророзподілу повітророзподільчих систем. У цій роботі достатньо детально розглянуто різноманітні способи улаштування повітророзподільчих систем, їхня працездатність та забезпечення санітарно-гігієнічним нормам і вимогам. Розглянуто також і негативні ефекти, які виникають при витіснюючій

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вентиляції, яка в обмежених габариторах середовища може викликати нерівномірність повітророзподілу у приміщенні, утворення так званих, зон застою. Дане явище погіршує загальну якість мікроклімату в приміщенні, погіршуються відповідно до цього і умови праці та можуть у певних випадках створити ризики для здоров'я працюючого персоналу. Автор підкреслює, що спосіб витісняючого повітророзподілення часто неефективна в температуронапружених приміщеннях, оскільки нагріті повітряні маси, постійно накопичуються в горі приміщення, при цьому робоча зона недостатньо захищена від надмірного перегрівання та концентрації забруднень. На основах даного заключення, в джерелі [25], також було запропоновано альтернативи в підході до розробки повітророзподілу в таких приміщеннях, які будуть з врахуванням спеціфічних аеродинамічних характеристик повітряних потоків у теплонапружених приміщеннях, відповідно ці альтернативи дозволяють створити більш контрольований, рівномірно розподілений та сприятливий мікроклімат у промислових приміщеннях.

Один з варіантів, який міг би підійти для даного дослідження, описаний в [25], це опукла повітророзподілювальна поверхня, через яку відбувається подача свіжого, припливного повітря. Проте вона займає повний об'єм в приміщенні, що при габариторах приміщення 212, може викликати незручності в пересуванні людей, тому такий метод в даній роботі розглядатися не буде.

2.2 Моделювання повітророзподілу в приміщенні

Для дослідження моделювання процесів перетікання потоків було обрано кімнату 212: конференц-зал, геометричні параметри приміщення та функції якого роблять його гарним прикладом для аналізу повітророзподілу та аналізу роботи систем змішувальної та витісняючої вентиляції.

У конференц-залі, в яких є об'єкти, які генерують тепло (телевізором, ноутбуками, проектором), вибір відповідного типу розподілу повітря системи

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вентиляції є ключовим аспектом для забезпечення потрібного повітрообміну повітря та комфортних умов для людей конференц залу. Згідно посібника Зінича П.Л. “Вентиляція громадських будівель” [4] і Джеджули В. В. “Вентиляція та кондиціонування громадських об’єктів” [3], звичайна вентиляція передбачає подачу повітря з верхньої частини кімнати, а потім його видалення через витяжні отвори, розташовані зверху приміщення. Така система повинна забезпечувати рівномірність розподілу повітря в приміщенні та прийнятний клімат у кімнаті. Проте, дослідження і наукові роботи останніх років, такі як: “Загальне уявлення про витісняючу вентиляцію” [1] і Мілейковський, В., Вахула, В., & Дудніков, О. “Теоретичні дослідження організації повітрообміну з багатоструминними повітророзподільниками. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання” [2] спростовують гарну працездатність змішувальної вентиляції і виокремлюють ефективність способу повітророзподілення, як — витісняючої. Цей спосіб повітророзподілу базується на подачі припливного свіжого повітря в нижню частину кімнати та його послідовному просуванні, за допомогою теплої конвекції, до верхньої частини приміщення, де видається вже тепле, старе повітря. Даний спосіб дає можливість забезпечити більш комфортні умови для людей які експлуатують дане приміщення, тому, що припливне свіже та чисте повітря потрапляє безпосередньо в низ робочої зони, тоді як забруднене повітря піднімається вгору. Тому такий спосіб організації повітророзподілу має відповідає принципам енергоефективності та забезпечити більш комфортні умови для людей в приміщенні конференц зали. Тому для конференц-залу з певним рівнем теплогенерації будемо розглядати декілька методів подачі повітря, враховуючи характеристики реального приміщення.

Для більш всеохоплюючого та більш детального аналізу ефективності повітророзподілу конференц-зали в SolidWorks буде розроблено три різні моделі повітророзподілу повітря в приміщенні.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | | Арк. 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

SolidWorks — це, програмне забезпечення, яке дає можливість моделювати тривимірні моделі реальних приміщень та повітряні потоки в ньому, оцінювати їх швидкість, температуру та вплив на важливі для людей параметри в приміщенні. Перша моделювання має відтворити традиційний спосіб повітророзподілення: повітря подається в верхній частині приміщення, опускається вниз, для цього потрібно розрахувати правильний габариторозмір дифузора, і потім викидається через дифузори витяжні, що розташовані також зверху. Даний спосіб повітророзподілення, широко використовується в громадських спорудах, забезпечуючи відносно рівномірний розподіл температури та концентрації CO₂, також він є одним з найдешевших та простих в реалізації. Однак він має певний ряд недоліків, наприклад, при роботі обладнання з високим тепловиділенням, коли температура в верхніх точках приміщення занадто велика і повітря встигне нагрітися, що не дозволить охолоджувати робочу зону, або при великому скупченні людей, оскільки свіже повітря не завжди потрапляє прямо в зону дихання.

Друга моделювання покаже роботу витісняючої вентиляції, з трьома тумбами розподілення повітря, розташованих в нижній частині приміщення, подають припливне свіже повітря безпосередньо в низ робочої зони і розподіляють його по підлозі і вгору за допомогою теплої конвекції, де старе повітря видаляється. Ця система відповідає найчутливішим і найжорсткішим вимогам до параметрів підтримання мікроклімату та гігієни. Фактично в приміщення подається однакова кількість повітря, але швидкість виходу з дифузора і більш рівномірне розподілення по приміщенню. Третє моделювання також є витісняючою вентиляцією, на принципі циркуляції повітря, але в другій моделі використовуються лише два повітророзподільника повітря, при цьому витрата від третього повітророзподільника розподіляється рівномірно між двома іншими. Таке рішення дозволяє оцінити вплив зменшеної кількості елементів на якість повітрообміну та визначити, чи має вплив конфігурація та спосіб

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

повітророзподілення на зміну параметрів повітря в приміщенні та наскільки сильним буде вплив даного рішення. Метою цього всеохоплюючого моделювання є не лише порівняння традиційного та витісняючого повітророзподілення, а й визначення оптимальної кількості та розташування повітророзподільників повітря для забезпечення максимально комфортних умов мікроклімату для людей у приміщенні конференц-залу з урахуванням теплонадходжень від обладнання та людей. Отримані результати дозволяють оцінити можливість застосування вентиляції, що витісняє, в порівнянних приміщеннях і обґрунтувати вибір найбільш ефективною конфігурації.

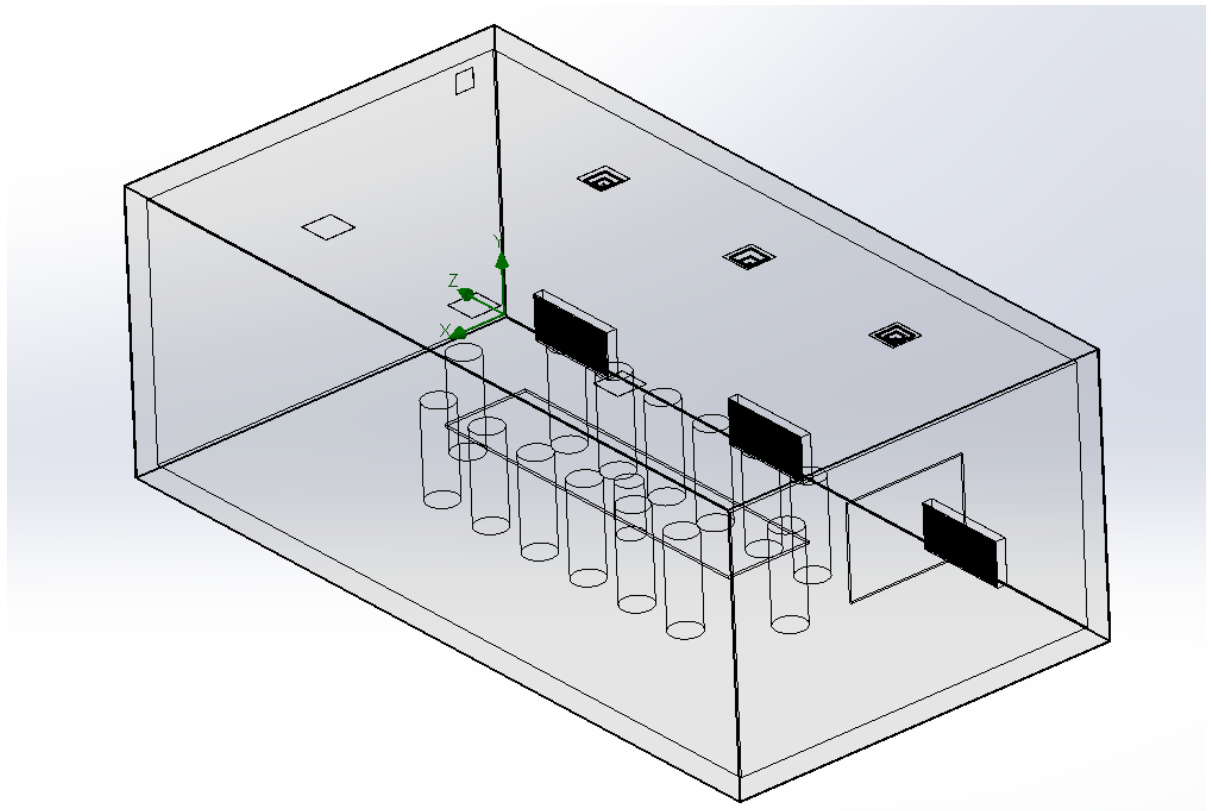


Рисунок 2.2.1. Приміщення 212 конференц-зал

Для моделювання в SolidWorks було змодельовано віртуальну кімнату (Рисунок 2.2.1), що відповідає реальним габаритам приміщення конференц-залу. Дане приміщення розраховано на 16 посадкових місць вони в той же час будуть джерелом теплонадходжень. Для моделювання системи вентиляції було змодельовано прості дифузори, що дозволяють оцінити повітряний потік та

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

розподіл температур у приміщенні. Параметризація моделі включала значення витрати повітря, що відповідають розрахунку згідно розділу розробки вентиляції. Це дозволило отримати результати, які найбільш сходять до реальних експлуатаційних. Для отримання точних результатів було виконано 700 ітерацій. Це дозволило отримати детальне представлення розподілу температури та параметрів повітря у різних зонах конференц-залу.

2.3 Змішувальна вентиляція

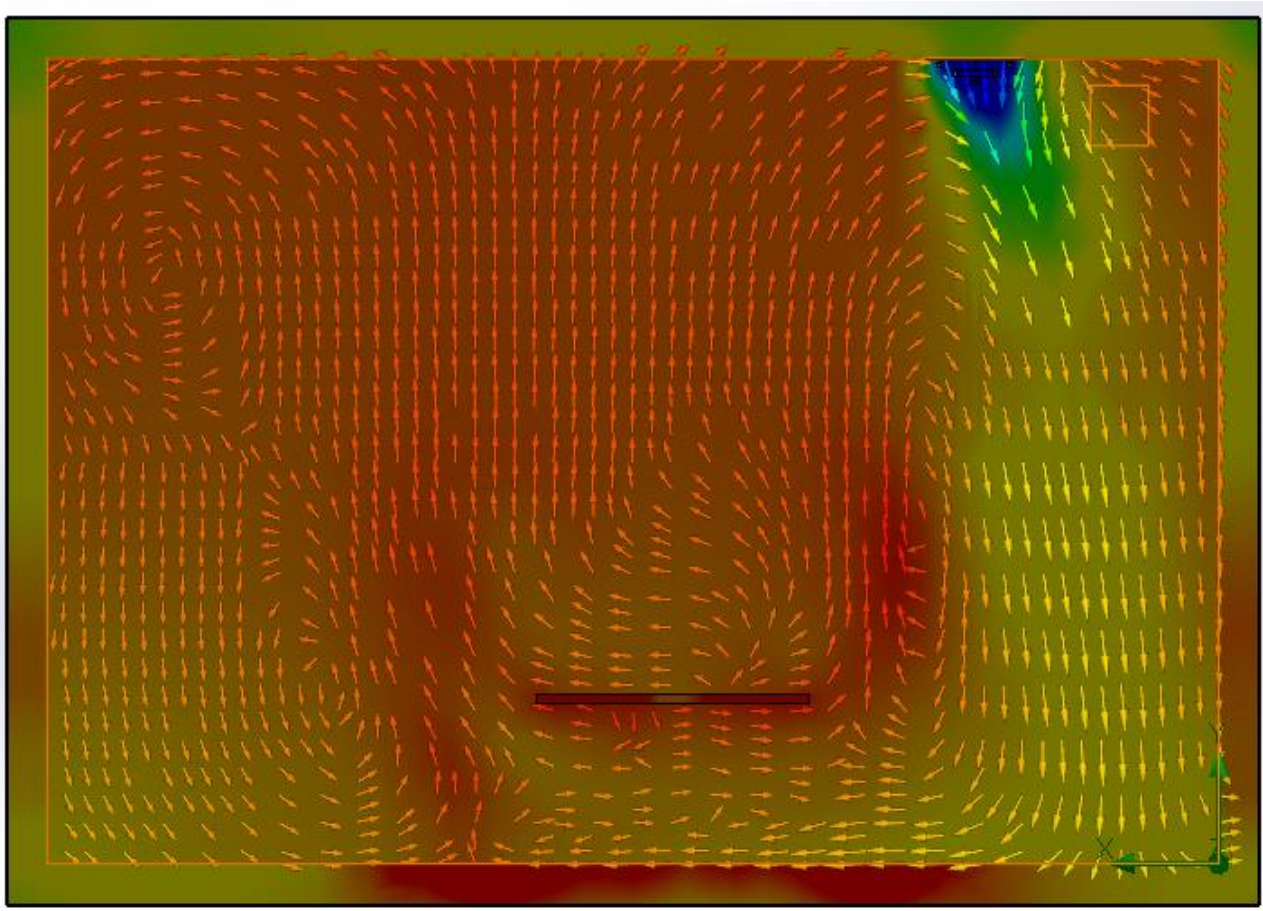


Рисунок 2.3.1 Розподіл температур в приміщенні змішувальною вентиляцією

Моделювання системи вентиляції з змішувальним типом повітророзподілення конференц-залу дозволило отримати приближені до

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

максимальної можливої точності параметрів мікроклімату, які дозволяють провести детальний зоровий аналіз розподілу температур в приміщенні. Для моделювання було внесено ряд параметрів, які дозволять нам змоделювати потік повітря в приміщенні, який має бути максимально схожий на реальний. Було внесено кількість теплонадходжень від людей та обладнання, витрату повітря згідно посібника на припливному та витяжних дифузори 0,6 м³/с на кожному, відповідно, з температурою припливного повітря в 19°C. Для більш достовірних результатів було обрано 700 ітерацій для кожного моделювання.

Затухання неплоских струминних течій описується [5] формулами для максимальної швидкості й надлишкової температури:

$$V_{x,m} = V_o \cdot m \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{X} \cdot K_{63} \cdot K_n, \text{ м/с,}$$

$$\Delta T_{x,m} = \Delta T_o \cdot n \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{X} \cdot K_{63} \cdot K_n^t = \Delta T_o \cdot n \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{X} \cdot \frac{K_{63}}{K_n}, \text{ К.}$$

де V_o – початкова швидкість, м/с; m – коефіцієнт затухання швидкості, що для деяких струмин може залежати від X ; F_o – площа випуску струмини, м², X – довжина шляху струмини, м; ΔT_o – надлишкова температура, К, n – коефіцієнт затухання температури, що для деяких струмин може залежати від X ; K_{63} – коефіцієнт взаємодії паралельно випущених струмин; K_n – коефіцієнт неізотермічності за формулою.

$$K_n = (1 \pm 2,5 \cdot Ar_x)^{1/3};$$

Ar_x – плинний критерій Архімеда

$$Ar_x = Ar_o \cdot \frac{n}{m^2} \cdot \left(\frac{x}{\sqrt{F_o}} \right)^2;$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Ar_0 – початковий критерій Архімеда

$$Ar_0 = \frac{g \cdot \Delta T_0 \sqrt{F_0}}{V_0^2 T_{нав}}$$

Kn_t – коефіцієнт неізотермічності за надлишковою температуою.

Згаснення неплоских струменевих течій, що представлені в першому моделюванні, описується в вище згаданих формулах, для максимальної швидкості та надлишкової температури в приміщенні, вони враховують початкові параметри потоку та умови його поширення в просторі. Максимальна швидкість струменя визначається як добуток початкової швидкості V_0 , коефіцієнта згасання швидкості m , відношення площі виходу струменя F_0 до довжини його шляху X , а також коефіцієнтів взаємодії паралельних струменів $K_{вз}$ та неізотермічності Kn . Це означає, що зі збільшенням відстані від джерела швидкість поступово зменшується, але може регулюватися завдяки взаємодії між потоками та впливу різниці температур. Аналогічно, надлишкова температура струменя ΔT_x визначається початковою різницею температур ΔT_0 , коефіцієнтом ослаблення температури n , співвідношенням F_0/X , а також тими ж коефіцієнтами взаємодії та неізотермічності. Це показує, що температура струменя також зменшується зі збільшенням відстані, але залежить від того, якою мірою вона взаємодіє з іншими потоками та як різниця температур впливає на її розсіювання. Загалом, ці формули описують процес поступового зниження швидкості та температури повітряного потоку під час його руху від дифузора в приміщення, враховуючи геометричні параметри, теплові умови та взаємодію кількох струменів. Таким чином, вони дозволяють кількісно оцінити ефективність вентиляційної системи та прогнозувати зміни мікроклімату залежно від конфігурації повітряних дифузорів та теплових навантажень.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

На рисунку 2.3.1 та 2.3.2 видно, що температура повітря припливного, на виході з дифузора становить вже 20 °С проти 19 °С параметризованих на вході. Це свідчить про швидке нагрівання в верхніх шарах приміщення, повітря через взаємодії з теплом, що виділяється працівниками, що перебувають в конференц залі. Це є природньо для кімнат з високим теплове напруженням, і в той же час може перешкоджувати в задачі підтримання оптимального мікроклімату в конференц залі. Згідно з результатами моделювання, температура в робочій зоні під повітропроводами коливається в параметрах від 22,5 °С в районі входження повітряного потоку в робочій зоні і на виході з робочої зони до 23,6 °С у зонах присутності людей, що перевищує необхідні параметри температури в 22 °С. Ці показники свідчать про нерівномірний та неефективний розподіл повітря, в одному місці повітря дуже різниться за своїми параметрами в іншому.

Це моделювання показує, що змішувальна система повітророзподілу не завжди здатна забезпечити ефективний і рівномірний розподіл температур в приміщені з високою тепловіддачею і маленьким об'ємом. Це підкреслює важливості попереднього всебічного аналізу повітророзподілу в приміщені.

Результати моделювання показують, що при поточних, загальноприйнятих розрахунків системи вентиляції, система не гарантує оптимального розподілу температури в робочій зоні, як це першочергово передбачалось, що може призвести до дискомфорту для працівників офісу, що знаходяться в кімнаті. Для передбачення цих недоліків, потрібно подальший аналіз різних конфігурацій повітророзподілу системи вентиляції..

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

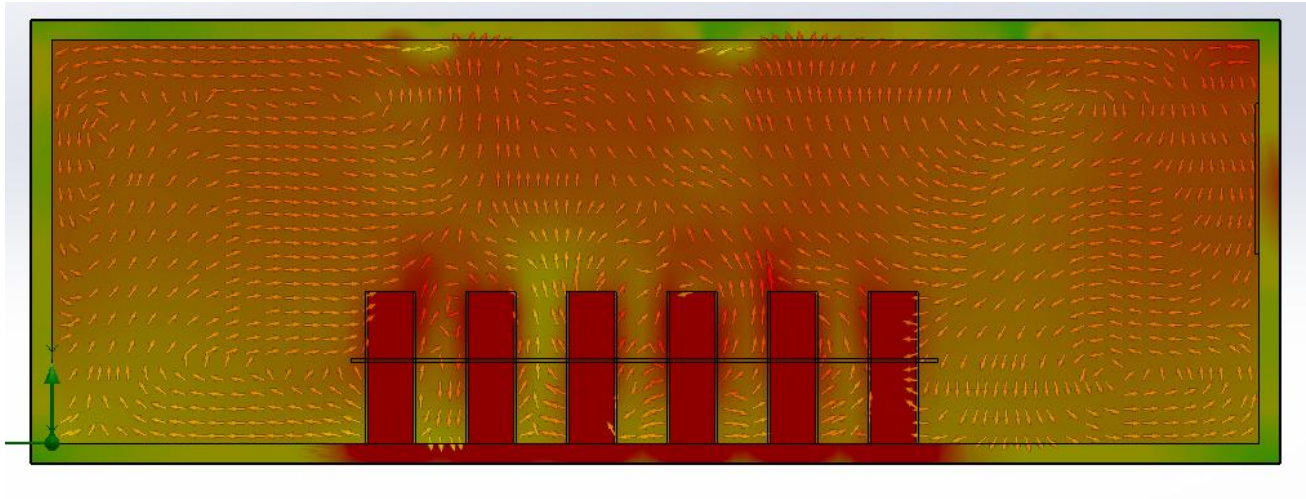


Рисунок 2.3.2 Розподіл температур в приміщенні змішувальною вентиляцією

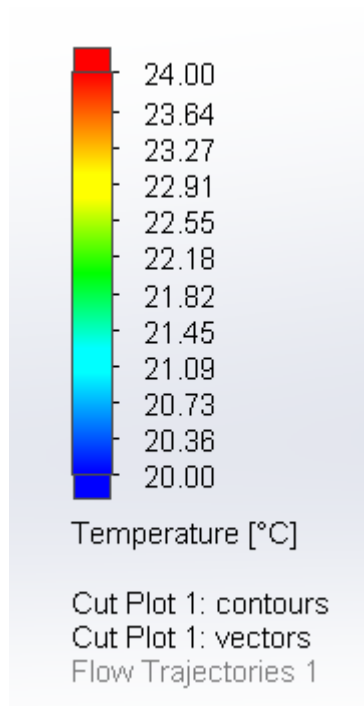


Рисунок 2.3.3 Температурний графік приміщення конференц залу при трідиційному повітророзподіленні

При детальному аналізі змішувальної системи вентиляції конференц-залу важливо дослідити не тільки розподіл температур в приміщенні, але й розглянути швидкості цього ж повітря в приміщенні. Результати моделювання

параметрів швидкостей повітряного потоку наведені на аркуші 8, даного проекту

Згідно з нормативними вимогами (ДБН В.2.5-67:2013), швидкість повітря в робочій зоні при даній температурі не повинна перевищувати 0,2-0,3 м/с, щоб запобігти протягам, в той же час система повинна забезпечувати постійну ефективну циркуляцію повітря та видалення надлишку теплових забруднень в приміщенні.

Аналіз результатів моделювання показує, що швидкість повітря на виході з повітророзподільника становить 0,2 м/с. Це значення вже відповідає чинним нормативним вимогам. Проте всерівно з цими параметрами можуть виникати локальні зони дискомфорту, наприклад для людей що сидять під дифузором, що підтверджується результатами моделювання, швидкість потоку повітря внизу робочої зони також 0,2 м/с. Потік повітря може створювати особливо неприємним та дискомфортні умови при носінні легкого одягу, оскільки низхідний потік повітря, досягаючи підлоги, створює додаткову турбулентність в нижній частині приміщення. Це може призвести до охолодження ніг та утворення протягів, що особливо буде неприємно при умовах низької завантаженості приміщення, коли розсіювання тепла недостатньо для компенсації впливу холодного повітря. У цьому випадку найбільший дискомфорт відчуває людина, яка сидить безпосередньо під дифузором, оскільки швидкість повітря там найвища. Для цього повинно бути передбачена гарна система автоматизації, яка буде динамічно реагувати на зміни навантажень в приміщенні.

Найбільш неприємні умови можуть виникати саме у людей, які сидить безпосередньо під потоком з дифузору. Навіть за дотримання нормативів швидкості повітря змішувальна вентиляція не завжди забезпечує оптимальний баланс між рівномірним розподілом і комфортом для користувача. Проте згідно моделювання на розрізі 1-1 видно, що зворотній циркуляційний потік повітря,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

постійно зміщує припливну струмину. Цим самим, зміщаючи місце входження струмини в робочу зону, цим самим потік повітря проходить за сидячою людиною.

У ході моделювання системи вентиляції конференц-залу було виявлено ряд характеристик, які негативно впливають на повітророзподіл повітря в приміщенні. Зокрема, навпроти припливних дифузорів, біля огорожувальних конструкцій, утворюються зони застою повітря, через циркуляційний потік, який виникає через відбиття від стіни, розріз 1-1. Ці зони характеризуються низькою швидкістю повітря, що призводить до недостатнього перемішування та накопичення тепла, вологості та вуглекислого газу. Погіршується мікроклімат у приміщенні, що знижує комфорт присутніх. Також згідно розрізу 2-2 видно, що зміщений повітряний потік, який згідно попередніх некоректних моделювань викликано конвективним потоком від людей, дана струмина не має можливості продувати до протилежної зони приміщення, що викликано конвективним потоком і циркуляційним струминам які виникають в районі припливної струмини.

Повітряний потік, що виходить з повітророзподілювача, спрямовується вниз і стикається з підлогою, де розбивається і стає гідродинамічно нестійкою. Це явище призводить до втрати цілісності струмини повітря через взаємодію з твердою поверхнею, що призводить до виникнення турбулентності, хоча було витримано нормативну відстань згідно каталогу виробника Trox. Турбулентність - це хаотична форма руху повітря, при якій утворюються локальні вихори, що змінюють напрямок і швидкість потоку. В даному випадку турбулентність призводить до підйому повітряного потоку та його взаємодії з основним потоком, що виходить з дифузора, створюючи інтерференцію. Ця інтерференція є суперпозицією, що може призвести до їх ослаблення або взаємного посилення, а також до нерівномірного розподілу швидкості та температури.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це викликає нерівномірний розподіл швидкостей в приміщенні. Це впливає на якість швидкісного розподілу в приміщенні: швидкість в області безпосередньо під дифуззором є занадто високою, що призводить до протягів і занадто низькою на краях, що призводить до застою повітря. В різних кінцях кімнат утворюються непровітрювані зона, а в деяких місцях, майже замкнуті турбулентні, вихрові потоки.

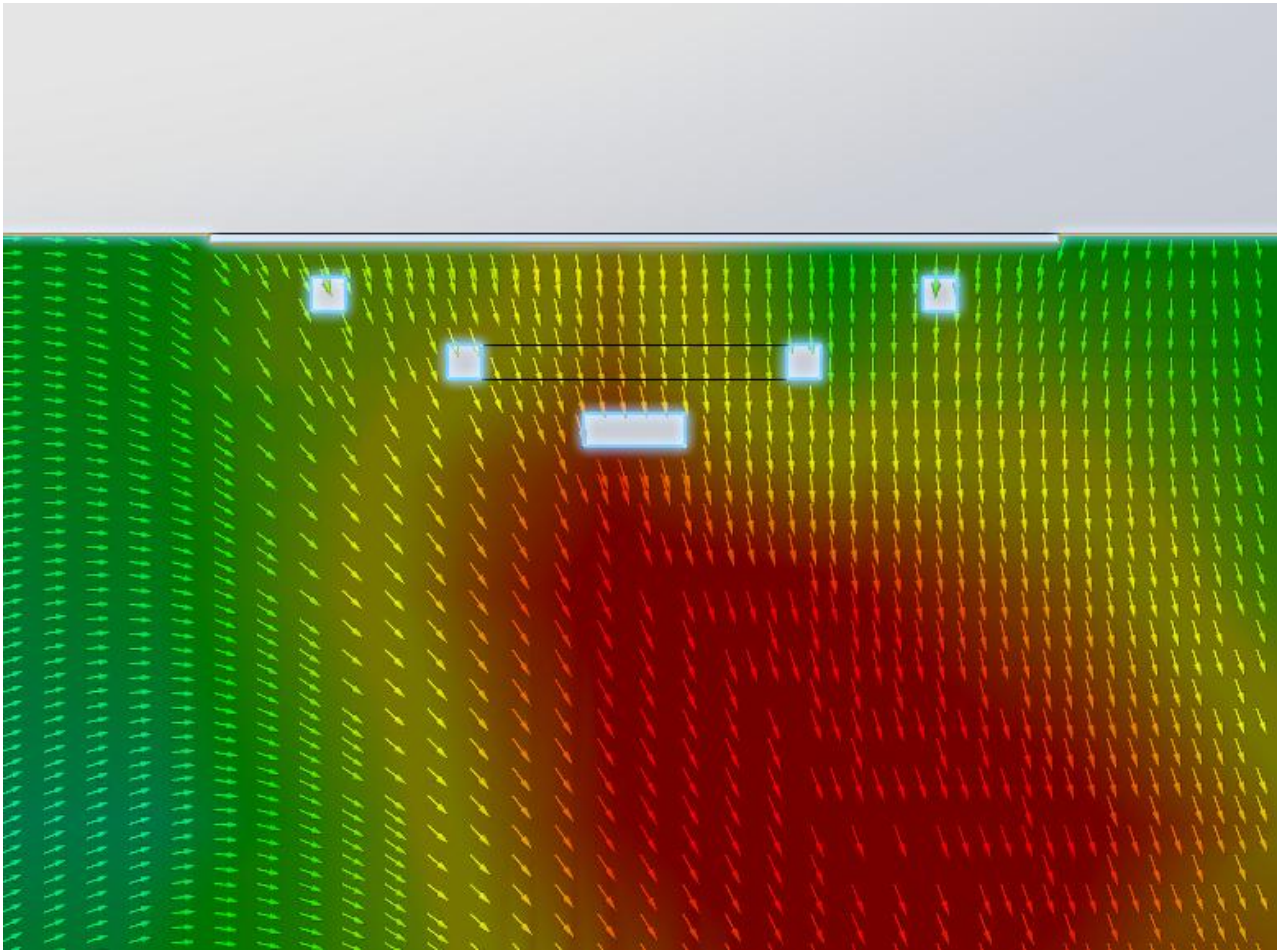


Рисунок 2.3.4 Розріз дифузору (швидкість потоку повітря)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

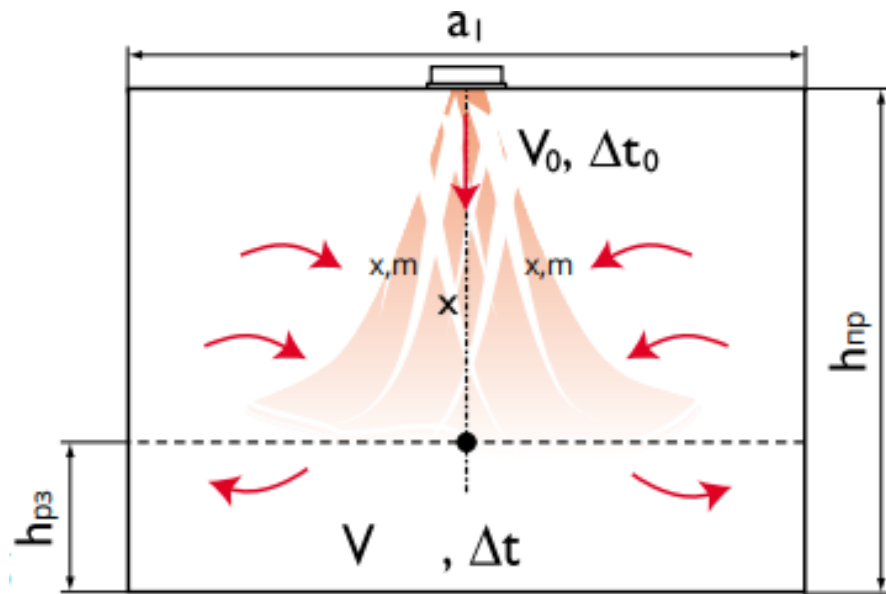


Рисунок 2.3.5 Розріз дифузору (приклад подачі струмینی в приміщення конічно подібною струминою повітря)

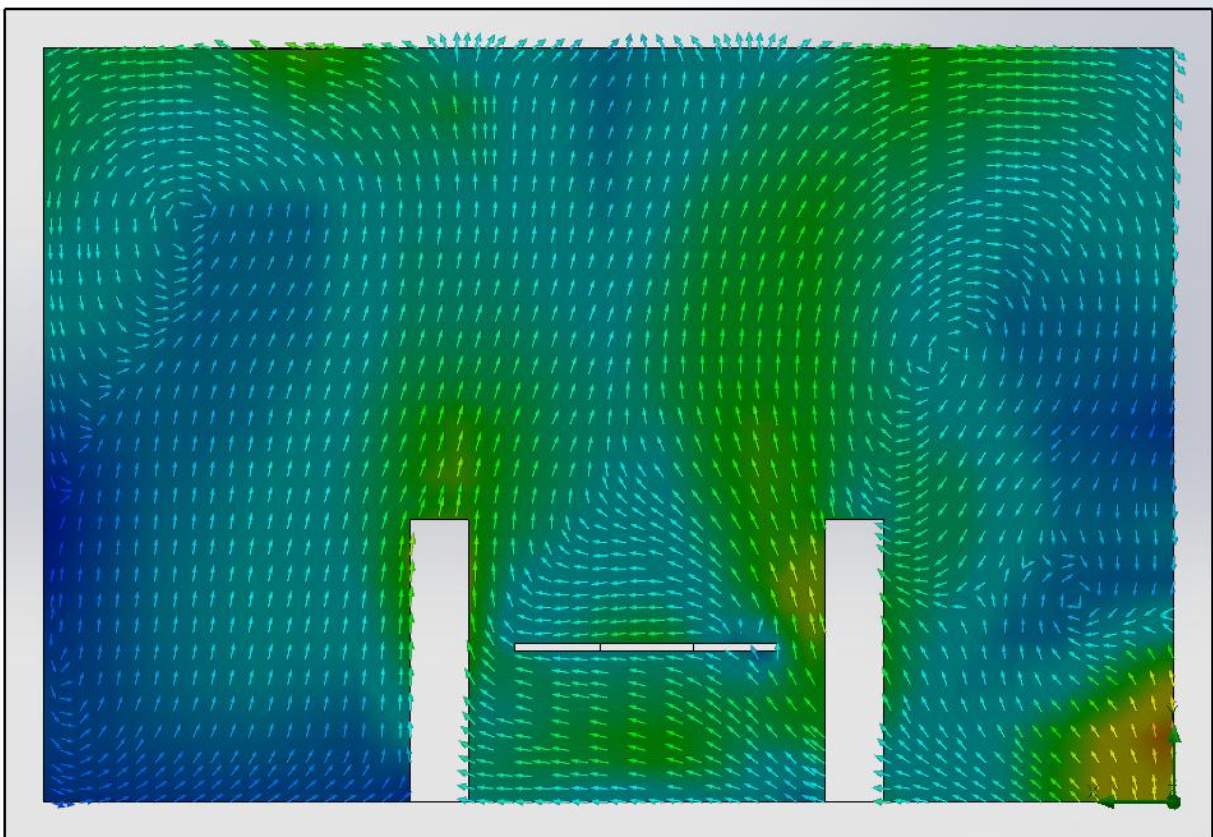


Рисунок 2.3.6 Розріз приміщення (застої повітря)

На малюнку 2.3.6 представлені результати моделювання дають нам можливість побачити поведінку струмини в місці рівно-далеко розташоване від припливних дифузорів. У місці присутності людей де присутні високі теплонадходження, ми можемо побачити прискорення потоку струмини по висоті приміщення, що викликане генеруванням локальних конвективних потоків. Така конвекція виникає тому що присутня різниця щільності повітря при різних температурах: більш тепле повітря, менш щільне і піднімається до гори та провокує утворення вертикальних потоків, які прискорюють рух повітря по висоті приміщення.

Видно. Що у лівому куті приміщення спостерігалось утворення зони застою повітря. Цей термін позначає зону, де швидкість повітря мінімальна, а циркуляція повітря майже відсутня. У цих зонах може накопичуватися надлишок тепла, вологості та запахів, що негативно впливає на мікроклімат в приміщенні. В певних типах приміщення, в якому надважлива дотримання параметрів мікроклімату таких як музеї бібліотеки чи архівах [2], така системи може бути не придатною. Застій зачасту відбувається в зонах, де геометрія приміщення або розміщення дифузорів і викривлений потік струмини через відносно невеликі габарити приміщення не дає змогу повітрю потрапляти в усі зони приміщення, наприклад як в нашому варіанті у кутах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 62 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

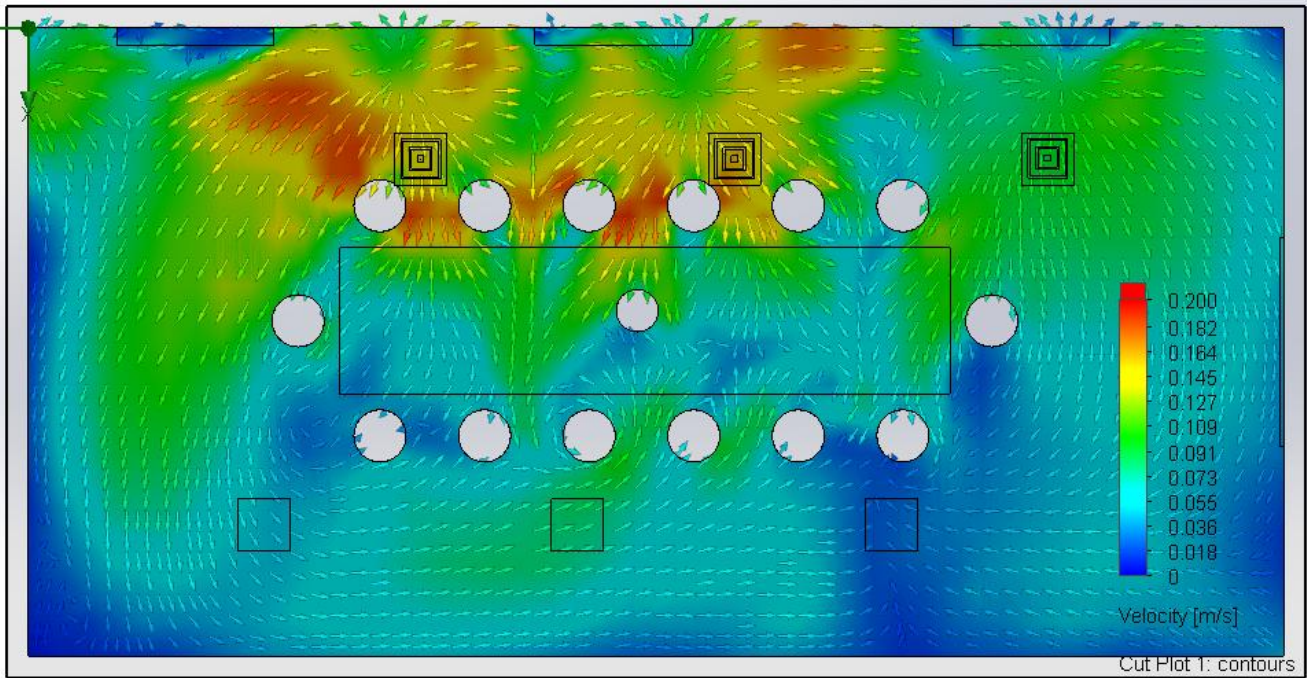


Рисунок 2.3.7 Розріз січний, діапазон на висоті +0,100 від рівня підлоги

На рисунку 2.3.7 видно, що не дивлячись на те, що струмина постійно збивається циркуляційними потоками в приміщенні, струмина відбивається від стін, що все ж викликає перетікання свіжого повітря по периметру приміщення. Даний розріз дає нам можливість побачити, що в нижньому шарі приміщення повітря переміщується і розсіюється достатньо добре.

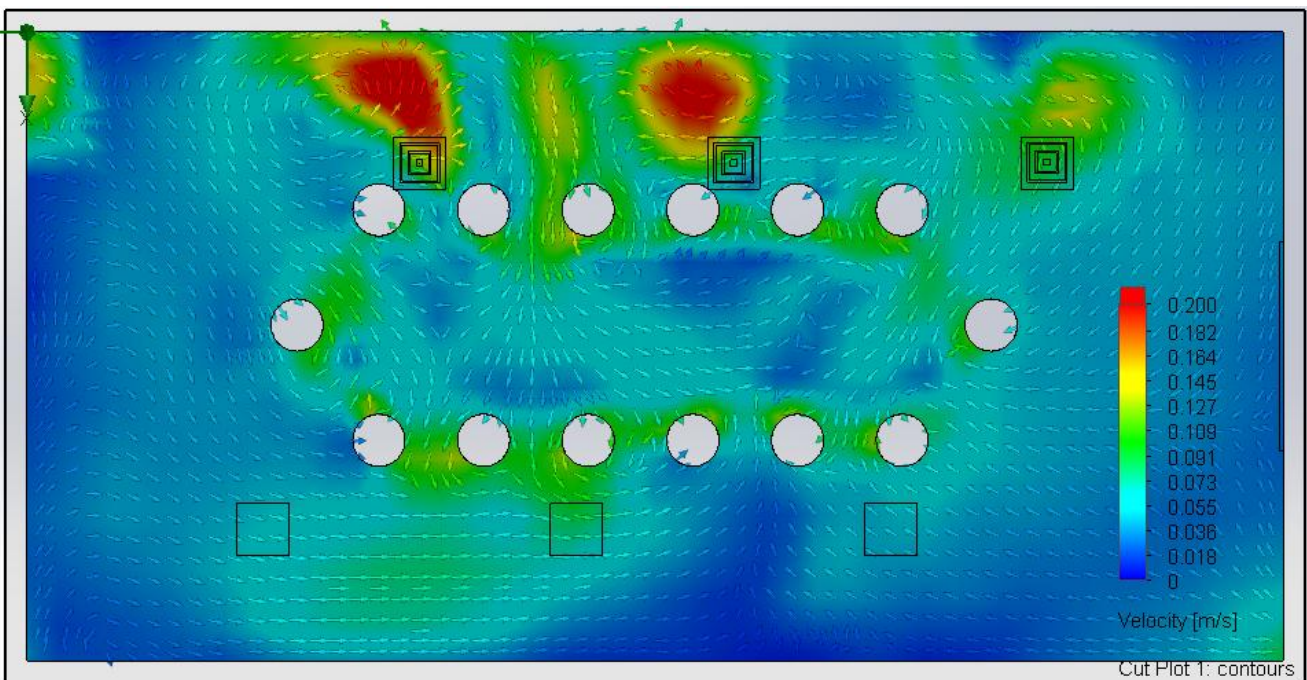


Рисунок 2.3.8 Розріз січний, діапазон на висоті +1,000 від рівня підлоги

На рисунку 2.3.8 можна побачити, що по периметру кімнати швидкість повітряних потоків стає слабшою. У центрі кімнати швидкість повітря залишається прийнятною через тепловиділення від людей. Ці джерела тепла створюють конвективні потоки.

Проте стрілки напрямку руху потоку, показують, що потік повітря перетікає не тільки по висоті приміщення, а по діагонально. Хоча конвекційні потоки тягнуть повітря вгору, вони одночасно переміщують його по діагоналі, створюючи умови для горизонтального перенесення газів, запахів та аерозольних частинок.

Як висновок можна сказати, що результати моделювання показують, що змішувальна механічна вентиляція, незважаючи на неефективність щодо рівномірності розподілу повітря і створення локальних зон застоювання, залишається прийнятним варіантом для конференц-залу. Вона забезпечує відповідність основним державним стандартам які регламентують параметри приміщення. Таким чином, змішувальна вентиляція залишається найбільш збалансованим та економним рішенням з точки зору капітальних вкладень для приміщень, де головним є простота впровадження та дотримання основних стандартів. У той самий час результати дослідження не виключають можливості використання інших альтернатив, зокрема, витісняючої вентиляції. Використовуючи принципи стратифікації та природної конвекції, вентиляція, що витісняє, може забезпечити більш високий рівень комфорту та енергоефективності. У приміщеннях з особливими вимогами до мікроклімату [2], таких як бібліотеки або музеї, де підтримання стабільних умов для людей та експонатів має вирішальне значення, слід віддавати перевагу альтернативним системам вентиляції, щоб уникнути утворення локальних зон перегріву та застою, а також забезпечити максимально рівномірний розподіл параметрів повітря у приміщенні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.4 Витісняюча вентиляція з трьома повітророзподільниками (3 тумби)

Витісняюча вентиляція повітря— це досить новий і відповідно сучасний спосіб повітророзподілення в приміщеннях, який базується на використанні фізичних властивостей повітря та природній конвекції від об'єктів, які генерують тепло. Свіже повітря подається з відносно низькою швидкістю і температурою, в самому нижчому рівні робочої зони, яка є близькою до рівня теплового комфорту, поступово виштовхуючи тепле, старе повітря до гори. Даний процес побудований на основі стратифікації повітряних мас, тобто на повітряному розшаруванні за температурою і щільністю: холодніше і більш густіше повітря залишатиметься в нижніх шарах приміщення, а тепле і менш густіше повітря буде підніматися до гори.

Головний фізичний принцип витісняючої вентиляції — це природна конвекція, що викликана через різницю густини повітря при різних температурах повітря. Тепло, що генерується людьми, приладами та освітленням, постійно створює малі локальні конвекційні потоки повітряних мас, які піднімаються з вже нагрітим повітрям до гори, забезпечуючи видалення повітря через витяжні тумби, які розташовані саме у верхній частині кімнати. Це створює градієнт температури вертикального типу, який характерний для витісняючої вентиляції: нижня шар приміщення завжди залишатиметься прохолоднішим і буде добре провітрюється, в той час як повітря старе, буде уносити тепло і забруднення які накопичилися у верхній частині.

Узагальнюючи, витісняюча вентиляція, охоплює використання фізичних властивостей повітря (густину, температуру, швидкість) з явищами конвекції та стратифікації для забезпечення оптимального повітрообміну та максимальної енергоефективності вентиляції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

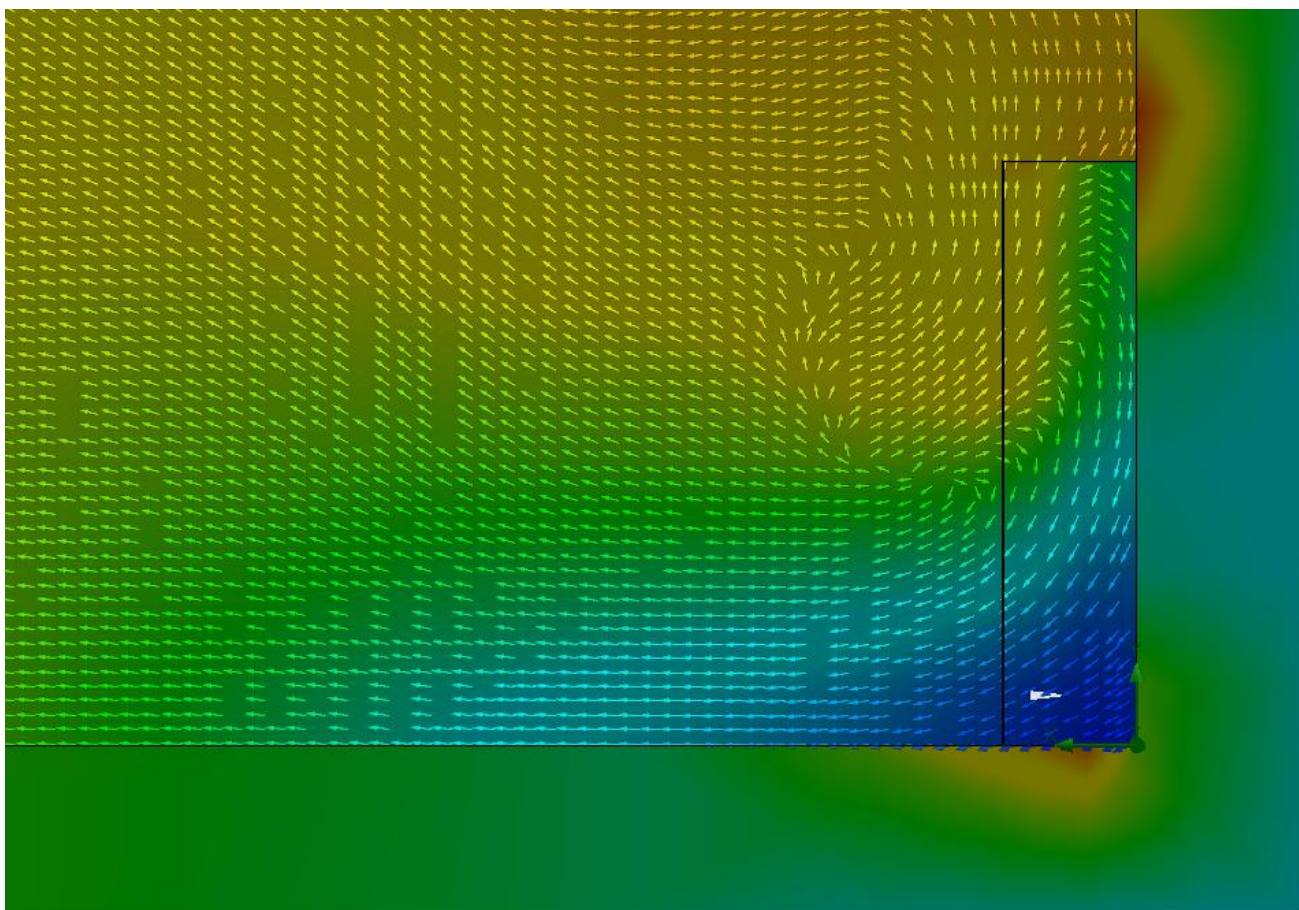


Рисунок 2.4.1 Розподіл температур на виході з тумби витісняючою вентиляцією (при кількості 3 тумб)

На рисунку 2.4.1, розрізі 1-1, 2-2, 3-3 аркушу 9, достатньо добре видно, що побудова ліній течії виявляє один з недоліків витісняючої вентиляції плоскими тумбами та решітками, а саме утворення зон розрідження між потоками повітря, так звану стратифікацію, що спричиняють підсмоктування повітря з верхніх шарів приміщення. Цей ефект уперше було описано к.т.н. Ганною Клименко у 2015 році [25]. Однак, запропоноване в [25] рішення - опукла повітророзподільна поверхня - займає корисну площу і створює додаткові незручності для переміщення людей. Тому у даній роботі прийнято саме плоскі тумби.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 66 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

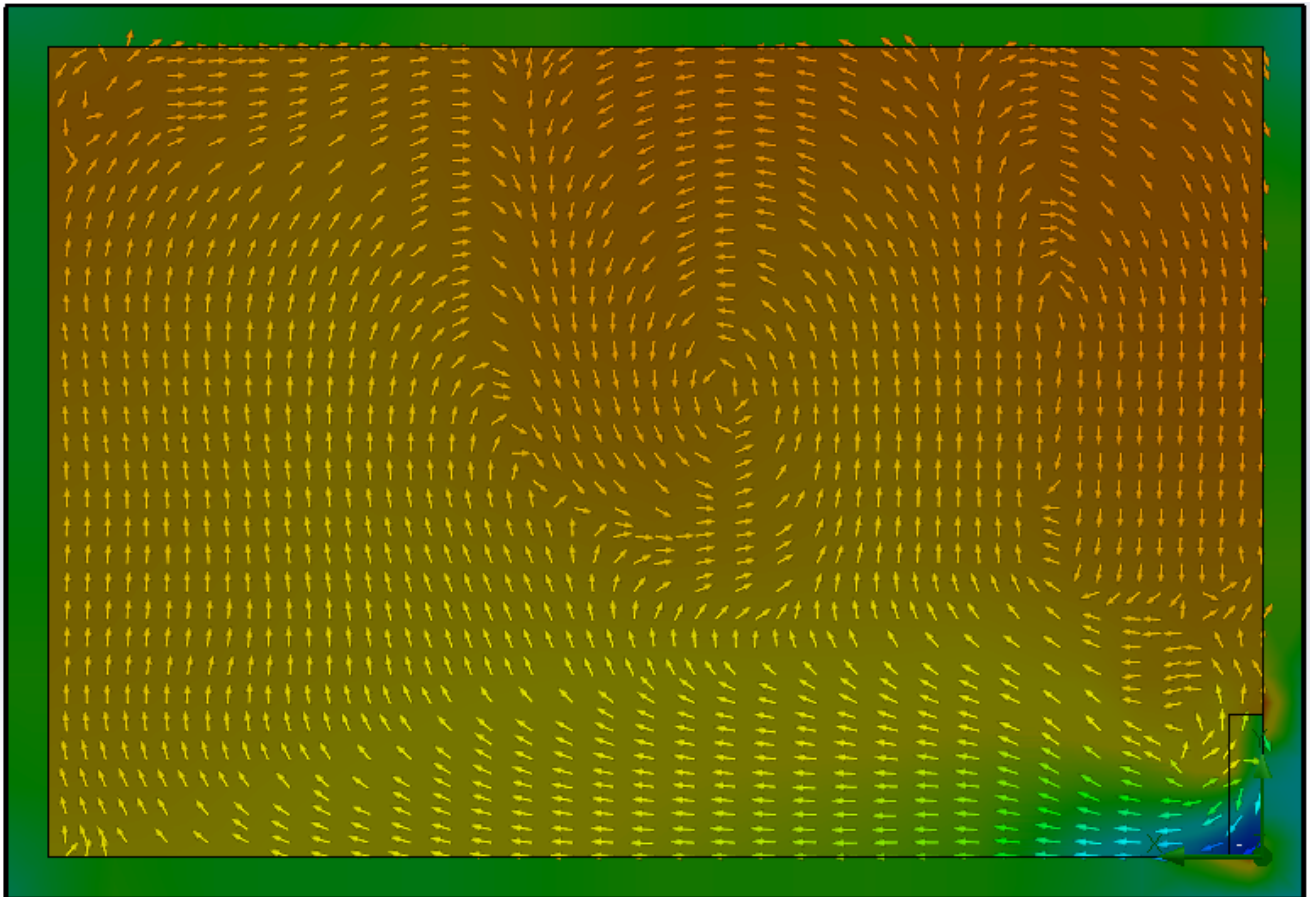


Рисунок 2.4.2 Розріз температурного графіку

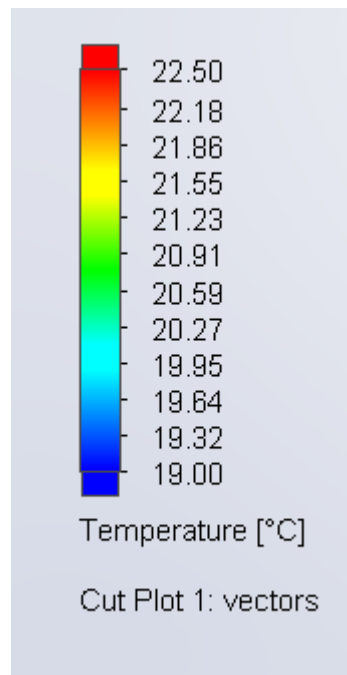


Рисунок 2.4.3 Температурний графік приміщення конференц залу при витісняючій вентиляції

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Згідно другого моделювання видно, що на вихідному отворі тумби витісняючої вентиляції створюється ламінарний потік повітря, паралельний підлозі (Рисунок 2.4.1, 2.4.2, і розріз 1-1 на аркуші 9). Цей потік створюється через конструкцією тумби і принципом роботи вентиляції, що витісняє: повітря подається у приміщення з дуже низькою швидкістю і температурою, найбільш схожі на комфортні умови, що запобігає утворенню великої кількості турбулентних потоків у всіх шарах приміщення. Це створюється стабільним паралельним примикаючим до підлоги шаром свіжого, охолодженого повітря, який постійно витісняє відпрацьоване повітря до гори, забезпечуючи стратифікацію та комфортний мікроклімат.

Повітряний потік з тумби в моделюванні, в розрізі схожий, наприклад з [1].

Порівняння результатів моделювання для змішувальна та витісняючого способу повітророзподілу повітря підкреслює кращий температурний градієнт витісняючої вентиляції для створення комфортного мікроклімату в приміщенні в порівнянні з змішуючою вентиляцією. При витісняючому способу повітророзподілення середня температура в робочій зоні приміщення становить близько 21 °С (Рисунок 2.4.2, 2.4.4). Температура у верхніх шарах приміщення не перевищує 22,2 °С, що свідчить про ефективну стратифікацію повітря та відсутність перегріву повітря в верхніх шарах приміщення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

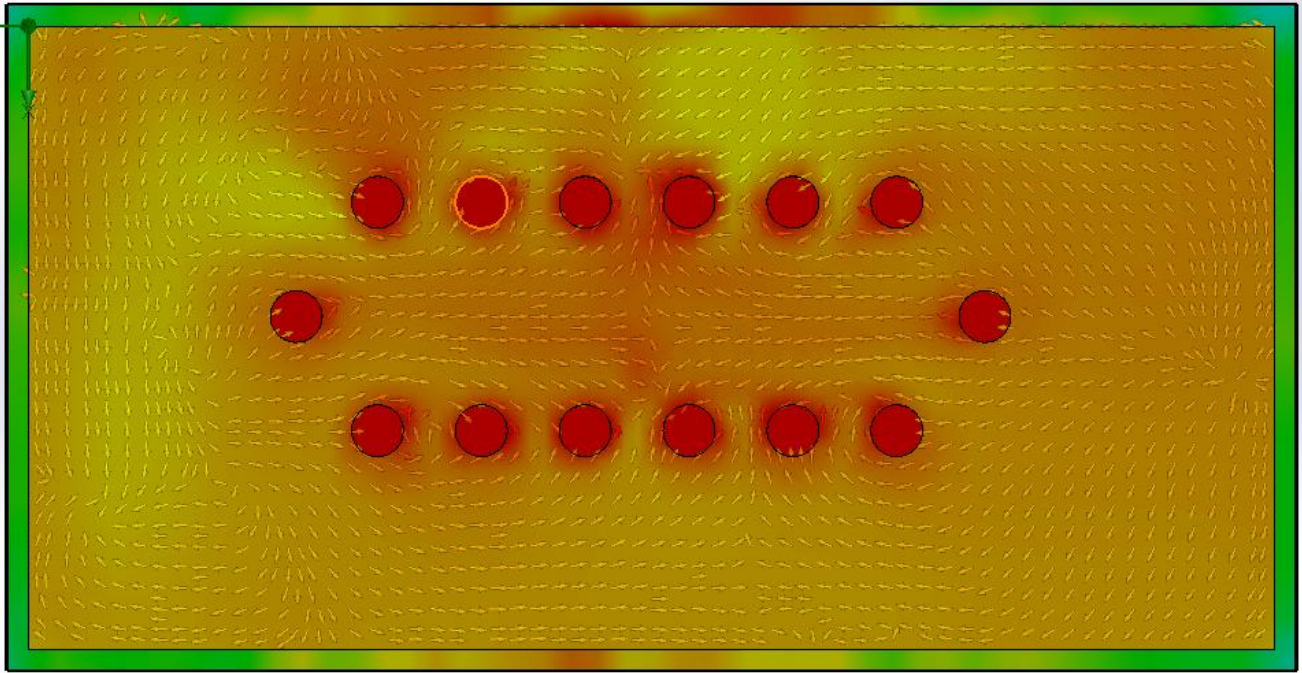


Рисунок 2.4.4 Розріз січний, діапазон на висоті +1,400 від рівня підлоги

Порівнюючи, з змішувальною вентиляцією, середня температура у робочій зоні сягає 22,5 °С, а верхній частині досягає — навіть 23,6 °С. Такий розподіл температури свідчить про менш ефективну циркуляцію повітря.

Таким чином, вентиляція, що витісняє повітря, забезпечує більш рівномірний і низький температурний профіль у всьому приміщенні, підтверджуючи переваги змішувальної вентиляції.

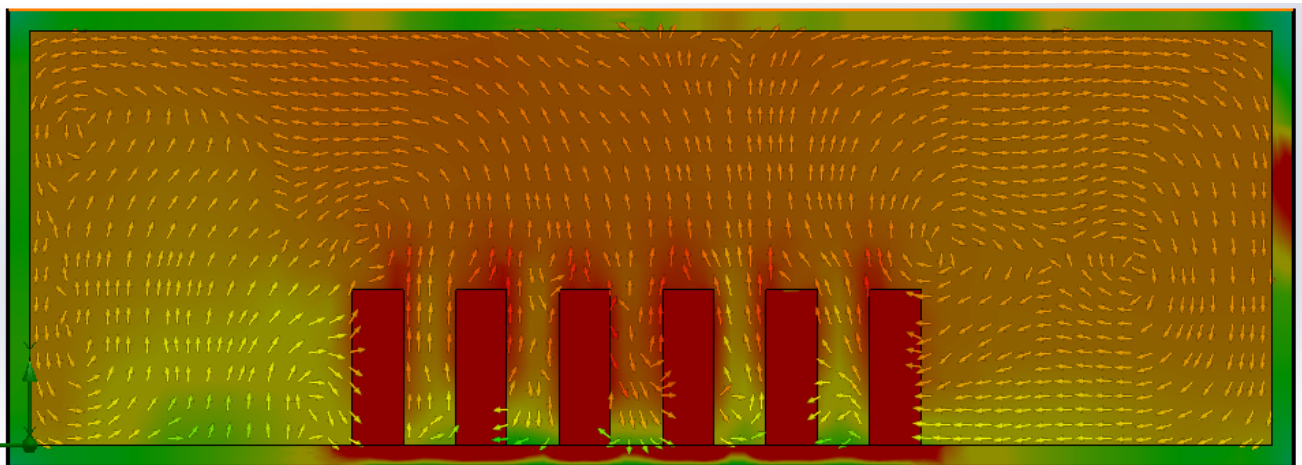


Рисунок 2.4.5 Розріз температурного графіку по довжині кімнати

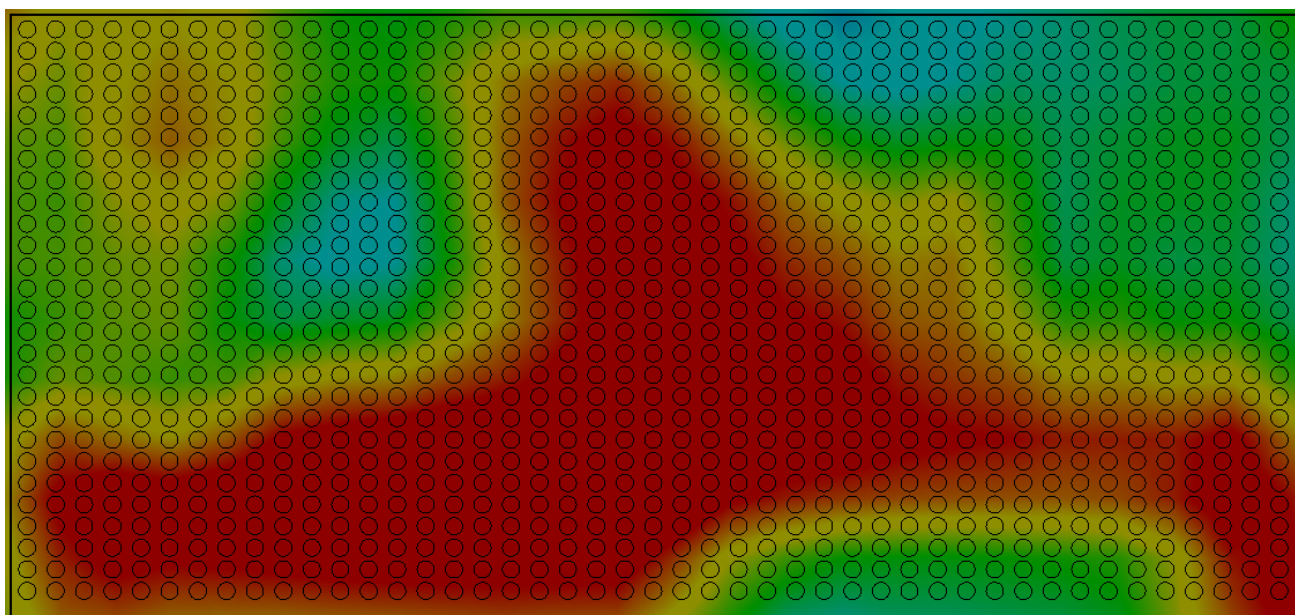


Рисунок 2.4.6 Розріз, швидкість на виході з тумби

Результати моделювання, представлені на листі 9, показують швидкість повітря в приміщенні, вона рідко перетинає межу — 0,65 м/с. Це значення, близьке до ідеальних, люди не відчують рух повітря взагалі, що виключає протяги.

Потрібно відзначити, що швидкість повітря майже завжди вертикальна: повітряний потік збільшується рахунок конвекційних потоків біля людей. Це підтверджує ефективність витісняючої вентиляції, при якій свіже повітря залишається у нижній частині приміщення, постійно піднімається в гору, особливо біля теплогенеруючих об'єктів, а теплий відпрацьований видаляється з верхньої частини приміщення.

У той же час, в деяких місцях видно утворення турбулентностей. Повітря відбивається від стіни і від підлоги піднімається до гори, потім усі потоки стикаються в центральній частині приміщення і певна кількість повітря опускається до низу. Але повернення тепла і CO₂ майже повністю можна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

виключити, адже система витяжних тумб розташована в протилежній стороні приміщення має видаляти більшу частину забруднень (Рисунок 2.4.7).

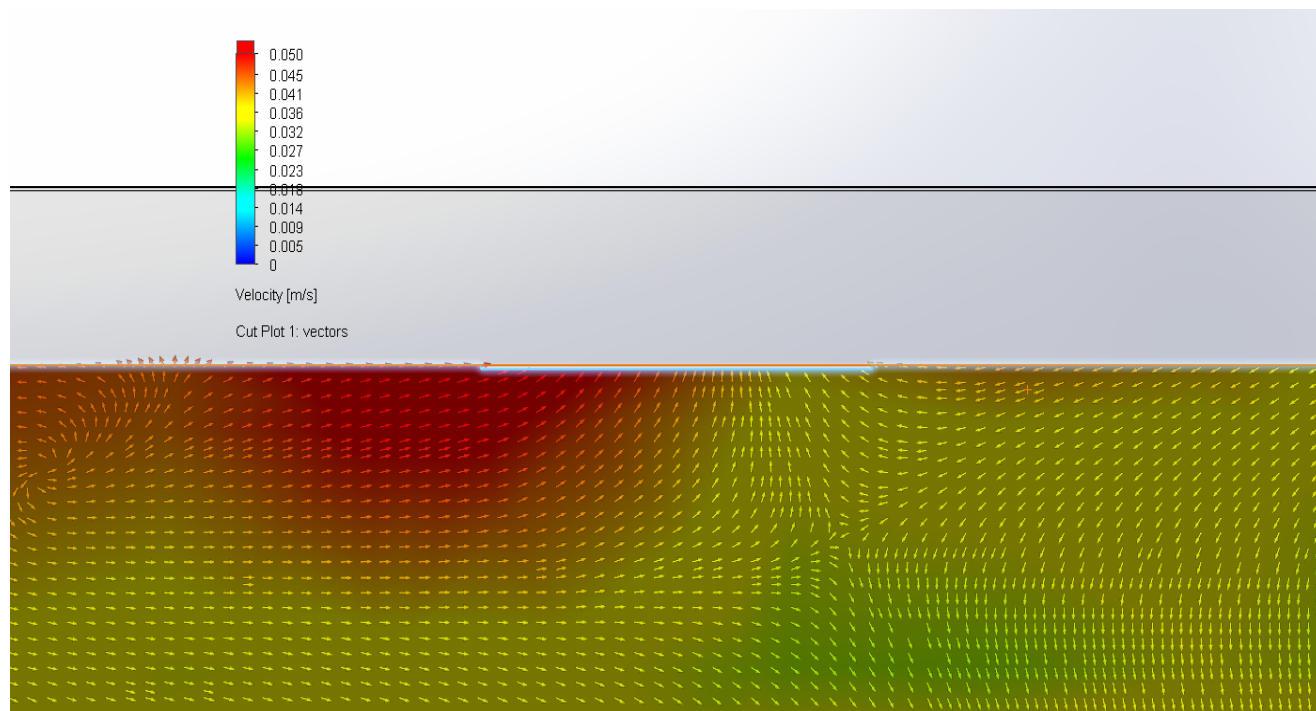


Рисунок 2.4.7 Розріз, швидкість на виході з приміщення

Розділ 2-2, аркушу 9 і малюнок 2.4.8, 2.4.9, розкриває ще одну особливість витісняючої вентиляції: вертикальні швидкості повітря в приміщеннях, де знаходяться люди з частини кімнати припливаючих тумб, значно нижчі. Це можна пояснити ефектом градієнта швидкості: в безпосередній близькості від людей ламінарний потік повітря є мінімальним, а з відстанню збільшується завдяки сукупному ефекту конвекції і протяжності припливної струмини повітря по довжині кімнати.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

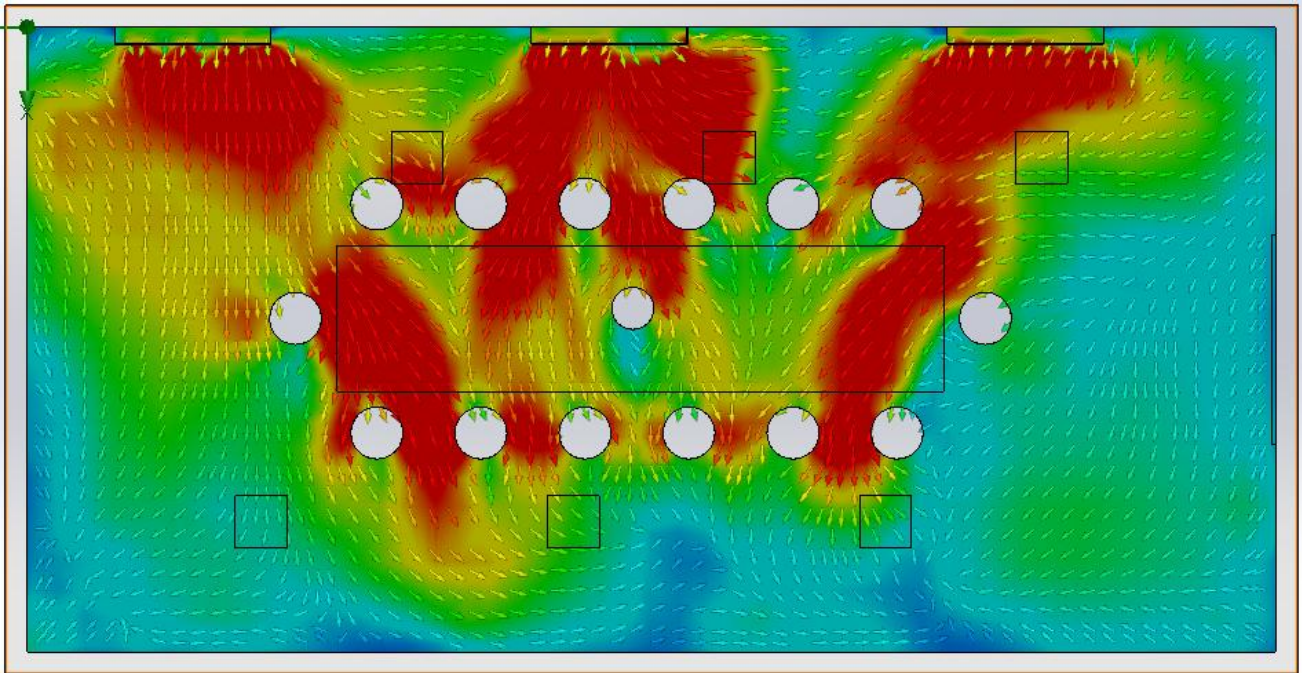


Рисунок 2.4.8 Розріз січний, діапазон на висоті +0,000 від рівня підлоги

На малюнку 2.4.8 досить чітко видно, що характерний режим витісняючої вентиляції, потоки спрямовані по діагоналі в центр приміщення. Потік свіжого повітря від тубб спрямований не горизонтально, а по діагоналі до центру приміщення. Цей напрямок зумовлено тепловими конвекційними потоками, що виникають у зонах найбільшого тепловиділення.

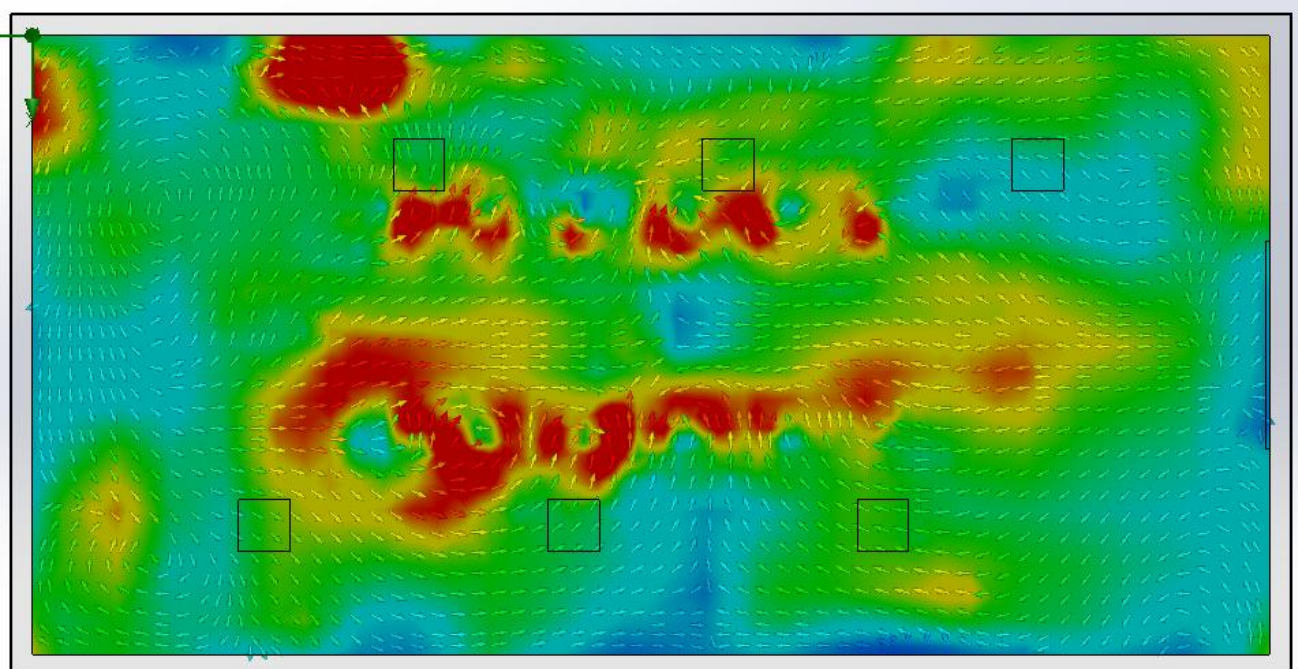


Рисунок 2.4.9 Розріз січний, діапазон на висоті +1,500 від рівня підлоги

Варто зауважити, що результати моделювання показують, що повітря в приміщенні практично не застоюється. Це означає, що повітряний потік дуже рівномірний і розподіляється по всьому приміщенню (Рисунок 2.4.9), а повітряні маси перемішуються, не утворюючи застійних зон.

Завдяки ламінарному потоку на виході з тумб свіже повітря рівномірно розподіляється до верхньої частини приміщення. Знижена турбулентність сприяє плавному видаленню теплого повітря з приміщення.

Дане моделювання схоже з описом повітророзподілу та рухом струмини повітря струмини з джерела [1].

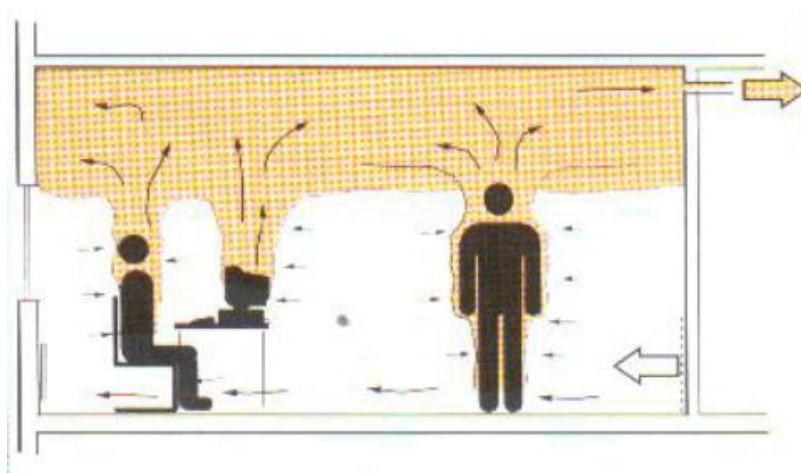


Рисунок 2.4.10 Повітряні та теплові потоки в приміщенні з витісняючою вентиляцією

Для висновку можна додати, витісняюча вентиляція – це сучасний та науково доведений метод регулювання мікроклімату в приміщеннях, що потребують високоякісних параметрів мікроклімату в приміщенні. Моделювання показало, що температура в робочій зоні становила приблизно 21 °C і не перевищувала 22,2 °C у верхньому шарі кімнати. При змішувальній вентиляції ці значення досягають 22,5 °C та 23,6 °C відповідно. Швидкість вітру в приміщенні всередньому на рівні 0,65 м/с, що відповідає майже ідеальним умовам, крім того, практично немає зон застоювання повітря. Ключова перевага

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 73 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

полягає у високій ефективності такого виду повітророзподілу: свіже повітря спрямовується безпосередньо в робочу зону.

Цей тип повітророзподілення особливо підходить для приміщень, де важливим є стійкий мікроклімат з високими вимогами до дотримання параметрів повітря, і в низькому рівні забруднюючих речовин, чи видаленню забруднюючих речовин, таких як запахи, аерозолі, хімічно небезпечні компоненти, мілкі тверді частинки які можуть потрапити в дихальні канали і осісти в легенях. Витісняюча вентиляція ідеально підходить для бібліотек та архівів, де підтримка постійної температури та вологості критично важлива для захисту документів та інших паперових виробів [2]. Вона також є гарним рішенням для медичних закладів, оскільки цілеспрямований вертикальний потік повітря з низькою турбулентністю, знижує ризик горизонтальної передачі запахів, бактерій та вірусів між пацієнтами. Крім того, витісняюча вентиляція ефективна в лабораторіях, де жорсткі норми до мікроклімату в приміщенні вентиляції та контрольована якість повітря необхідні для безпеки персоналу та точності експериментів. Таким чином, витісняюча вентиляція поєднує в собі комфорт, енергоефективність і гігієнічну надійність, що робить її ідеальним рішенням для приміщень з особливими вимогами до мікроклімату і чистоти повітря.

Витісняюча вентиляція, безперечно, має багато переваг у порівнянні з змішувальною вентиляцією. Вона може забезпечує більш рівномірний розподіл температури по приміщенню та більш стабільний, ламінарний повітряний потік, зменшується кількість застійних повітряних зон в приміщенні та створюється комфортний, з жорстким дотриманням до вимог мікроклімат у приміщенні за рахунок стратифікації повітряних мас та природної конвекції, яка утворюється від теплогенеруючих об'єктів. Проте реалізація такого типу систем обходиться в більші капітальні вкладення, ніж впровадження змішувальної вентиляції, оскільки для реалізації такої системи потрібно більш дорогі та функціональні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

повітророзподільники повітря, витісняюча вентиляція складніша в проектуванні і складніша в розрахунках. Тому вибір типу повітророзподілення системи вентиляції, має бути ретельно обгрунтований і заснований на ретельному аналізуванні всіх факторів: капітальних вкладеннях, бажанні замовника, архітектурних та експлуатаційних та технічних особливостей приміщення, кількості людей, рівня теплонадходжень в приміщення і вологості повітря. Тільки з урахуванням усіх цих аспектів можна запроєктувати оптимальну систему, що поєднує комфорт, енергоефективність, задоволення замовника та економічність.

2.5 Витісняюча вентиляція з двома повітророзподільниками (2 тумби)

Для дослідження впливу кількості та положення повітророзподільників витісняючої вентиляції на параметри мікроклімату у приміщенні буде проведено додатковий експеримент. Середнє з трьох встановлених сопел було видалено, його витрата повітря рівномірно розподілиться між двома крайніми тумбами. Загальний обсяг припливного повітря залишався незмінним, але конфігурація системи подачі повітря була змінена. Це дозволить оцінити вплив перерозподілу повітряного потоку на температурний градієнт приміщення, профіль потоку повітря та дасть змогу розглянути загальну ефективність такого типу повітророзподілу системи вентиляції.

Цей експеримент має велике практичне значення, оскільки фактичне проектування та експлуатація витісняючих вентиляційних систем часто потребують оптимізації габаритів розташування повітророзподільників системи.

Моделювання дозволяє отримати наочні дані про поширення тепла в залежності від висоти приміщення, швидкості повітря в робочій зоні та ефективності.

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | Арк. 75 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

Таким чином, дане моделювання є важливим кроком у дослідженні гнучкості системи витісняючої вентиляції та її адаптації до різних умов експлуатації примыщення. Це сприяє розробці практичних рекомендацій щодо оптимальної кількості та розташування розподільників повітря з урахуванням компромісу між комфортом, енергоефективністю та економічною ефективністю.

Подібні експерименти можуть дозволити удосконалити конструкцію систем витісняючої вентиляції. Видалення однієї тумби і перерозподіл повітряного потоку на тумби, що залишилися, створює нову схему руху повітря, яка може виявити сильні і слабкі сторони системи. Якщо результати моделювання суттєво впливають на розподіл температури, швидкість вітру або видалення забруднюючих речовин, проектне рішення слід переглянути.

Позитивні результати дозволяють оптимізувати кількість пристроїв, зменшити витрати на монтаж та експлуатацію, а також адаптувати систему до примыщень зі складною архітектурою. Негативні результати експерименту підтверджують необхідність збереження вихідної кількості та розташування тумб. Таким чином, моделювання може стати ключовим фактором у подальшому розвитку підходів до проектування систем витісняючої вентиляції та розробки нових рекомендацій та стандартів для забезпечення стабільного та комфортного мікроклімату у примыщеннях.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 76 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

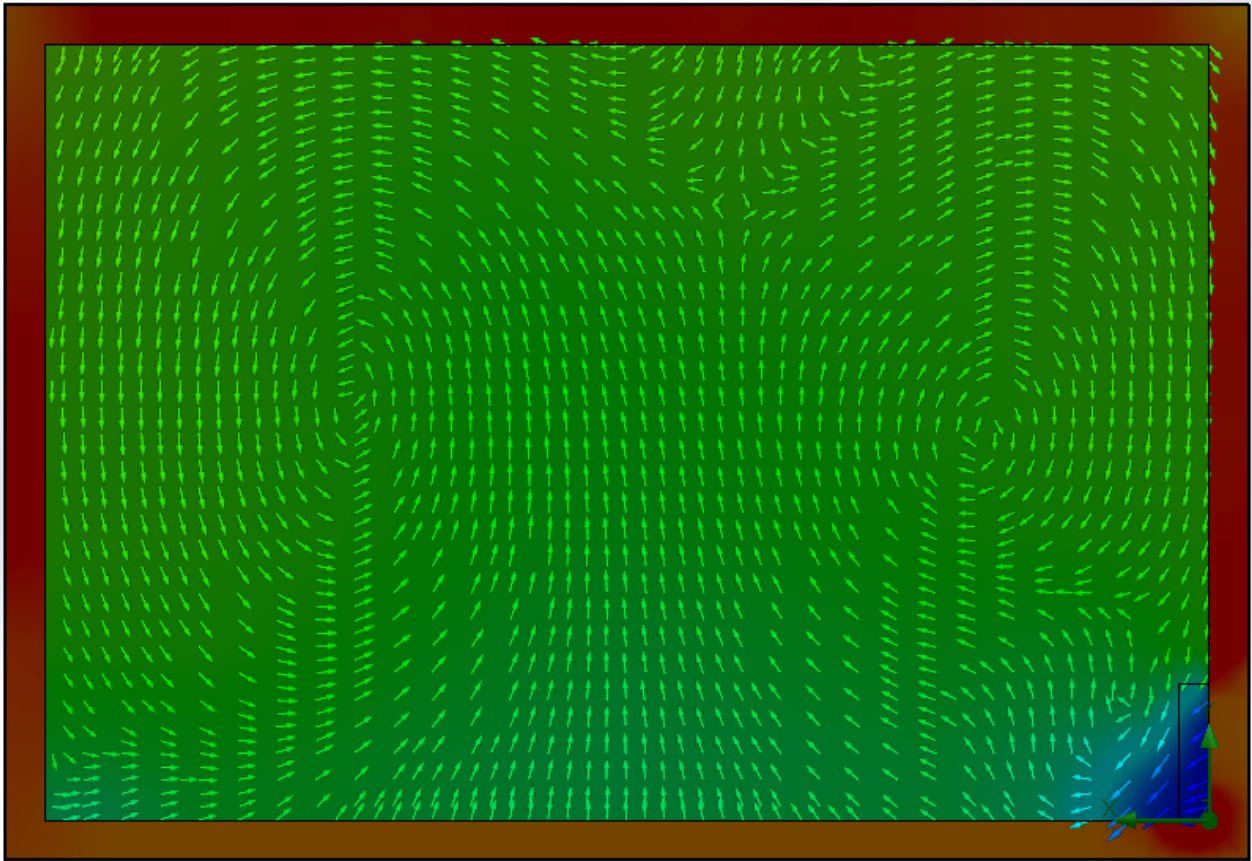


Рисунок 2.5.1 Розріз температурного розподілення в приміщенні при витісняючій вентиляції з двома тумбами

На рисунку 2.5.1 чітко видно тенденцію до зниження загальної кривої температури в приміщенні в цілома, що вказує на охолодження внутрішнього повітря та перерозподіл теплового потоку. Це зниження відображає теплообмін між повітрям, що подається, та теплогенеруючими об'єктами в приміщенні. Важливо зазначити, що конвективні потоки не є лінійними чи рівномірними, а пов'язані двома окремими циркуляційними колами, які утворюються в приміщенні, охоложене повітря з повітропідігрівачі не досягає протилежного боку кімнати. Така схема циркуляції повітря типова для систем, де теплові та аеродинамічні фактори взаємодіють складним чином: утворюються замкнуті зони циркуляції, які, забезпечуючи перемішування повітря, також можуть створювати локалізовані градієнти температури.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 77 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

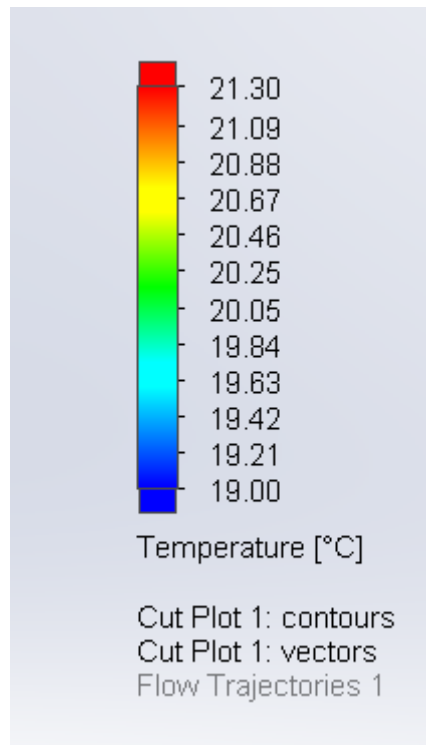


Рисунок 2.5.2 Температурний графік приміщення конференц залу при витісняючій вентиляції при 2 повітророзподільвальних тумбах

Даний рисунок важливий для аналізу ефективності вентиляції, оскільки циркуляційні петлі іноді можуть не сприяти рівномірному розподілу температури, створюючи зони підвищеного або зниженого теплового комфорту. Вони впливають на швидкість видалення надлишкового тепла та забруднюючих речовин і визначають тип циркуляції повітря на робочому місці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 78 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

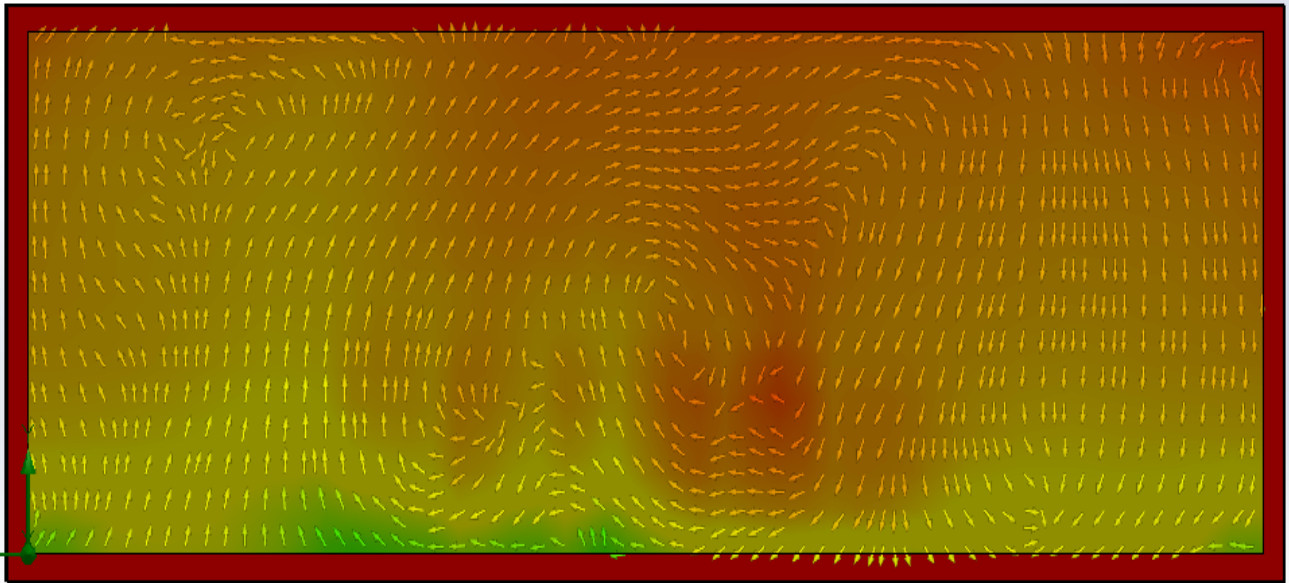


Рисунок 2.5.3 Розріз температур 3-3

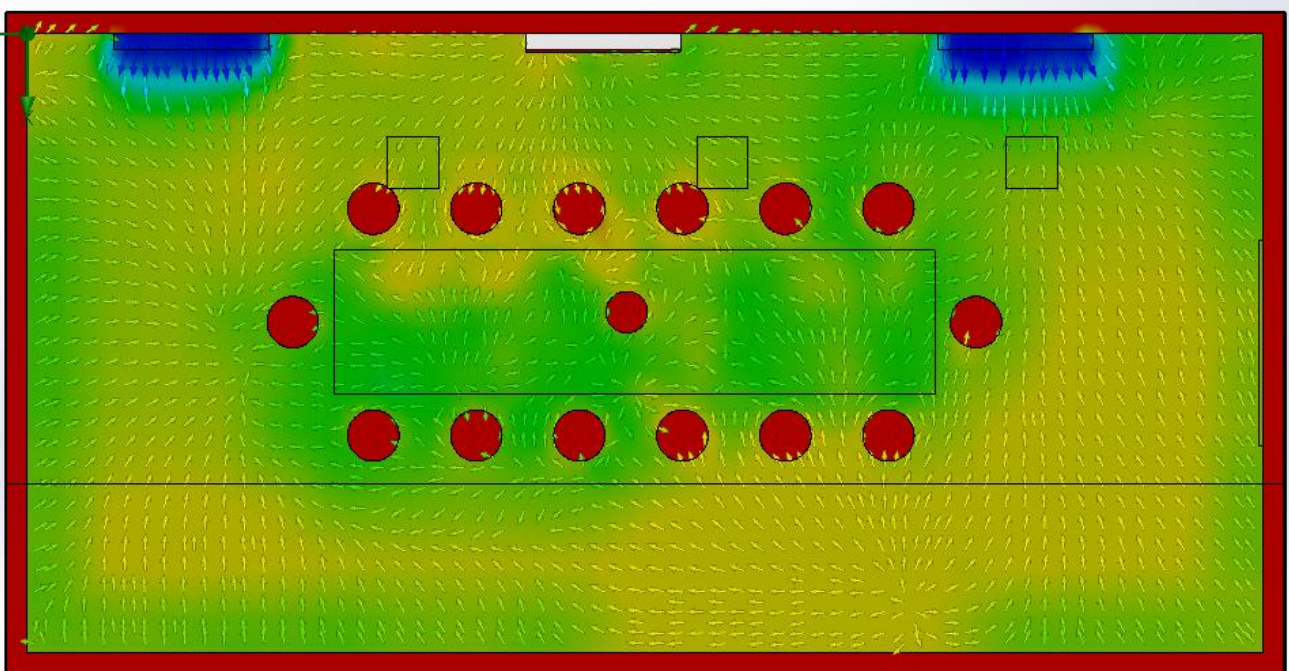


Рисунок 2.5.4 Розріз січний, діапазон на висоті +0,100 від рівня підлоги (температурний)

На рисунках 2.5.3 та 2.5.4 ми можемо спостерігати, що діапазон температур у приміщенні на висоті +0,100 від рівня підлоги, став значно менше, тобто зменшилася різниця температур між різними зонами. Це свідчить про більш рівномірний розподіл теплової енергії, яку можна використовувати для

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 79 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

задоволення певних вимог, таких як підтримка стабільного мікроклімату в приміщеннях, що потребують високої рівномірності температури і постійного тепловидалення з приміщення, або оптимізація енергоспоживання системи кондиціонування повітря. Зменшений діапазон температур призводить до більш ефективної роботи системи та зменшення ризику локального перегріву або переохолодження.

Водночас, на рисунку 2.5.5 чітко видно, що швидкість повітряного потоку в нижніх шарах приміщення зменшилася. Це може мати як позитивні, так і негативні наслідки: з одного боку, нижча швидкість зменшує ризик протягів та покращує комфорт користувача в робочому просторі; з іншого боку, надмірно низька швидкість може призвести до менш ефективного видалення тепла та забруднюючих речовин з нижніх шарів. Це скоріш за все викликане тим, що повітря не встигає по підлозі просунути по підлозі кімнати, як при моделюванні 2. Результати моделювання показують, що система створює більш рівномірний температурний режим; однак, необхідний подальший аналіз для забезпечення оптимальних швидкостей повітряного потоку в робочому просторі. Це дозволяє розробити практичні рекомендації щодо подальшої оптимізації системи вентиляції та кондиціонування повітря.

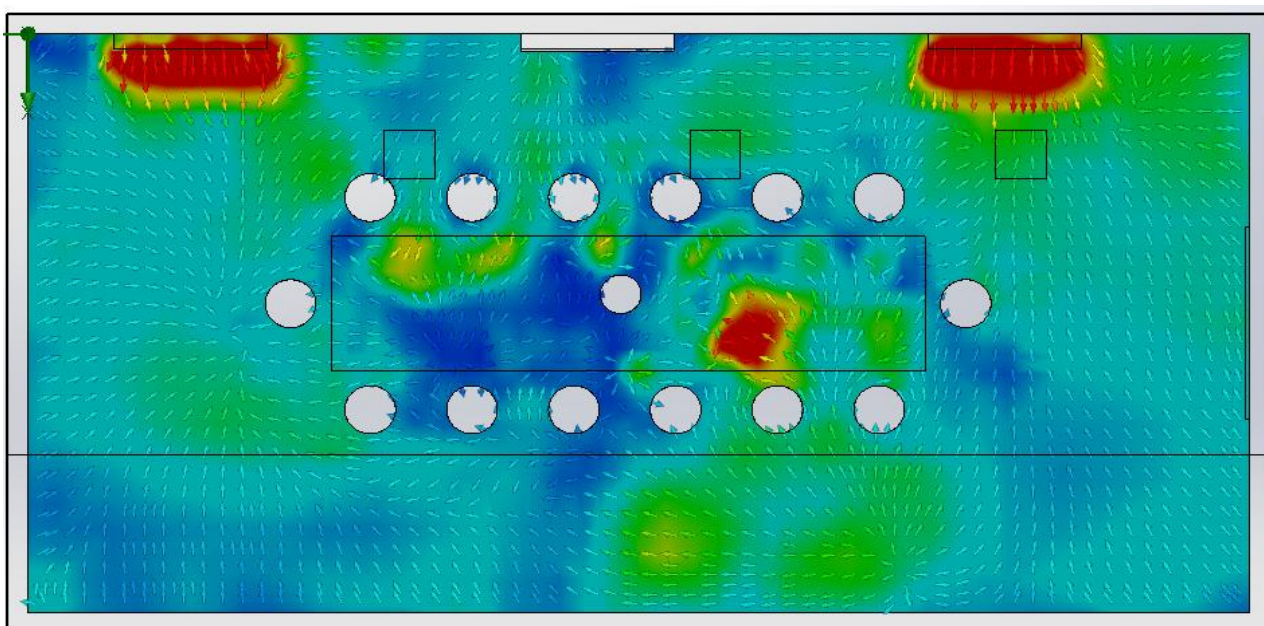


Рисунок 2.5.5 Розріз січний, діапазон на висоті +0,100 від рівня підлоги (швидкісний)

Після аналізу верхніх січних перерізів приміщення, для системи витісняючої вентиляції з двома тумбами системи стало зрозуміло, що ця тенденція характерна для нижнього шару приміщення. На рисунках 2.5.6, 2.5.7 та 2.5.8 показано, що хоча розподіл повітря в цій зоні присутній, він менш контрольований. Схема потоку повітря не відповідає чітко визначеній схемі, як в моделюванні 2, і його шлях стає більш нерівномірним, що може призвести до локалізованих зон зі зниженою вентиляцією або нерівномірною температурою.

Такий спосіб повітророзподілу може бути непридатним для певних приміщень зі специфічною експлуатацією та завданням, зокрема лабораторій або виробничих зон, де виділяються хімічно активні речовини, небезпечні для людини. У цих умовах вкрай важливо забезпечити ідеально контрольований потік повітря, щоб запобігти утворенню застійних зон та неконтрольованих циклів рециркуляції, щоб повітря видалялося, знизу до гори рівномірно і не викликало перетікання по приміщенню. Якщо потоки повітря утворюють замкнуті контури або стають менш передбачуваними, це не призвести до накопичення шкідливих забруднювачів у робочій зоні та тому що повітря всеш таки в основному видаляється, але менш контрольовано.

У лабораторіях та приміщеннях, де існує ризик викидів небезпечних речовин, зазвичай використовуються вентиляційні системи зі визначеним, контрольованим напрямком потоку повітря — від чистих приміщень до зон потенційного забруднення, а також витісняюча вентиляція або локалізована витяжка. Це мінімізує концентрацію шкідливих речовин у робочій зоні та забезпечує їх ефективне видалення. Результати моделювання, що вказують на менш контрольований розподіл повітря, можуть служити орієнтиром для правильного вибору проектування та забезпечення безпечних умов праці в приміщеннях з високими вимогами до мікроклімату та чистоти повітря.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|------------|
| | | | | | | | Арк. 81 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

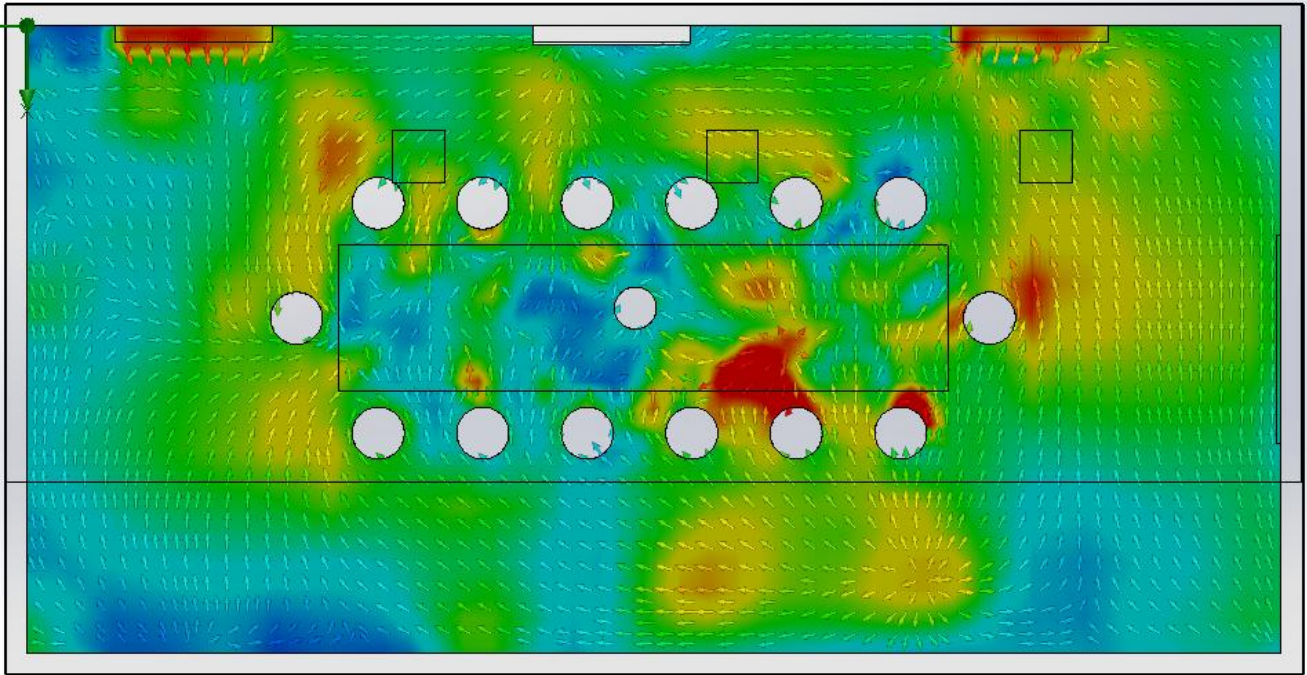


Рисунок 2.5.6 Розріз січний, діапазон на висоті +0,500 від рівня підлоги (швидкісний)

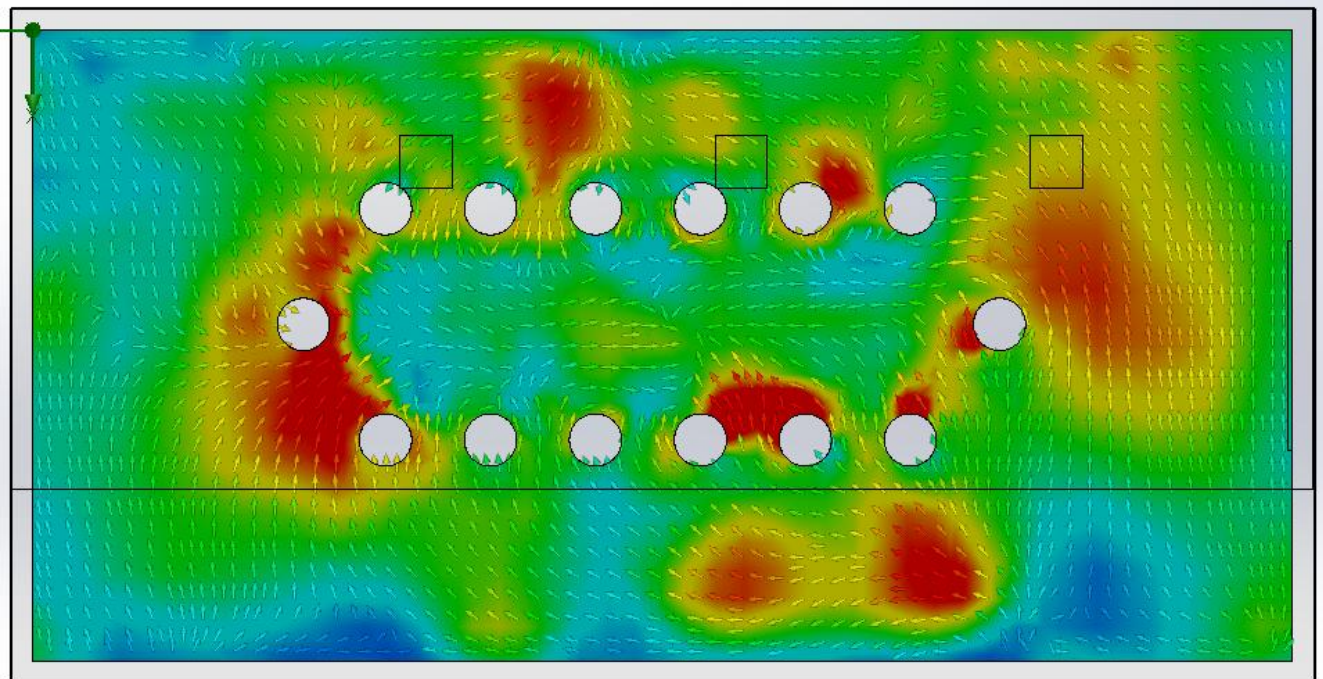


Рисунок 2.5.7 Розріз січний, діапазон на висоті +1,000 від рівня підлоги (швидкісний)

Це явище важливе для аналізу ефективності системи, оскільки нижній шар приміщення є робочою зоною для мешканців, і мікрокліматичні параметри тут повинні бути найбільш стабільними та контрольованими. Знижений контроль потоку повітря може свідчити про те, що розміщення повітророзподільвальних тумб потребує подальшої оптимізації або коригування швидкості потоку повітря, щоб забезпечити рівномірний розподіл та уникнути застійних зон. Підсумовуючи, результати моделювання показують, що система загалом підтримує циркуляцію, але потребує вдосконалення для досягнення кращого контролю в нижніх шарах приміщення.

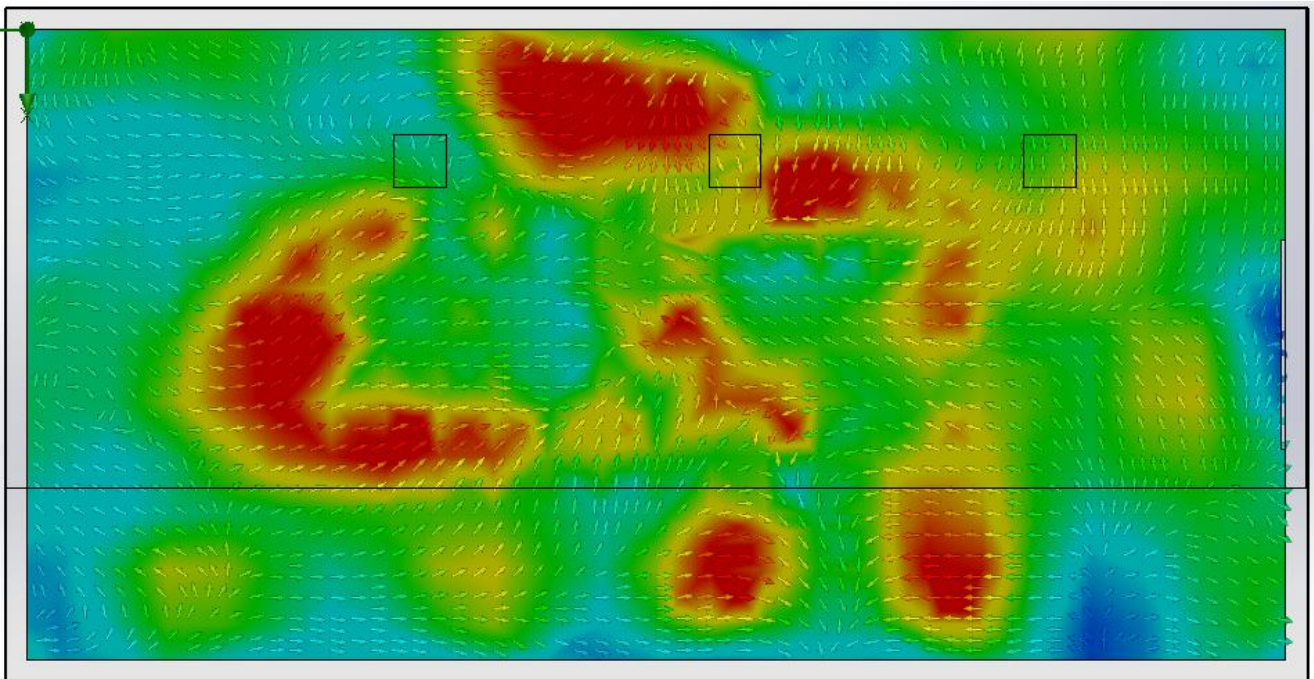


Рисунок 2.5.8 Розріз січний, діапазон на висоті +2,000 від рівня підлоги (швидкісний)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 83 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

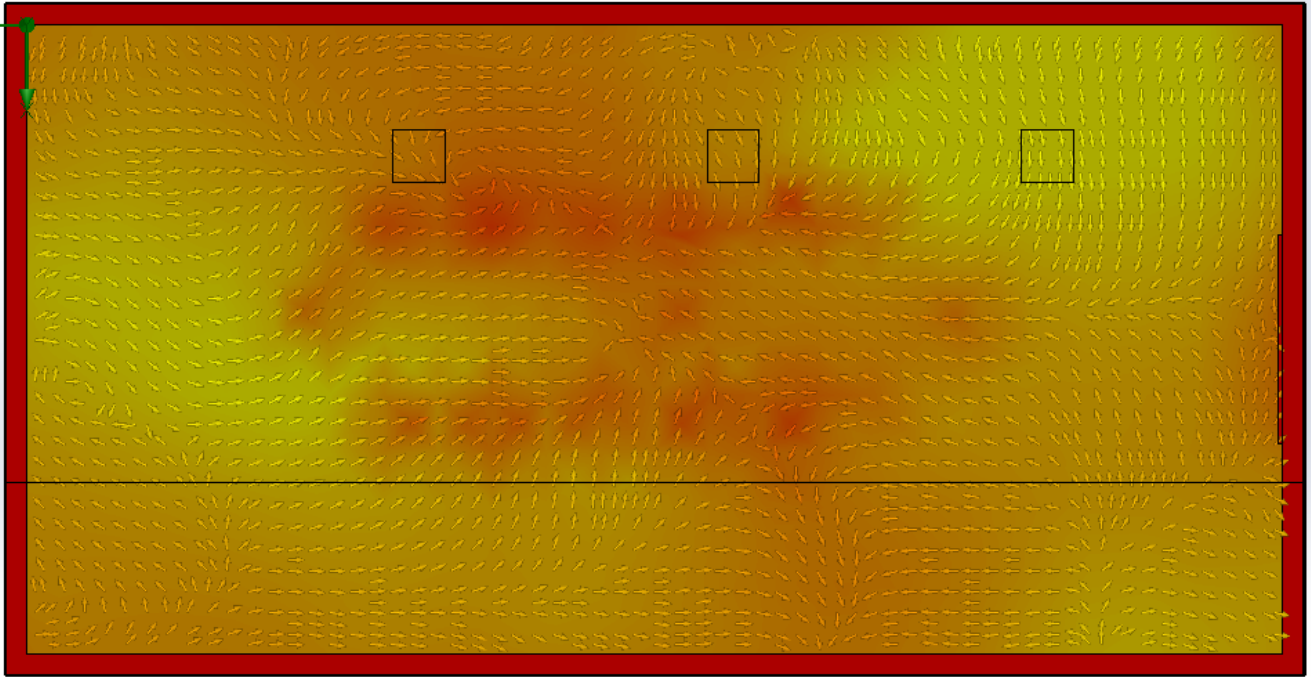


Рисунок 2.5.9 Розріз січний, діапазон на висоті +2,000 від рівня підлоги (температурний)

На рисунку 2.5.9 показано, що температурні показники у верхній частині робочої зони становить приблизно від 20 до 21 °С, що нижче, ніж в інших моделях. Це свідчить про ефективніше охолодження верхніх шарів приміщення та більш рівномірний розподіл тепла. Цей результат важливий для комфортного клімату в приміщенні, оскільки нижча температура у верхній зоні зменшує ризик накопичення тепла та перегріву – особливо важливий аспект у великих приміщеннях з високою тепловіддачею. Порівняння з іншими моделями показує, що така специфічна конфігурація вентиляції сприяє стабільнішому температурному режиму, хоча потрібен подальший аналіз поля потоку та рівномірності розподілу повітряного потоку в робочій зоні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 84 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

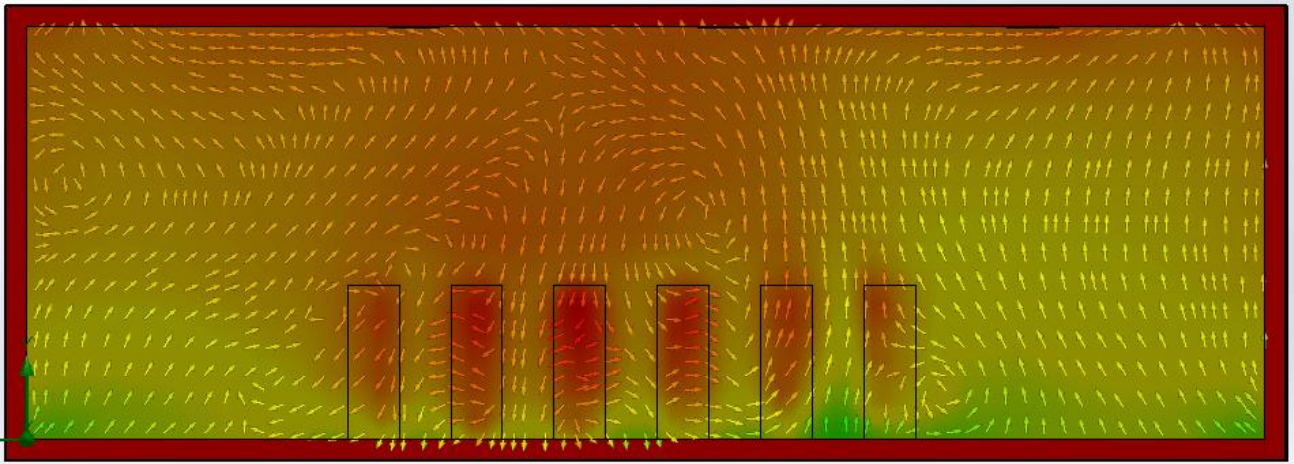


Рисунок 2.5.10 Розріз 2-2 (температурний)

Малюнок 2.5.11 ілюструє характеристику повітряного потоку: повітря з віддалених зон приміщення активно сходиться до центру, де формується теплове ядро. Це створює вихори, що утворюють замкнуті циркуляційні петлі. Такий розріз потоку демонструє складну взаємодію теплових та аеродинамічних факторів, що впливають на розподіл температури та швидкості всередині приміщення.

Такі завихрення можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки. З одного боку, воно сприяє інтенсивному перемішуванню повітря, що призводить до більш рівномірного розподілу температури та зниження локального перегріву. З іншого боку, неконтрольовані зони циркуляції можуть призвести до утворення застійних зон або неоднорідного розподілу мікрокліматичних параметрів у робочому просторі. Цей момент особливо важливий при проектуванні систем вентиляції для приміщень, що потребують високої та стабільної якості повітря у приміщенні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 85 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

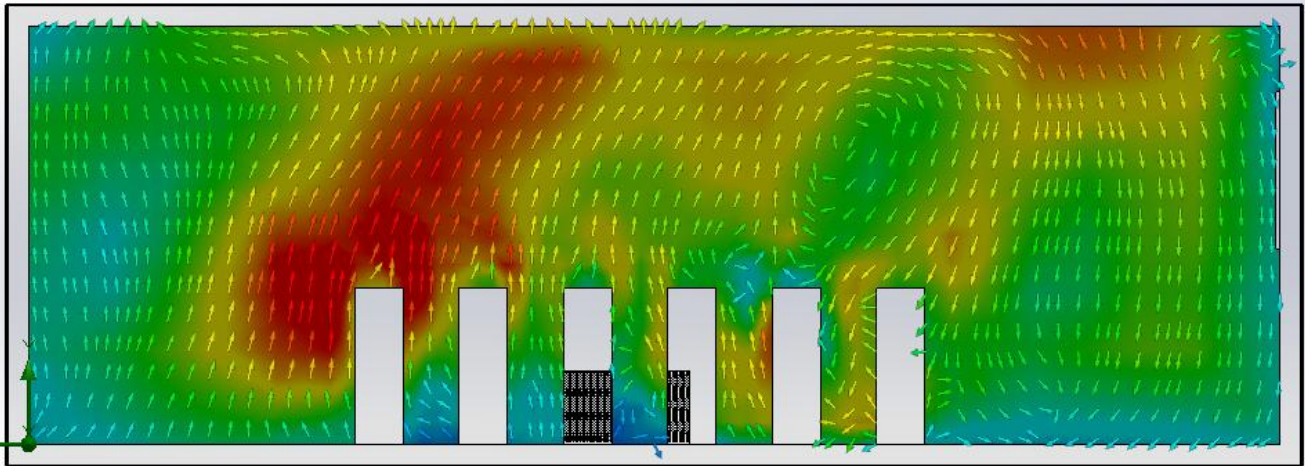


Рисунок 2.5.11 Розріз 1-1 (швидкісний)

На розрізах 1-1, 2-2, 4-4 аркушу 10, ми можемо спостерігати той самий негативний ефект при повітророзподілі двома тумбами, як і при повітророзподілі трьома тумбами, підсмоктування повітря зверху вниз. Через те, що в центрі приміщення знаходиться теплогенеруюче ядро, воно спонукає потоки повітря, викликані конвекцією, до масового перетікання вгору, ми можемо це спостерігати також на рисунку 2.5.11.

2.6 Висновки

Змішувальна система вентиляція є найрозповсюдженішим методом способу повітророзподілення систем вентиляції для підтримки оптимального мікроклімату в приміщеннях. Її головне завдання — видалення надлишку тепла, вологи, пилу та газоподібних забруднювачів, одночасно подаючи свіже повітря для створення комфортного та безпечного середовища в приміщенні.

Змішувальна вентиляція характеризується широким охопленням приміщення, забезпечуючи рівномірний розподіл повітря. На відміну від локалізованої вентиляції, яка впливає лише на певні зони, загальна система вентиляції забезпечує збалансований клімат у приміщенні. Це може бути система припливного повітря, система витяжного повітря або система, яка

поєднує припливне та витяжне повітря з рекуперацією тепла, тим самим знижуючи витрати енергії.

Змішувальна вентиляція є фундаментальним рішенням для комфортного та легкого способу підтримання параметрів мікроклімату в приміщенні промислових, громадських та житлових будівель. Її професійне планування визначає якість клімату в приміщенні та загальну ефективність системи.

Хоча система змішуючої вентиляції має переваги у створенні базового мікроклімату в приміщенні за відносно невеликі капітальні вкладення, в ній також є недоліки, які необхідно враховувати під час проектування та впровадження в експлуатацію. До основних недоліків відносяться утворення зон застою повітря, які можуть призвести до накопичення тепла, вологості або забруднюючих речовин у робочій зоні, а також нерівномірний розподіл свіжого повітря по приміщенню. Це може створювати локальні зони з різними параметрами мікроклімату, що негативно позначається на комфорті та безпеці людей, що знаходяться в приміщенні. Крім того, система змішувальної вентиляції потребує значного енергоспоживання для забезпечення активного повітрообміну у великих приміщеннях. Оскільки система охоплює весь обсяг приміщення, також важко точно контролювати локальні умови. Неправильний розподіл повітряного потоку може дозволити забруднюючі речовини з небезпечних зон проникати в чисті зони, створюючи тим самим додаткові ризики.

Моделювання системи витісняючої вентиляції з трьома повітророзподільвальними тумбами показало, що така конфігурація забезпечує найбільш рівномірний та контрольований розподіл повітря в приміщенні. Завдяки збільшеній кількості отворів для припливного повітря, свіже повітря надходить у робочу зону, не створюючи значних зон застою чи перетікання назад в робочу зону, а тепле, застоє повітря ефективно відводиться у верхню частину приміщення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 87 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це призводить до стабільнішого клімату в приміщенні: різниця температур між різними зонами мінімальна, що сприяє комфортному середовищу в приміщенні. Потік повітря в нижніх шарах приміщення залишається достатнім для забезпечення належної вентиляції без перевищення допустимих норм і, таким чином, запобігання протягам.

Використання трьох повітророзподільвальних тумб, забезпечує більш рівномірний та контрольований розподіл повітря. Температура залишається стабільною, коливання температури мінімальні, а потік повітря в нижніх шарах забезпечує комфортний клімат у приміщенні. Така конфігурація забезпечує оптимальний баланс між енергоефективністю та якістю клімату в приміщенні, що робить її особливо придатною для приміщень з високими вимогами до вентиляції.

Зменшення кількості тумб до двох призводить до менш контрольованого розподілу повітря, що сприяє утворенню петель рециркуляції та локалізованих зон застою. Якщо загальний діапазон температур зменшується, швидкість повітря в нижніх шарах значно падає. Така ситуація може бути придатною для стандартних приміщень, але вона не відповідає вимогам лабораторій або потенційно вибухонебезпечних середовищ, де точне регулювання потоку повітря є важливим.

Моделювання системи витісної вентиляції з двома повітророзподільниками показало, що зменшення кількості повітряних вихідних отворів суттєво впливає на швидкість і температуру повітря в приміщенні. У цій конфігурації розподіл повітря менш керований, що створює певні циркуляції повітря та локальні зони застою, особливо в нижній зоні приміщення. Це знижує ефективність видалення тепла та забруднюючих речовин.

Загальний діапазон температур у приміщенні зменшується, а швидкість повітря в нижніх частинах робочої зони також стає меншою. Це може призвести

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | Арк. 88 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

до недостатнього перемішування та менш ефективного видалення шкідливих забруднюючих речовин, що особливо важливо для лабораторій та зон, де викидаються небезпечні матеріали.

Тому система з двома дифузорами може підійти для стандартних приміщень, де чистота та стабільність якості повітря в приміщенні не є критичними вимогами. Однак для приміщень з високими вимогами до безпеки та комфорту ця конфігурація менш ефективна та вимагає подальшої оптимізації або використання більшої кількості дифузорів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 89 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ

Студентка / Мамрикова Д.Д. /

Консультант / _____ /

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 90 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.1 Загальні відомості про охорону праці.

Охорона праці — це головна складова кожного будівельного і виробничого процесу, тому перед будівництвом, або під час планування потрібно передбачити аспекти безпеки людей на робочому майданчику. Основне завдання це передбачити можливі небезпеки для здоров'я працівників, а також унеможливлення ризику та нещасних випадків, чи професійних захворювань. Правова та законодавча база охорони праці в Україні включає перш за все:

- Трудовий кодекс України, Закон України "Про охорону праці;
- Нормативні акти, видані Кабінетом Міністрів, Міністерством соціальних справ та іншими відповідними органами;
- Закон України "Про охорону праці"

Дані документи попередньо визначили права та обов'язки, як і роботодавців, так і працівників, запобіжні заходи, що передбачують безпечні умови праці на будівництві. Основні принципи охорони праці на виробництві завжди включають пріоритет життя та здоров'я працівників над виробничими процесами, завдання і відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці, запобігання нещасним випадкам на виробництві та професійним захворюванням шляхом проведення профілактичних заходів, а також навчання та підвищення кваліфікації працівників шляхом регулярних зустрічей та тренінгів. У сфері монтажу вентиляційних систем в приміщеннях різного призначення включають практичні заходи охорони праці, використання сертифікованих інструментів роботи та засобів індивідуального захисту під час встановлення та обслуговування, дотримання норм електробезпеки (перевірка ізоляції кабелів, заземлювального обладнання), контроль рівня шуму та вібрації, запобігання витокам шкідливих газів та регулярну перевірку фільтрів. Також важливо навчити працівників правильної експлуатації вентиляційних систем та процедур, яких слід дотримуватися у разі аварії чи пожежі, а також вести документацію, включаючи записи про навчання, плани евакуації та звіти про перевірку, в актуальному стані. Тому безпека праці у вентиляційних системах

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 91 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|--|---|
| Метрологічні параметри середовища на виробництві | Монтаж конструкцій та експлуатація систем | t= 20-22 °C φ = 60-40% V=0,2-0,4 м/с | ДСН 3.3.6.042-99 |
| Освітлення робочих приміщень | Встановлення санітарно-технічних конструкцій, опоряджувальні внутрішній та зовнішні роботи | 30 лк 30 лк 50 лк 30 лк | ДСТУ Б А.3.2-15:2011 |
| Звукове середовище на робочому місці | Використання будівельного інструменту, механізмів та експлуатація обладнання | < 80дБ А < 80дБ А < 80дБ А | ДСН 3.3.6-037-99 ДБН В.1.2 10:2021 |
| Пожежна безпека | Протипожежний захист | II ступ. вогнестійк. категор. пож.безп В | ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2021 |
| Токсичні або небезпечні речовини | Зварювальні – ацителен; Опоряджувальні - ацетон | ГДК 300 мг/м ³ ГДК 300 мг/м ³ | Наказ МОЗ України №1596 від 14.07.2020 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 93 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | |
|--|--|---|---|
| Електричне ураження | Електромонтажні, Зварювальні, Освітлення Машини і механізми | 220 В 380 В 220 В 220 В, 380 В | ДСТУ Б В.2.5-82:2016 ДБН А.3.2-2-2009 |
| Падіння людини з висоти | Монтажні роботи а) зовнішні б) внутрішні | Н = 37,7 м Н=37,7 м Н=4,4 м | НПАОП 0.00-1.80-18 |
| Падіння матеріалів та конструкцій з висоти | Монтажні, Покрівельні, Опоряджувальні а) зовнішні б) внутрішні | Н = 37,7 м Н = 37,7 м Н = 37,7 м Н = 4,4 м | НПАОП 0.00-1.80-18 |

3.3 Заходи профілактики виявлених факторів

3.3.1 Основні вимоги до безпеки

Під'їзні шляхи, доріжки та робочі зони на будівельному майданчику повинні бути вільними від будь-яких перешкод, з забезпеченням безперешкодного шляху, які можуть становити небезпеку для працівників на майданчику. В холодні періоди року при температурі нижчою за температуру замерзання ґрунту, дані зони обов'язково потрібно посипати піском або іншим антидифузійним шаром, щоб зменшити ризик ковзання по підлозі та запобігти травмам на виробництві. Майданчики, які повинні бути попередньо передбачені для завантаження та розвантаження різноманітних матеріалів, повинні бути, попередньо підготовлені, тобто, рівними та мати максимальний ухил куту 5°, щоб забезпечити стабільне транспортування, унеможливлення ковзання вантажу, або його перевертання, наприклад повітропроводів круглого перерізу, та безпечні умови праці, мінімізуючи ризики. Входи з будівель, що будуються, мають бути обладнані спеціально передбаченими бар'єрами: їхня ширина

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 94 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

повинна відповідно відповідати ширині входу та повинні виступати від попередньо зазначеної ширини, щонайменше на 2 метри від огорожувальної конструкції, щоб захистити учасників виробничого процесу від предметів, що ненавмисно можуть падати по всій висоті робочої зони. Учасники робочого процесу, такі як, різноробочі різних спеціальностей, різних кваліфікацій від інженерів і до монтажників, технологів, мають бути забезпечені спеціальним спецодягом, захисним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно врахування всіх аспектів виробничого процесу, що відповідають чинним стандартам. Це включає, залежно від певного виду робіт, каски, рукавички, захисні окуляри та респіратори. Сантехнічні та технічні роботи повинні бути завершені до початку основних будівельних та монтажних робіт. Ці зони повинні включати місця для зберігання аптечок першої допомоги та медикаментів, а також місця для відпочинку, душові, туалети та шафки для особистих речей. Наявність таких зон забезпечує швидке реагування у разі надзвичайної ситуації, підтримує гігієну та створює комфортні умови праці.

3.3.2 Заходи щодо запобігання ризикам на будівельному майданчику

Організація процесу роботи будівельного майданчику, включає в себе низку певних заходів, які спрямовані на створення безпечних умов праці та мінімізації ризиків. Будівельний майданчик, повинен бути огорожений 3-метровим захисним парканом із сітчастими панелями, чи подібним матеріалом, для запобігання несанкціонованому доступу посторонніх осіб на виробничу зону. Небезпечні зони виробництва повинні бути позначені спеціальними будівельними бар'єрами висотою 1,2 метра мінімум, для унеможливлення аспекту людської неуважності. Увесь будівельний майданчик має бути обладнаний системою прийняттого освітлення приміщень і шляхів комінікацій, яка охоплює під'їзні шляхи, пішохідні доріжки, складські приміщення та робочі зони. Робота в неосвітлених місцях повністю заборонена. Для підвищення безпеки на робочій зоні, приміщення повинні бути оснащені необхідним

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 95 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

обладнанням, знаками та інструкціями, а рух транспортних засобів та пішоходів чітко позначений.

3.3.3 Захист від падіння

Безпечна робота на висоті вимагає використання засобів індивідуального захисту: висувні драбини з робочими платформами, металеві платформи та риштування. Для додаткової безпеки в стратегічних точках встановлюються захисні сітки із синтетичного матеріалу. Монтажні платформи та драбини повинні бути надійно закріплені до риштувань перед встановленням. Риштування оснащені захисними поручнями висотою від 0,9 до 1,5 метра для запобігання падінням. Під час роботи на дахах обов'язкове використання страхувальних ременів та інших засобів індивідуального захисту.

3.3.4 Запобігання ураженню електричним струмом

Під час електрозварювання існує ризик ураження електричним струмом через несправності обладнання, дефекти ізоляції або погані з'єднання. Щоб запобігти цьому ризику, всі металеві частини зварювального обладнання повинні бути заземлені, а з'єднання повинні здійснюватися через окремі розподільні коробки. Зварювальні дроти повинні бути захищені від контакту з водою, маслом або металевими предметами. Необхідно дотримуватися мінімальної відстані від проводів під напругою та кисневих балонів. Лінії електропередач прокладаються на висоті не менше 6 метрів над дорогами, 3,5 метра над пішохідними доріжками та 2,5 метра над робочими зонами. Для захисту працівників рекомендується використовувати діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими ручками, ізольовані зварювальні електроди та плоскогубці. Регулярне навчання та технічне обслуговування обладнання є обов'язковими. До роботи з електрообладнанням повинні бути пропущені працівники з відповідним стажем та документами.

3.3.5 Захист від токсичних речовин

Зварювання, під час якого утворюються оксиди, є основним джерелом шкідливих газів. Щоб зменшити вплив шкідливих речовин, працівники повинні

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | Арк. 96 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

використовувати засоби захисту органів дихання та інші засоби захисту дихальних шляхів. Робочі зони повинні бути обладнані природною або штучною вентиляцією для забезпечення ефективного видалення шкідливих речовин. Концентрація газів регулярно контролюється, а також вживаються додаткові заходи, якщо перевищено допустимі норми.

3.3.6 Освітлення робочого місця

Освітлення має відповідати виконуваним завданням. Рівномірний розподіл світла по робочих поверхнях запобігає напрузі очей та підвищує точність. Для встановлення систем вентиляції та опалення потрібна мінімальна освітленість 30 люкс. Якщо природного освітлення недостатньо, для забезпечення безперервної роботи використовується штучне освітлення.

3.3.7 Протипожежний захист

Протипожежний захист на будівельному майданчику забезпечується низкою технічних та організаційних заходів. Основними причинами пожеж є короткі замикання, неправильне поводження з відкритим вогнем та куріння в заборонених місцях. Для запобігання пожежам використовується електрообладнання, що відповідає галузевим стандартам, а також встановлюються пристрої захисту від короткого замикання та блискавковідводи. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря проектується відповідно до правил пожежної безпеки та оснащені протипожежними клапанами та системами димовидалення. Персонал проходить навчання з пожежної безпеки, а системи регулярно перевіряються.

3.3.8 Мікроклімат на робочому місці

У холодну погоду для забезпечення комфортної температури необхідне додаткове опалення. Також вирішальне значення має належна вентиляція: постійне надходження свіжого повітря та видалення застоюного повітря запобігають надмірній вологості та конденсації. Працівників слід забезпечити теплим робочим одягом та захистом від вітру та негоди, щоб забезпечити їхню продуктивність та здоров'я навіть за несприятливих умов.

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 97 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ

Студентка / Мамрикова Д.Д. /

Консультант / _____ /

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 98 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Техніко-економічне обґрунтування системи теплопостачання є одним з найважливіших етапом у плануванні та впровадженні якихось рішень в проектуванні. Головною метою даного розрахунку є визначення рішення для теплопостачання, яке поєднує економічну доцільність з технічною надійністю. Система повинна гарантувати безперервну роботу протягом року, пропонувати гнучкий діапазон температур, адаптуватися до кліматичних нерівномірностей температури. Тому важливо враховувати не лише інвестиційні витрати, пов'язані з будівництвом та монтажем, але й експлуатаційні витрати на технічне обслуговування, ремонт та споживання енергії.

Комплексне техніко-економічне обґрунтування дозволить оцінити загальну економічність системи, її здатність надійно працювати під високими навантаженнями та її придатність для реальних сценаріїв використання. Важливо враховувати довгострокову надійність системи, її потенціал для модернізації та інтеграцію з іншими системами будівлі.

У рамках техніко-економічного аналізу систем теплопостачання для даного проекту вирішальним є вибір джерела тепла, яке забезпечує стабільну роботу, незважаючи на коливання навантаження. Наприклад, ми розглядаємо систему теплопостачання, потужність якої залежить погодо залежного регулювання.

В даному аналізі розглядатимуться різні джерела тепла, що відрізняються своїм типом, конструктивними особливостями котельні, індивідуального теплового пункту та економічною ефективністю. До них належать звичайні газові котли, дизельні генератори, твердопаливні котли (вугільні та дубові), електричні котли та теплові насоси повітря-вода. Кожен варіант має свої переваги та недоліки, залежно від вартості джерела енергії, наявності палива, екологічних норм та режиму роботи.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|------|
| | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | 99 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

Так як, котельня згідно ген-плану, окремо стояча будівля, це дозволяє нам розглядати традиційні спалювальні джерела теплоти. Згідно ДБН Котелі, улаштування джерел теплоти, які для генерації теплоти використовують принцип спалювання вичомного палива не дозволяється.

За умови проектування джерела теплоти у підвалі, Можна було б використовувати джерела теплоти, як електрокотел, теплові насоси, і дизельний генератор. У підвалі встановлення електричної котельні дозволяються, згідно ДБН Котельні. Джерело теплоти на дизелі, буде, встановлюватися ззовні будівлі, а ІТП в підвальному, тепловий насос також влаштовувався б назовні і ІТП прокувалося в підвальному приміщенні.

Важливо зауважити, що зберігання запасу вичомних палив, як дуб, вугілля, палива рідинного, як дизель, дозволяється лише в розрахунку в кілька днів, в залежності від способу доставки палива, так і типу палива визначеним, згідно ДБН Котельні.

У техніко-економічному обґрунтуванні системи тепlopостачання потрібно враховувати не лише витрати експлуатаційні та капітальні, але й еко-податок на викиди від традиційних джерел теплоти. Цей податок розраховується на основі, нейнебезпечніші викиди забруднюючих речовин для довкілля – CO, NO_x, SO₂, твердих частинок, формальдегіду, фенолу, сірковуглецю, бензопірену, ртуті та важких металів. Формула така: Податок = Кількість викидів × Ставка податку.

Ці затрати будуть враховуються в експлуатаційних для джерел, що працюють на вугіллі, дизелі або дровах. Системи спалювання твердого палива, які є неефективними та сильно забруднюють навколишнє середовище, мають найбільший негативний вплив на навколишнє довкілля. Тому при виборі джерела тепла, окрім прямих витрат, слід враховувати екологічні податки,

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 100 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |

оскільки вони суттєво впливають на річні експлуатаційні витрати та вартість оцінки впливу на навколишнє середовище.

Дані розрахунку річного еко-податку заносимо в таблицю 4.1

Таблиця 4.1

| Викид | Викиди та екоподаток (природний газ) | Викиди та екоподаток (дизельного палива) | Викиди та екоподаток (вугілля) | Викиди та екоподаток (електроенергії) | Викиди та екоподаток (дубу) | Викиди та екоподаток (тепловий насос) |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Вуглецю окис (CO) | 4,54 | 176,16 | 372,77 | 386,76 | 439,27 | 132,51 |
| Азоту оксиди (NO _x) | 48,15 | 233,75 | 296,78 | 684,28 | 155,44 | 234,45 |
| Ангідрид сірчистий (SO ₂) | - | 116,88 | 395,71 | 1 710,70 | - | 586,13 |
| Тверді речовини (пил) | - | 2,64 | 7,46 | 12,89 | 5,86 | 4,42 |
| Формальдегід | - | 5,79 | 12,25 | 42,36 | 38,48 | 14,51 |
| Фенол | - | 10,61 | 22,45 | 77,66 | 35,28 | 26,61 |
| Сірковуглець | - | 4,88 | 10,32 | 35,69 | - | 12,23 |
| Бенз(о)пірен | - | - | 1 259,47 | 4 355,85 | 989,44 | 1 492,42 |
| Ртуть та її сполуки | - | - | 41,89 | 144,88 | - | 49,64 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------|
| | | | | | | Арк. 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|
| Нікель, кадмій, свинець | - | - | 39,59 | 136,91 | - | 46,91 |
| | 52,69 | 550,71 | 2 458,69 | 7 587,99 | 1 663,77 | 2 599,83 |

Згідно даних попереднього проектування, уточнення цін у виробників обладнання, узгодження проведення різних мереж з комунальними службами, зводимо загальну капітальну вартість джерел теплоти, і вносимо результати до таблиці 4.2.

Відповідно до розрахунку потужносit теплопостачання за рік, згідно погодозалежного регулювання, вартості транспортування палива, з врахуванням для певних джерел теплоти працівників котельні, розраховуємо експлуатаційні витрати, і вносимо їх до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

| Джерело теплоти | Вартість монтажу+обладнання+проект (тис.грн) | Вартість проведення комунікацій (тис.грн) | Загальна вартість системи (тис.грн) | Експлуатаційні витрати рік (тис.грн) | Вартість системи на 25 років (тис.грн) |
|--------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Електрокотел | 650,00 | 420,00 | 1070 | 7 624,13 | 191670 |
| Газовий котел | 800,00 | 730,00 | 1530 | 2 338,49 | 59980 |
| Твердопаливний котел (вугілля) | 1 450,00 | 440,00 | 1890 | 2 143,18 | 55465 |
| Твердопаливний котел (дуб) | 1 350,00 | 430,00 | 1780 | 1 722,69 | 44830 |
| Повітряний тепловий насос | 10 540,00 | 1 770,00 | 12 310 | 2 439,26 | 73285 |
| Дизельна котельня | 1 320,00 | 430,00 | 1 750 | 5 247,90 | 132925 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------|
| | | | | | | Арк. 102 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Згідно таблиці 4.2, видно, що найдешевшим видом палива є котельня на дровах, але це оманлива думка, так як постійна підвозка палива є нерівномірною, вартість самого дубу також не є стабільною, згідно пори року вона змінюється. Також не потрібно забувати, що це дефіцит в нашій країні і потійно потрібно буде займати чергу в фірмах які займаються лісозаготівлею.

Враховуючи аспект безпеки теплопостачання об'єкту потрібно враховувати, що теплопостачання має бути безперервним і постійним, для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог і забезпечення параметрів мікроклімату. Тому даний варіант для об'єкту більше середнього приймати не варто.

Така сама ситуація стосується палива вугілля і дизелю. З зміною трендів в Європі в сторону екологічності, можна враховувати, що в майбутньому в Україні дані джерела теплоти, викопного походження, будуть обкладені додатковими тарифами.

Електрокотел, залишається виходом для об'єктів де поруч немає ні теплових мереж, ні газових. Але згідно розрахунку наведеного в таблиці 4.2, видно, що в такому випадку, краще обрати варіант з тепловими насосами. Теплові насоси працюють з певним COP при відповідній певній температурі зовнішнього повітря. Це дозволяє економити електроенергію значну частину року, до температури бівалентності.

Для вибору залишаються тільки два джерела теплоти: газова котельня і система теплопостачання від теплових насосів. Видно, що експлуатаційні витрати для цих джерел однакові, але згідно попереднього розрахунку, тепловий насос, є економічнішим протягом значної частини року, точка бівалентності для різних марок теплових насосів є різною, але в нашому проекті така температура вийшла -10°C . Тобто при температурі -10°C зовнішнього повітря дешевше теплопостачання можна отримати від теплового насосу. Також потрібно

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

враховувати, що наднизькі температури зовнішнього повітря зазвичай в період ночі. Тому потрібно зауважити. Що при достатньому фінансуванні і впровадження в розробленій системі опалення фоновому чи чергового режиму. Вартість теплопостачання стане значно менше. Але для розробки певних рішень потрібно використовувати певні данні для обґрунтування того чи іншого рішення, державні норми, ще не перелаштувалися на новий лад, тому розрахунок здійснювався лише згідно сьогодні прийнятих норм.

Але знову ж таки, дивлячись на сьогоднішню ситуацію в Україні, немає ніякої впевненості в тому, що завтра газопостачання може бути стабільним. Тому найраціональнішим варіантом теплопостачання є теплові насоси. Але з огляду на те що замовник не має таких коштів на етапі проектування, тому було обрано варіант з газовою котельнею.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 104 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Література

1. Загальне уявлення про витісняючу вентиляцію <https://mpk.ua/zagalne-uyavlennya-pro-vytisnyayuchu-ventylyacziyu-chastyna-1/>
2. Мілейковський, В., Вахула, В., & Дудніков, О. (2024). Теоретичні дослідження організації повітрообміну з багатострумінними повітророзподільниками. « Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання», 49, 56–81. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.49.56-81>
У цьому джерелі
3. Джеджула, В. В. Д Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.
4. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. Київ. Нац. ун-т буд-ва і архіт. К: 2002. 255 с
5. CadEE.pro <https://cadee.pro>
6. Аеродинаміка вентиляції: методичні вказівки до виконання курсової АЗЗ роботи / уклад.: В.Б. Довгалюк, В.О. Мілейковський, Е.І. Дмитроченкова. – К.: КНУБА, 2017. – 64 с.
7. Довгалюк В.Б. Формування та розвиток конвективних потоків біля теплових джерел промислових цехів. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання . Науково-технічний збірник . Випуск 1.-К.: КНУБА,2001.- с.43-56. http://nbuv.gov.ua/UJRN/votr_2001_1_7
8. Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О, «ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ» (посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ) Переклад російського видання, перероблене та доповнене, Відень - Київ – Сімферополь 2010

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------|
| | | | | | | Арк. 105 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

9. Сучасні системи опалення: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи / уклад.: О.П. Любарець, А.С. Москвітїна. – Київ: КНУБА, 2023. – 48 с.
10. Вентиляційне обладнання житлових та громадських будівель / уклад.: В84 Вакуленко Д.І. – Київ: КНУБА, 2024. – 84 с
11. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
12. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»/ Накази Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К., 2013.
13. ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»/ Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
14. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель", Наказ Мінрегіону України.
15. ДСТУ Б EN 15241:2015 Вентиляція будівель. Методи розрахунку енерговтрат при вентиляції та інфільтрації повітря у будівлях (EN 15241:2007, IDT+ EN 15241:2007/AC:2011, IDT).
16. ДСТУ EN 15378-3:2023 Енергоефективність будівель. Системи опалення та гарячого водопостачання будівель. Частина 3. Вимірювання енергоефективності, модулі М3-10, М8-10 (EN 15378-3:2017, IDT)
17. ДСТУ EN 12170:2022 Системи опалення в будівлях. Документи для експлуатації, технічного обслуговування та використання. Системи опалення, які потребують навченого оператора (EN 12170:2002, IDT).
18. Довгалюк В.Б. Аеродинаміка вентиляції: Навальний посібник.-ІВНВКП «Укреліотех»,2015-366с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------|
| | | | | | | Арк. 106 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

19.Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науковотехнічний збірник. Випуск 13. Головний редактор Е.С. Малкін. – К.:КНУБА, 2009. – 108с.

Редакційна колегія: Е.С. Малкін (головний редактор), Ю.К. Росковшенко(заст. головн. ред.), М.В. Степанов (відп. секретар), В.М. Михайленко, О.Л. Підгорний, В.Є. Писарев, В.В. Трофимович, П.М. Єнін, Н.А. Швачко, А.Ф. Строй, В.П. Корбут, С.Ю. Прокоф'єв, Г. Глінцерер, С.І. Борисенко.

20.Ventilation Equipment for Residential and Public Buildings / V15 compiled by: Vakulenko D., Mileikovskiy V. – Kyiv: KNUCA, 2024. – 84 p

21.ДБН В.2.2-9:2018 "Громадські будинки та споруди. Основні положення" Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 28.09.2018 р.№ 260. Зі Зміною № 1.

22.Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.

23. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні". Зі Зміною № 1

24.Комплексний розрахунок огорожувальної конструкції <https://cadee.pro>

25.Клименко Г. М. Повітророзподіл у стиснених умовах виробничих приміщень з теплонадлишками : дис. к.т.н. : спец. 05.23.03 - Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : Наук. кер. Довгалюк В.Б. : дата захисту 2015-04-08. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2015. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0415U000963/>

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 107 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |