

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплотехніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

Інженерні системи промислового підприємства ПрАТ «ККФ «Рошен»
за адресою вул. Привокзальна, 82, в м.Бориспіль

Гаць Катерина Ігорівна

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
“ _____ ” _____ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Інженерні системи промислового підприємства ПрАТ «ККФ «Рошен»
за адресою вул. Привокзальна, 82, в м.Бориспіль

Виконала: Гаць Катерина Ігорівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

студентка групи ТВ-21-1

192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція
(освітня програма)

Керівник Чепурна Н.В.
(прізвище та ініціали)

Канд.техн.наук, доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Випускова кафедра теплотехніки
Освітній ступінь «бакалавр за ОПШ»
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри _____

“ ___ ” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Гаць Катерини Ігорівни

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Інженерні системи промислового підприємства ПрАТ «ККФ «Рошен» за адресою вул. Привокзальна, 82, в м.Бориспіль
затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від “ ___ ” _____ 2025 року.

2. Керівник роботи к.т.н., доц. Чепурна Н.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 23.06.2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Характеристика об'єкта проектування та вихідні дані.

Р.2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.

Р.3. Система вентиляції.

Р.4. Система кондиціонування.

Р.5. Автоматизація.

Р.6. Охорона праці.

5. Графічний матеріал за розділами

Р.1. Вентиляція та кондиціонування. Загальні дані (початок).

Р.1. Вентиляція та кондиціонування. Загальні дані (закінчення).

Р.3.4.5. Принципова схема систем вентиляції та кондиціонування.

Р.4. Принципові схеми систем холодопостачання та теплопостачання.

Р.3. Фрагмент плану другого поверху на відм. +6,000 в осях С-Ш та 1-17.

Р.4. Фрагмент планів в осях С-У/9-11 на відм. 0,000 та в осях С-Ф/8-18 на відм. +6,000.

Р. 3.4. Аксонометричні схеми систем вентиляції та кондиціонування.

Р.3. Принципова схема систем вентиляції та кондиціонування.

Р.3. Система вентиляції термокамери.

Р.4.5. Принципові схеми вузлів регулювання секцій охолодження П1, Ф1-Ф7 та секцій нагріву П1.

Р.4.5. Аксонометрична схема систем холодопостачання та теплопостачання.

Р.6. Технічне завдання на отвори.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ (мета, актуальність, нормативи)	1 травня 2025
Розділ 1. Характеристика об'єкта проектування та вихідні дані	2-5 травня 2025
Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	6-10 травня 2025
Розділ 3. Система вентиляції (розрахунок, підбір обладнання, схема)	11-17 травня 2025
Розділ 4. Система кондиціонування (чилер, фанкойли, енергоефективність)	18-25 травня 2025
Розділ 5. Автоматизація систем вентиляції та кондиціонування	26-31 травня 2025
Розділ 6. Охорона праці (захист від шуму, ПБ, електробезпека)	1-4 червня 2025
Висновки, список використаної літератури, додатки	5-10 червня 2025
Остаточне оформлення роботи	14 червня 2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	Червень, 2025
Попередній захист роботи на кафедрі	Червень, 2025
Направлення роботи на рецензування	Червень, 2025

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис

8. Дата видачі завдання _____

Зав.кафедри Кириченко М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Чепурна Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач Гаць К.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Розділ 1. Характеристика об'єкта проектування та вихідні дані

- 1.1 Загальні відомості про об'єкт
- 1.2 Приміщення та їх зонування
- 1.3 Технічні характеристики будівлі
- 1.4 Внутрішні навантаження та тепло виділення
- 1.5 Нормативні вимоги до мікроклімату

Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

- 2.1 Мета та значення розрахунку
- 2.2 Методика теплотехнічного розрахунку
- 2.3 Вихідні дані для об'єкта
- 2.4 Аналіз відповідності нормативам
- 2.5 Матеріали та методи теплоізоляції

Розділ 3. Система вентиляції

- 3.1 Розрахунок повітрообміну
- 3.2 Опис та технічні рішення
- 3.3 Аеродинамічний розрахунок
- 3.4 Підбір обладнання
- 3.5 Заходи з енергозбереження

Розділ 4. Система кондиціонування

- 4.1 Розробка системи кондиціонування повітря
- 4.2 Підбір обладнання для системи кондиціонування
- 4.3 Гідравлічне рішення та схема системи
- 4.4 Автоматизація роботи кондиціонування
- 4.5 Енергоефективність системи

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 5. Автоматизація

5.1 Загальні принципи автоматизації систем ОВК

5.2 Структура системи автоматизації

5.3 Алгоритм та логіка керування

5.4 Протоколи та стандарти

5.5 Переваги автоматизації для підприємства

Розділ 6. Охорона праці

6.1 Заходи щодо захисту від шуму та вібрації

6.2 Заходи безпеки при роботі з електричним обладнанням

6.3 Протипожежні заходи

Висновки

Список використаної літератури

Додатки

Графічний матеріал

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сучасних умовах розвитку промисловості особливої актуальності набуває питання створення комфортного та стабільного мікроклімату у виробничих приміщеннях. Це стосується як забезпечення нормативних умов праці для персоналу, так і підтримання технологічних режимів, що впливають на якість кінцевої продукції. Згідно з нормативними документами України, до таких умов належать: температура, вологість, чистота повітря, швидкість повітряного потоку, а також вміст шкідливих домішок. У випадку харчового виробництва, до вимог додаються ще й високі стандарти санітарії та гігієни, що регулюються відповідними санітарними нормами.

Особливе місце в цьому займають системи вентиляції та кондиціонування повітря, які забезпечують як приплив зовнішнього повітря, так і його очистку, підігрів або охолодження, осушення чи зволоження залежно від вимог. Надійна система вентиляції дозволяє усунути надлишкове тепло, вологу, запахи, шкідливі речовини, що утворюються в процесі технологічного циклу. Кондиціонування ж, у свою чергу, дає змогу підтримувати необхідну температуру й вологість у приміщеннях, де це критично для збереження властивостей продукції або забезпечення стабільної роботи обладнання.

При цьому важливо не лише досягти заданих параметрів повітря, але й зробити це з мінімальними енерговитратами, особливо з огляду на зростаючу вартість енергоносіїв. Сьогодні вже неможливо проєктувати інженерні системи без урахування принципів енергоефективності, зокрема вимог ДБН В.2.6-31:2021, які встановлюють нормативні значення теплопередачі для огорожувальних конструкцій, а також методи забезпечення енергоощадності при проєктуванні систем ОВК.

При розробці вентиляційної та кліматичної системи використовувалися чинні **нормативні документи України**, зокрема:

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормативно-технічна база:

1. ДБН В.2.5-67:2013 – Опалення, вентиляція та кондиціонування.
2. ДБН В.2.2-3:2018 – Будинки і споруди. Промислові будівлі.
3. ДБН В.1.1-7:2016 – Основи проектування. Захист від шуму.
4. ДСТУ-Н Б А.2.2-10:2012 – Настанова з розроблення проєктної документації систем опалення, вентиляції та кондиціонування.
5. ДБН В.1.2-14:2018 – Система забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд. Загальні принципи забезпечення механічного опору та стійкості.
6. СанПіН 5179-90 – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
7. ДБН В.2.5-20-2001 – Інженерне обладнання будинків і споруд. Газопостачання.
8. ДБН А.3.1-5:2016 – Організація будівельного виробництва.
9. ДБН В.1.1-31:2013 – Захист від пожеж.
10. ДБН В.2.5-28:2006 – Природне і штучне освітлення.

Ці документи забезпечують правову та технічну основу для проєктування, монтажу, введення в експлуатацію й подальшої експлуатації систем вентиляції та кондиціонування. Всі розрахунки, технічні рішення та вибір обладнання у дипломній роботі виконано відповідно до наведених нормативних актів.

Крім того, сучасна система вентиляції повинна бути автоматизованою, здатною адаптуватися до змін навантаження, працювати в різних режимах залежно від часу доби, кількості персоналу, стану повітряного середовища. Автоматизація дозволяє не лише підвищити ефективність роботи системи, а й зменшити вплив людського фактору, знизити експлуатаційні витрати, забезпечити моніторинг та контроль.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даній роботі розглянуто проєктування вентиляції та кондиціонування для технологічної лінії, що функціонує на підприємстві ПрАТ «Київська кондитерська фабрика «Рошен» у місті Бориспіль. Виробництво пов'язане з тепловиділенням, вологоутворенням, виділенням пилу та запахів — отже, потребує ретельно розрахованої і правильно організованої повітрообмінної системи.

Мета роботи

Розробити повноцінну систему вентиляції та кондиціонування повітря для виробничої зони лінії з урахуванням:

- теплотехнічних характеристик приміщення;
- технологічного процесу і внутрішніх навантажень;
- вимог нормативної документації;
- досягнення енергоефективності та екологічної доцільності;
- можливостей автоматизованого керування;
- вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Завдання дипломного проєкту

1. Проаналізувати вихідні дані та характеристики об'єкта проєктування;
2. Виконати теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій;
3. Визначити повітрообмін по кожній зоні відповідно до тепловиділень і санітарних норм;
4. Розрахувати систему вентиляції (аеродинаміка, гідравліка, шумозахист);
5. Підібрати вентиляційне обладнання з урахуванням енергоощадних технологій;
6. Розробити схему кондиціонування повітря та підібрати необхідне холодильне обладнання;

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Передбачити заходи з автоматизації управління системами ОВК;
8. Запропонувати заходи з охорони праці: шумозахист, електробезпека, пожежна безпека;
9. Сформулювати техніко-економічну ефективність обраного технічного рішення.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА
ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУ**

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Загальні відомості про об'єкт

Назва об'єкта:

Проектування системи вентиляції та кондиціонування технологічної лінії на ПрАТ «ККФ «Рошен», м. Бориспіль, вул. Привокзальна, 82.

Продуктивність лінії:

До 220 кг/год готової продукції — вафельний напівфабрикат із начинками, гранолою, або комбінованим складом.

Характер конструкцій:

- Стіни: сендвіч-панелі з мінеральною ватою, товщина 150 мм;
- Переkritтя: залізобетонні плити, утеплені XPS 200 мм;
- Підлога: бетонна з антисептичним епоксидним покриттям;
- Міжзональні перегородки — склопластикові.

Об'єктом проектування є технологічна лінія, розташована на виробничій площі ПрАТ «Київська кондитерська фабрика «Рошен» у місті Бориспіль. Лінія призначена для виготовлення продукції типу «гранола» — цукерки з високим вмістом зернових, горіхів та фруктових інгредієнтів.

Харчове виробництво такого типу передбачає кілька послідовних етапів технологічного процесу:

- змішування сухих інгредієнтів (вівсянка, мед, цукор);
- приготування суміші та її пресування;
- теплову обробку у печах;
- охолодження готового продукту;
- порціонування та пакування.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен з цих етапів супроводжується виділенням тепла, вологи, пилу, запахів, тому для забезпечення нормальних умов праці та стабільності технологічного процесу потрібно встановити ефективну систему вентиляції та кондиціонування повітря.

1.2 Приміщення та їх зонування

Виробничий комплекс, що обслуговується системою ОВК, умовно поділяється на такі функціональні зони:

	Назва зони	Призначення
1	Зона А	Встановлення промислових печей
2	Зона Б	Ділянка підготовки та змішування тіста
3	Зона В	Формування та охолодження продукції
4	Зона Г	Упакування та зберігання
5	Складські зони	Сухі склади та тара
6	Допоміжні	Санвузли, душові, персонал

Усі зони мають різні вимоги до температури, вологості, кратності повітрообміну, що враховується в наступних розрахунках.

1.3 Технічні характеристики будівлі

Будівля споруджена з матеріалів, які забезпечують базову теплоізоляцію, але не завжди відповідають сучасним енергетичним вимогам. Для теплозбереження використовуються:

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіни	Сендвіч-панелі	2,4
Покрівля	Профанстил з утепленням	2,8
Підлога	Залізобетон з ізоляцією	1,6
Вікна	ПВХ з двокамерним склопакетом	0,56

Згідно ДБН В.2.6-31:2021, для огорожувальних конструкцій необхідні $R \geq 3.3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ — тобто конструкції слід додатково утеплювати або враховувати збільшені тепловтрати в розрахунках повітрообміну.

1.4 Внутрішні навантаження та тепловиділення

Мікроклімат виробничих приміщень формується під впливом таких джерел:

1.4.1 Люди

- Середнє тепловиділення — 130 Вт/особу;
- У зміну працює до 12 осіб у різних зонах.

1.4.2 Обладнання

Печі промислові	9,0	2	18,0
Міксери	2,2	2	4,4
Конвеєри	1,5	2	3,0
Упаковочні машини	1.0	3	3,0
Разом	—	—	28,4

1.4.3 Сонячна радіація

- За заскленням $\approx 10 \text{ м}^2$: $\sim 3000 \text{ Вт}$

1.5 Нормативні вимоги до мікроклімату

Вентиляція та кондиціонування проектується згідно з:

- ДБН В.2.5-67:2013 — Вентиляція та кондиціонування;
- ДСН 3.3.6.042-99 — Санітарні норми мікроклімату;
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 — Будівельна кліматологія;
- ДБН В.1.1-7:2016 — Пожежна безпека;
- ДБН В.2.6-31:2021 — Теплова ізоляція будівель.

Категорія	Температура °С	Вологість, %	Кратність обміну	Примітка
Зона А	26-28	40-55	≥ 10	Печі
Зона Б	24-26	40-60	≥ 8	Міксери
Зона В	22-24	45-60	≥ 6	Охолодження
Зона Г	20-22	50-60	≥ 6	Пакування

1.6 Висновки до розділу

1. Приміщення мають **різноманітні теплові режими**, що вимагає зонального підходу до вентиляції.
2. Внутрішні джерела тепла формують суттєві теплові навантаження до 30 кВт.
3. Огороджувальні конструкції потребують **теплотехнічного аналізу та/або утеплення**.
4. Забезпечення нормативного мікроклімату можливе **тільки при використанні примусової вентиляції й кондиціонування**.
5. У наступних розділах буде виконано розрахунок тепловтрат, повітрообміну, підбір обладнання та автоматизація системи.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Мета та значення розрахунку

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій дає змогу визначити кількісні втрати тепла будівлею в холодний період року. Це є основою для:

- точного розрахунку **необхідного теплового навантаження** системи вентиляції;
- визначення **доцільності утеплення** стін, покрівлі, підлоги;
- обґрунтування типу вентиляційного обладнання та **режимів його роботи**;
- розробки **енергоефективної стратегії** для всього об'єкта.

Загальна теплова збалансованість об'єкта безпосередньо впливає на **енергоспоживання підприємства**, тому важливо дотримуватися **вимог ДБН В.2.6-31:2021**, де чітко встановлено **мінімально допустимі значення термічного опору конструкцій**.

2.2 Методика теплотехнічного розрахунку

Для визначення тепловтрат застосовується наступна формула:

$$Q = \frac{S \cdot \Delta t}{R}$$

де:

- Q — тепловтрати, Вт;
- S — площа конструкції, м²;
- Delta t — температурна різниця між внутрішнім і зовнішнім середовищем, °С;
- R — термічний опір конструкції, м²·°С/Вт.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад пояснення:

Для покрівлі, площа якої становить 160 м², а розрахункова різниця температур – 44 °С (t_{вн} = +22 °С, t_{зовн} = –22 °С), при R = 2.8 отримаємо:

$$Q_{roof} = \frac{160 \cdot 44}{2.8} = 2514.3 \text{ Вт}$$

Аналогічним чином визначається Q для кожного елемента будівлі.

2.3 Вихідні дані для об'єкта

– Згідно технічного завдання, огорожувальні конструкції мають наступну будову:

- Стінові панелі — $\lambda = 0,045 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $R \approx 3.3 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}$;
- Покрівля з XPS утепленням 200 мм — $\lambda = 0,035$, $R \approx 5.7$;
- Підлога — $R \approx 1.6$, частково утеплена знизу.

Уточнення джерел тепловтрат (Додаток 1):

Загальна теплове навантаження по об'єкту становить понад **28,4 кВт**, з них:

- від обладнання: 19.5 кВт,
- від освітлення: 1.5 кВт,
- від людей: ~1.6 кВт,
- інфільтрація: 3–5 %.

На основі креслень та аналізу конструкції будівлі приймаємо такі вихідні параметри:

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіни	160	2.4	44	2933
Покрівля	160	2.8	44	2514
Підлога	160	1.6	22*	2200
Вікна	10	0.56	44	785
Двері	8	0.9	44	391
Разом	—	—	—	8823 Вт

*Температурна різниця для підлоги приймається $\Delta t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, оскільки нижче розташоване неопалюване приміщення або ґрунт.

2.4 Аналіз відповідності нормативам

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», мінімальні значення термічного опору мають бути:

Стіни	≥ 3.3	2.4	-0.9	Недостатньо
Покрівля	≥ 4.5	2.8	-1.7	Значно нижче
Підлога	≥ 2.0	1.6	-0.4	Граничне значення
Вікна	≥ 0.6	0.56	-0.04	Допустимо, але нижче норми

Таким чином, жодна із конструкцій не досягає повністю нормативного опору, що вказує на необхідність або модернізації, або прийняття цих втрат до розрахунку.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Матеріали та методи теплоізоляції

Для покрівлі:

- Рекомендовано: мінеральна вата ($\lambda = 0.038 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$);
- Товщина: $\geq 200 \text{ мм}$;
- Альтернатива: плити PIR з фольгованим покриттям ($\lambda \approx 0.021 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$).

Для підлоги:

- Утеплення екструдованим пінополістиролом XPS 50–100 мм;
- Технологія «теплої підлоги» для зони пакування можлива як опція.

Для стін:

- Додаткове шарове утеплення (внутрішнє або зовнішнє);
- Оптимальна комбінація: базальтова плита + паробар'єр + декоративне покриття.

Для повітроводів:

- Застосування ізоляції K-FLEX ST (EPDM) товщиною 13–25 мм;
- У місцях з високим тепловим градієнтом — K-FLEX AL CLAD.

Усі матеріали повинні відповідати класу горючості не нижче Г1 та мати гігієнічний висновок МОЗ.

Висновки

1. Тепловтрати через огорожувальні конструкції складають понад **8.8 кВт**, що суттєво впливає на витрати енергії для підтримки мікроклімату.
2. Жодна конструкція не досягає норм ДБН В.2.6-31:2021, тому:
 - потрібно врахувати **коефіцієнт зниження енергоефективності** при підборі вентиляційного обладнання;

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- рекомендовано **часткове утеплення** з використанням сучасних матеріалів.

3. Дані розрахунки будуть використані в наступному розділі при:

- визначенні **необхідного повітрообміну**;
- розрахунку навантажень на нагрівачі повітря;
- підборі типорозмірів установок.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Розрахунок повітрообміну

Мета розрахунку — визначити необхідну кількість повітря для забезпечення нормативного мікроклімату в кожній зоні виробництва. Повітрообмін враховує:

- **надлишки тепла** від обладнання, людей та сонячної радіації;
- **санітарні вимоги** до кратності обміну;
- **забезпечення чистоти повітря** (у зонах пакування — підвищена фільтрація);
- **розділення “чистих” і “брудних” потоків** для уникнення перехресного забруднення.

Основні джерела повітрообміну:

1. **Тепловиділення** від обладнання — 28,4 кВт (див. Розділ 1).
2. **Люди** — до 12 працівників → +1560 Вт тепла.
3. **Пил, запахи, волога** — техпроцес вимагає видалення забрудненого повітря.

Розрахунок за формулою:

$$L = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot \Delta t}$$

де:

- L — витрата повітря, м³/с;
- Q — надлишкове тепло, Вт;
- ρ — густина повітря (≈1.2 кг/м³);
- c — теплоємність повітря (≈1000 Дж/кг·°C);
- Δt — допустиме підвищення температури (наприклад, 5 °C).

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок для зони А:

$$L_A = \frac{18000}{1.2 \cdot 1000 \cdot 5} 3.0 \text{ м/с} \Rightarrow 10800 \text{ м/год}$$

Підсумкова таблиця повітрообміну:

Зона	Площа, м ²	Людей	Q, кВт	Розрах. об'єм, м ³ /год
А	180	2	18.0	10800
Б	160	4	7.0	5200
В	140	3	4.5	4300
Г	110	2	3.5	2900
Допоміжні	100	—	—	1300
Разом	—	—	—	24 500 м ³ /год

Уточнення з Додаток 1:

На основі технічних розрахунків, погоджених із технологами, загальний повітрообмін підприємства має становити не менше **24 500 м³/год**, із зональним розподілом:

- Зона А: 10 800 м³/год
- Зона Б: 5 200 м³/год
- Зона В: 4 300 м³/год
- Зона Г: 2 900 м³/год
- Технічні: 1 300 м³/год

Ці обсяги враховують теплове навантаження, нормовану кратність повітрообміну та санітарні вимоги.

Для забезпечення ефективності вентиляції важливо не лише визначити об'єм повітря, а й правильно **розподілити його у просторі**. У зонах з високими

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепловиділеннями приплив повітря здійснюється **зверху вниз** (через дифузори), а витяжка — поблизу джерел тепла (печі, міксери).

Це забезпечує **локалізацію теплових зон** і зменшує загальний перегрів приміщення.

У зоні пакування навпаки — повітря подається **в нижню частину приміщення**, а витяжка — через витяжні решітки під стелею, щоб уникнути осідання пилу на продукцію.

3.2 Опис та технічні рішення

На підприємстві буде застосовано **механічну припливно-витяжну вентиляцію** з автономними системами на кожен зону. Система передбачає:

- окремі повітроводи для припливу та витяжки;
- **зонування повітряних потоків** (уникнення рециркуляції “брудного” повітря);
- очищення повітря від пилу й запахів;
- **автоматичне керування швидкістю вентиляторів**;
- можливість роботи в режимі **free cooling** у перехідний період.

Проектування повітропроводів виконується згідно з принципом **мінімального спротиву**: уникнення зайвих поворотів, зменшення довжини каналів, виключення місць, де можливе накопичення пилу.

Враховується розділення потоків на «чисті» і «брудні» зони, відповідно до санітарно-гігієнічних вимог ДСанПіН 2.3.4.050-96.

Особливу увагу приділено вибору **типу решіток** — для зони А використано металеві жаростійкі решітки з фільтраційними сітками, у зонах Г і В — плоскі дифузори з антисептичним покриттям.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості:

- Зона А — витяжка з високотемпературних ділянок (печі), передбачено **гаряче повітря** з фільтрацією жиру.
- Зона Г — потребує **фільтрації до класу F7** через вимоги до упаковки харчових продуктів.
- Усі канали — утеплені, з шумоглушниками та зворотними клапанами.

3.3 Аеродинамічний розрахунок

Для забезпечення необхідного повітрообміну розраховано діаметри повітроводів, швидкість повітря та аеродинамічний опір системи.

Вихідні параметри:

- Максимальна швидкість в магістралі: **6 м/с**;
- Сумарна витрата: **24 500 м³/год = 6.8 м³/с**.

Діаметр головного повітроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4L}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6.8}{3.14 \cdot 6}} 0.76 \text{ м} \Rightarrow 800$$

Пояснення:

- Для кожної гілки розраховано місцеві опори: трійники, відводи, дифузори.
- Використано **закон Бернуллі** та метод діаграмного сумування втрат.
- Загальний опір системи: **до 600 Па**.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Підбір обладнання

Підібрано вентиляційні установки на основі витрати повітря, температури зовнішнього повітря та типу нагрівача.

Зона	Установка	Витрата, м ³ /год	Нагрівач	Виробник
А	Remak CHV-9000	10800	Електро	Чехія
Б	Aerostar SWH-5000	5200	Водяний	Україна
В	Vents VUT 4000	4300	Електро	Україна
Г	WOLF SKL-2800	2900	Електро	Німеччина

Додатково:

- Фільтри G4 + F7 (двоступенева фільтрація);
- ЕС-вентилятори з плавним регулюванням;
- Вбудовані шумоглушники та рекуператори (де передбачено).

Повітроводи виготовляються з оцинкованої сталі товщиною **0.8–1.0 мм** з фланцевим з'єднанням. У системі використано **прямокутні та круглі канали**, залежно від архітектурних обмежень приміщення.

Круглі повітроводи забезпечують **менший гідравлічний опір** (до 25 % менше, ніж прямокутні), тому використовуються в магістральних ділянках. Прямокутні застосовуються у тісних зонах або над обладнанням.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглядалися альтернативні варіанти обладнання (Systemair, VTS, Salda), однак перевагу надано Remak та Aerostar через:

- відповідність технічним параметрам (напір, витрата);
- локальне представництво та сервісна підтримка;
- наявність опцій **вбудованого контролера**, регуляторів обертів, функції “free cooling”.

№	Найменування	Модель (виробник)	Кількіст ь	Основні характеристики
1	Вентиляційна установка 	Remak AeroMaster XR	2	Продуктивність: 6 000 м³/год; ЕС- вентилятори, рекуператор пластинчастий
2	Вентилятор каналний 	Vents VKM 250 EC	4	Продуктивність: 1 500 м³/год; Шум: ≤ 55 дБА

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3	Повітроводи оцинковані 	Прямокутні , Ø 400–800	–	Матеріал – сталь оцинкована 0,8 мм
4	Шумоглушник круглий 	Vents SR 250	4	Ефективність шумопоглинання : до –20 дБА
5	Фільтр тонкого очищення 	F7 (касетний)	2	Ступінь очищення – до 90 %

3.5 Заходи з енергозбереження

Для зниження споживання електроенергії застосовано такі рішення:

- **ЕС-технології** — економія до 30 % у порівнянні зі звичайними вентиляторами;
- **Агрегати з рекуперацією тепла** — повернення до 65 % енергії в приплив;
- **Ізоляція повітродів** — матеріал K-FLEX ST, товщина 13–19 мм;
- **Інтелектуальні контролери** — автоматичне керування залежно від t , CO_2 , вологості;
- **Free cooling** — вентиляція зовнішнім повітрям у холодні періоди (без підігріву).

Приблизна економія електроенергії в опалювальний сезон — до **4–6 МВт·год** або **20–25 тис. грн/рік**.

На основі розрахунку, середнє споживання вентиляційної системи становитиме:

$$P = \frac{W}{\eta} = \frac{8.8 \text{ кВт}}{0.85} = 10.35 \text{ кВт}$$

При роботі 16 год/добу протягом 180 днів:

$$E = 10.35 \cdot 16 \cdot 180 = 29736 \text{ кВтгод}$$

Використання енергоефективних технологій дозволяє скоротити споживання на **30 %**, тобто до **20 800 кВт·год**. Це дає щорічну економію \approx **45 000 грн**, що окупить витрати на ЕС-вентилятори за **2 сезони**.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

1. Визначено повітрообмін у кожній зоні згідно з тепловиділенням та санітарними нормами.
2. Запропоновано систему **механічної припливно-витяжної вентиляції** з енергоощадними технологіями.
3. Виконано **аеродинамічний розрахунок**, підібрано повітроводи, враховано місцеві опори.
4. Обрано обладнання європейського та українського виробництва з високим ККД.
5. Реалізовано заходи з **енергозбереження та автоматизації**, що відповідають сучасним нормам та принципам сталого розвитку.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Розробка системи кондиціонування повітря

Теоретичне пояснення принципу кондиціонування

Кондиціонування повітря — це процес **обробки повітря**, що передбачає не лише охолодження, а й **очищення, осушення або зволоження, фільтрацію та перемішування**. Сучасні системи ОВК (опалення, вентиляції, кондиціонування) працюють за принципом **зонального клімат-контролю**, де кожна зона має індивідуальні параметри температури та вологості.

Типи систем кондиціонування

Основні класи систем:

- **спліт-системи** – для невеликих приміщень;
- **мультизональні VRV/VRF** – складні та дорогі для харчової промисловості;
- **чилер-фанкойл** – оптимальне рішення для середніх і великих виробництв, дозволяє централізоване охолодження, високий ККД, просту експлуатацію.

У зонах охолодження та пакування продукції важливо підтримувати **стабільний мікроклімат**, що неможливо лише за допомогою вентиляції. Особливо критичним є утримання **температури у межах 20–22 °С** при високій вологості, що вимагає **застосування системи кондиціонування повітря**.

Система кондиціонування проектується за **принципом зонального охолодження**, із локальним регулюванням температури у кожному приміщенні.

Вона дозволяє:

- підтримувати стабільну температуру у зоні Г (пакування);
- знижувати температуру повітря у зоні В (охолодження продукції після печі);
- зменшувати навантаження на загальну вентиляційну систему влітку;

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечити енергозбереження завдяки використанню **чилера з водяним охолодженням та фанкойлів.**

Чому вентиляції недостатньо?

Вентиляція лише видаляє надлишки теплого повітря, але **не дозволяє точно контролювати температуру подачі**, особливо у спекотні періоди.

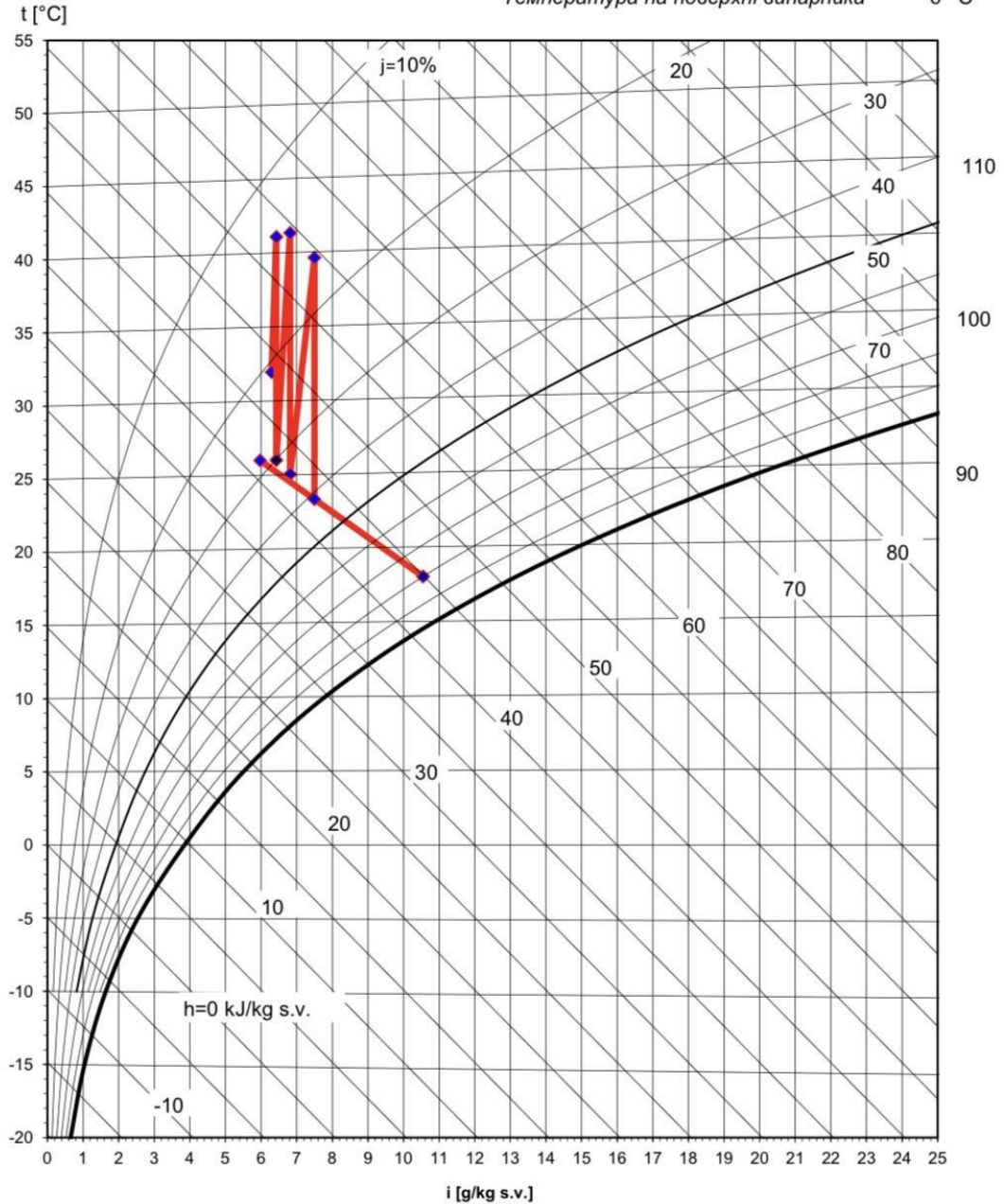
Кондиціонування – єдиний спосіб **активного охолодження та осушення повітря**, необхідний для забезпечення:

- високої якості продукції (пил, прилипання, термічне розшарування);
- комфортних умов праці персоналу;
- збереження електронного пакувального обладнання.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Психрометрична I-d діаграма
Зона А (Діаграма Мольє)

Атмосферний тиск: 99 kPa
Макс. Допустима вологість: 100 %
Температура на поверхні випарника: 6 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура	t	°C	26,0	18,0	23,3	39,6	25,0	41,3	26,0	41,1	31,9	
Вологість	φ	%	28%	80%	41%	16%	34%	14%	30%	13%	21%	
Вологовміст	x	g/kg s.v.	6,0	10,6	7,5	7,5	6,8	6,8	6,4	6,4	6,3	
Ентальпія	h	kJ/kg s.v.	41,5	44,9	42,6	59,3	42,6	59,3	42,6	58,0	48,4	
Густина	ρ	kg/m ³	1,15	1,18	1,16	1,10	1,15	1,09	1,15	1,09	1,13	
Темп.волог.терм	tv	°C	17,5	29,7	17,5	29,7	17,5	31,7	17,4	3,3	3,3	
Витрата	Vs	m ³ /h	2 522	1 236	3 759	3 965	3 776	3 983	3 786	3 977	3 861	
Витрата*	Vn	m ³ /h	2 400	1 200	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	
Потужність	P	kW				20,0	-20,0	20,0	-20,0	18,5	-11,6	
Вологопрітік	qw	kg/h			0,0	0,0	-3,0	0,0	-1,7	0,0	-0,6	

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

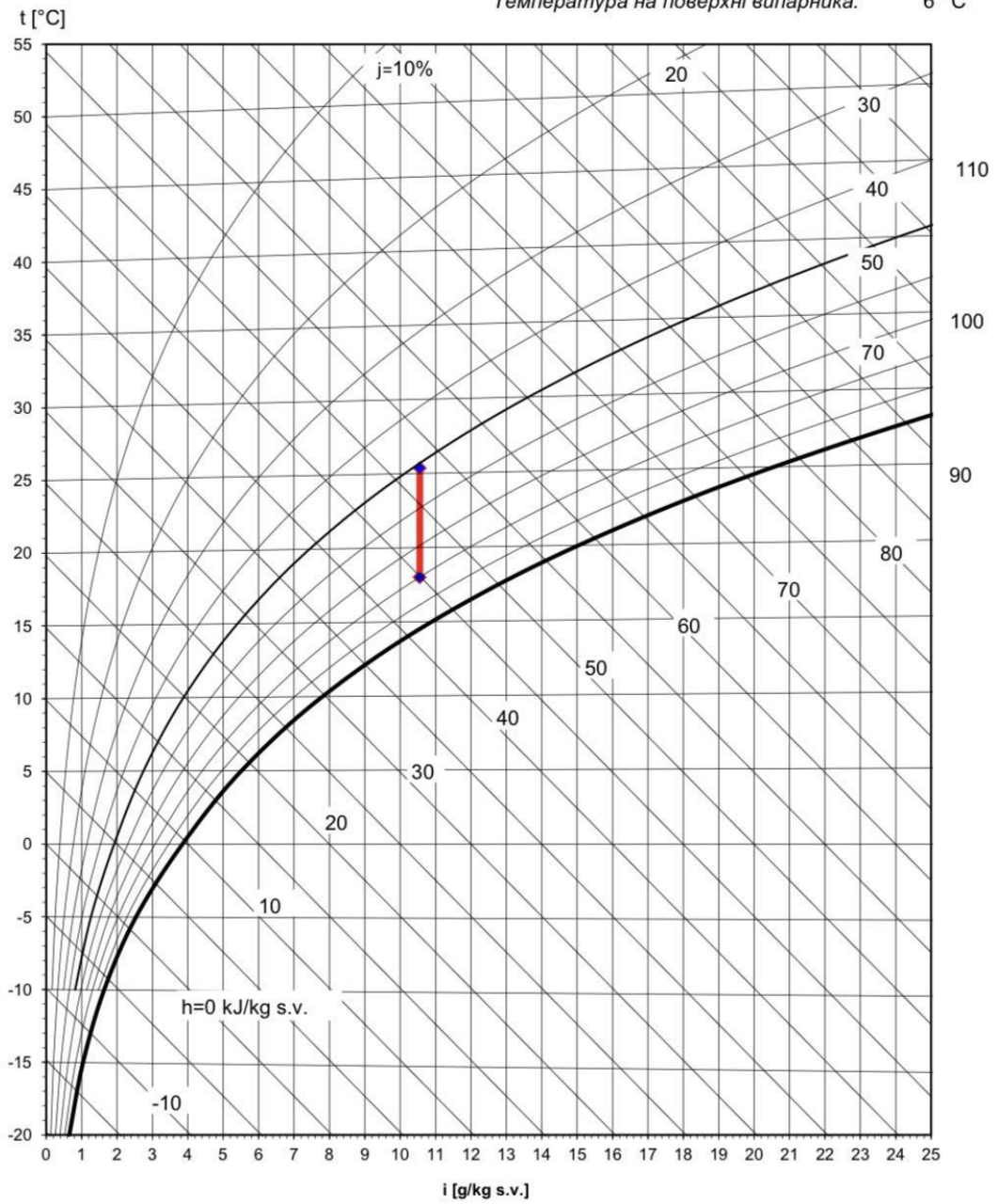
Кваліфікаційна робота бакалавра

Арк.
32

Психрометрична I-d діаграма
(Діаграма Мольє)

Зона Б

Атмосферний тиск: 99 кПа
Макс. Допустима вологість: 100 %
Температура на поверхні випарника: 6 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура	t	°C	18,0	25,4								
Вологість	φ	%	80%	51%								
Вологовміст	x	g/kg s.v.	10,6	10,6								
Ентальпія	h	kJ/kg s.v.	44,9	52,5								
Густина	ρ	kg/m ³	1,18	1,15								
Темп. волог. терм	tv	°C	13,5	20,0								
Витрата	Vs	m ³ /h	2 473	2 535								
Витрата*	Vn	m ³ /h	2 400	2 400								
Потужність	P	kW		6,1								
Вологопритік	qw	kg/h		0,0								

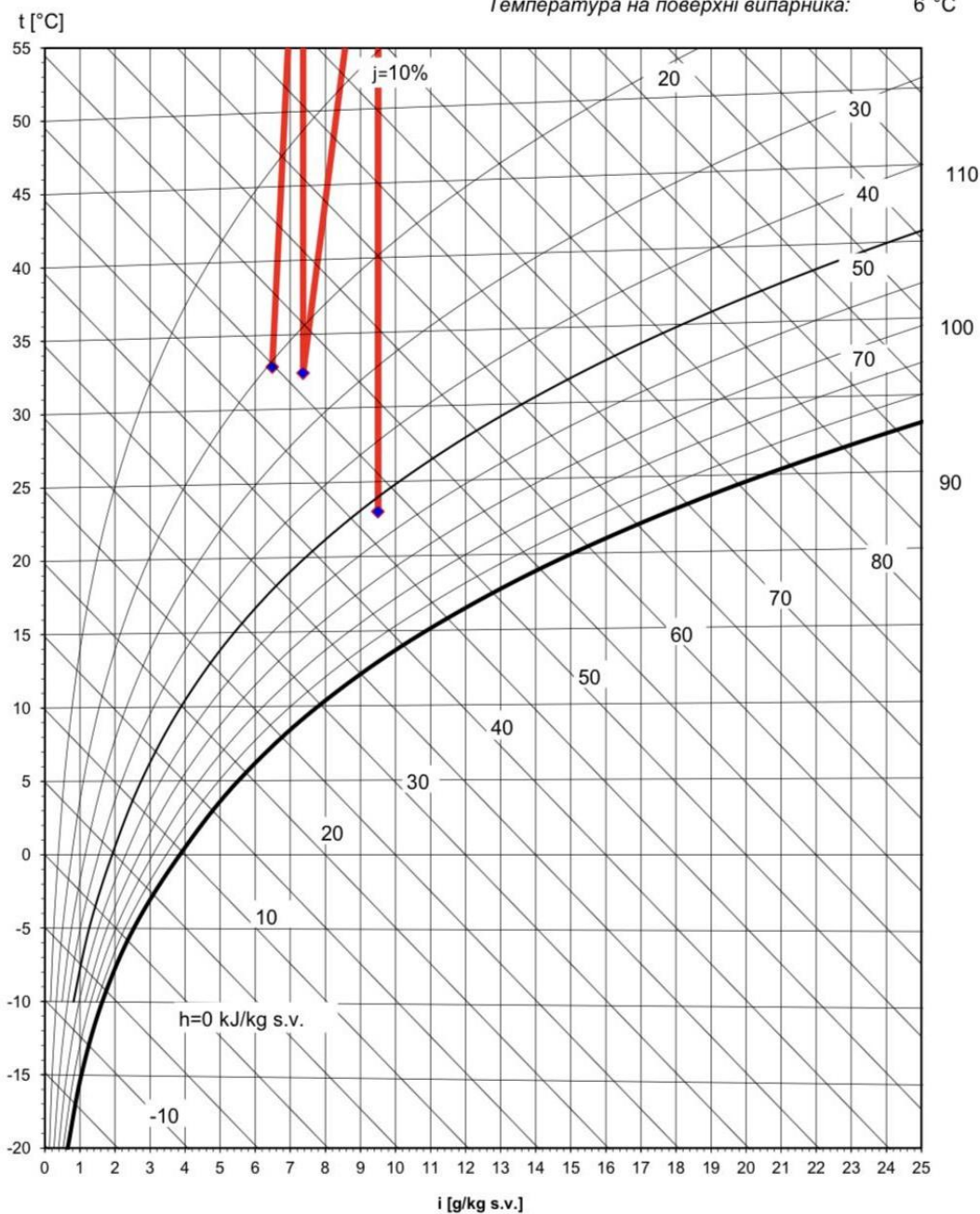
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

Арк.
33

Психрометрична I-d діаграма
Зона В (Діаграма Мольє)

Атмосферний тиск: 99 кПа
Макс. Допустима вологість: 100 %
Температура на поверхні випарника: 6 °C



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура	t °C	23,0	71,2	32,4	74,9	32,9					
Вологість	φ %	53%	5%	24%	3%	20%					
Вологовміст	x g/kg s.v.	9,5	9,5	7,4	7,4	6,5					
Ентальпія	h kJ/kg s.v.	47,4	96,9	51,6	95,1	49,8					
Густина	ρ kg/m ³	1,16	1,00	1,12	0,99	1,12					
Темп. волог. терм	t_v °C	19,4	30,8	22,4	32,7	25,1					
Витрата	V_s m ³ /h	1 046	1 216	1 076	1 225	1 076					
Витрата*	V_n m ³ /h	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000					
Потужність	P kW	16,5	-15,1	14,5	-15,1						
Вологопрітік	q_w kg/h		0,0	-2,6	0,0	-1,1					

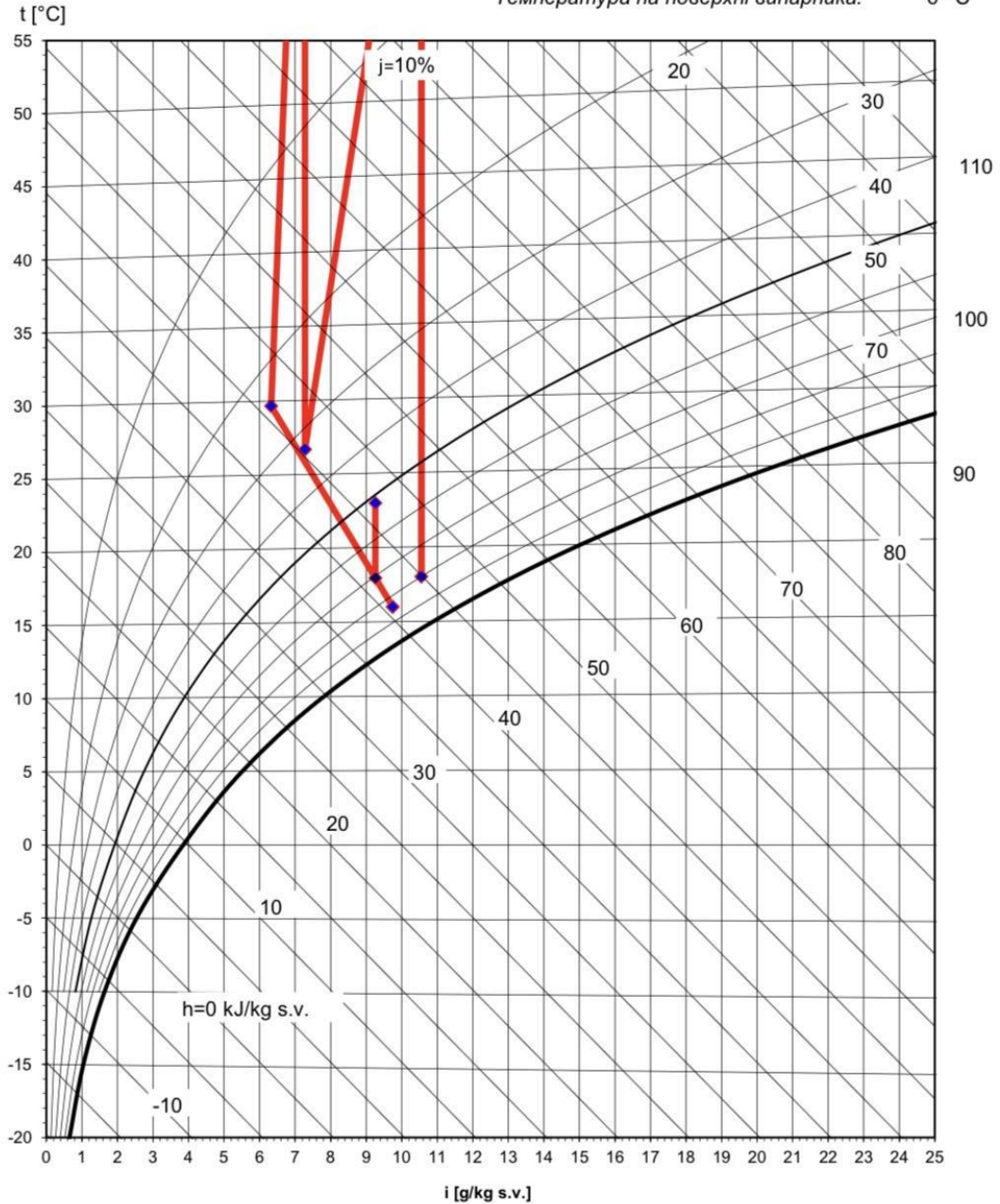
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

Арк.
34

Психрометрична I-d діаграма
Зона Г (Діаграма Мольтє)

Атмосферний тиск: 99 kPa
Макс. Допустима вологість: 100 %
Температура на поверхні випарника: 6 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура	t	°C	18,0	76,3	26,7	85,3	29,7	16,0	17,9	23,0		
Вологість	φ	%	80%	4%	33%	2%	24%	84%	71%	52%		
Вологовміст	x	g/kg s.v.	10,6	10,6	7,3	7,3	6,3	9,7	9,3	9,3		
Ентальпія	h	kJ/kg s.v.	44,9	104,9	45,5	105,5	46,1	40,8	41,6	46,8		
Густина	ρ	kg/m ³	1,18	0,98	1,15	0,96	1,13	1,19	1,18	1,16		
Темп.волог.терм	tv	°C	13,5	29,4	13,5	29,4	13,5	31,4	9,7	2,9		
Витрата	Vs	m ³ /h	1 030	1 237	1 056	1 262	1 064	6 132	7 196	7 321		
Витрата*	Vn	m ³ /h	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	6 000	7 000	7 000		
Потужність	P	kW		20,0	-19,8	20,0	-19,8			12,1		
Вологопритік	qw	kg/h		0,0	-3,9	0,0	-1,1		0,0	0,0		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

Арк.
35

4.2 Підбір обладнання для системи кондиціонування

Для реалізації системи обрано **чилер типу “вода–повітря” та внутрішні фанкойли** в зонах охолодження та пакування. Така система дає змогу забезпечити:

- гнучке керування температурою;
- незалежність від припливно-витяжної системи;
- високу енергоефективність за рахунок **використання холодоносія (вода + гліколь)**.

Обладнання системи:

- **Чилер: YORK YVAG 030 (США)**
 - потужність охолодження: 30 кВт;
 - витрата холодоносія: 4.5 м³/год;
 - COP (коефіцієнт ефективності): 3.2;
 - тип компресора: спіральний;
 - джерело охолодження: повітря (конденсатор).
- **Фанкойли настінні: WITO HPL 600–900 (Польща)**
 - продуктивність охолодження: 2.5–4.2 кВт;
 - вентилятори з 3-ма швидкостями;
 - керування – термостати з програмуванням;
 - рівень шуму: ≤ 35 дБА.

Додатково (з Додаток 2):

- Температурні режими роботи холодоносія: **+6/+12 °С та +10/+5 °С** у різних гілках;
- Фанкойли також обслуговують **тунель охолодження**, де температура продукції після охолодження має становити **+5...+15 °С**;

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- В системі охолодження задіяно **2 гілки** — одна для фанкойлів (повітряне охолодження), інша — для технологічного теплообмінника (водяне охолодження стрічки).

Фанкойл — це внутрішній блок з теплообмінником і вентилятором, через який проходить охолоджена вода. Він не має компресора, тому працює **без шуму та вібрації**, і легко вбудовується у будь-яке приміщення.

Пояснення вибору чилера

У порівнянні з системами типу VRF, чилер:

- забезпечує **значно нижчий рівень шуму**;
- має **вищу гнучкість в роботі з холодоносіями (гліколь, вода)**;
- дозволяє підключити **будь-яку кількість фанкойлів або навіть теплообмінники** для технологічного охолодження;
- довговічніший при промисловому навантаженні.

Досвід експлуатації


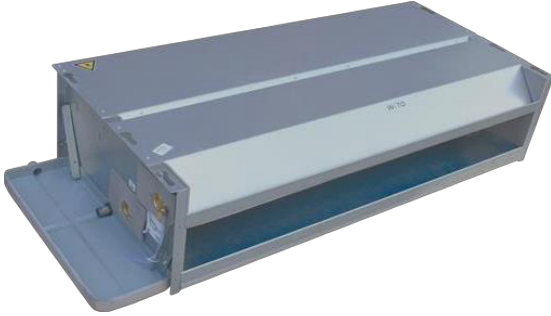
Модель YORK YVAG використовується в об'єктах харчової промисловості Європи, має **сертифікати Eurovent**, дозволяє роботу до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ без додаткового обігріву.

Фанкойли як гнучкий інструмент мікроклімату

Переваги:

- можливість точного регулювання температури;
- безшумна робота;
- проста заміна чи сервіс;
- можливість використання **в системах із вентиляційним підпором повітря** (не впливають одне на одного).

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Найменування	Модель (виробник)	Кількість	Основні характеристики
1	Чилер 	York YVAG 030 (США)	1	Охолодження: 30 кВт; COP = 3.2; R410a
2	Фанкойл настінний 	WITO HPL 600– 900 (PL)	6	Охолодження: 2.5–4.2 кВт; 3 швидкості вентилятора
3	Насос циркуляційний	Grundfos MAGNA 3 32-80	1	ЕС-мотор, адаптивне керування, t до +110 °C

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



4 Клапан триходовий з сервоприводом

Danfoss
AMV/EV
O

6

Управління
температурою
води



5 Гідралічний роздільник

Meibes
або аналог

1

Розділення
контурів
чилера та
фанкойлів



MODERNSYS

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

Арк.
39

4.3 Гідравлічне рішення та схема системи

Усі фанкойли підключені через двотрубну гідравлічну схему з подачею охолодженої води з чилера. На кожному фанкойлі встановлено:

- триходовий клапан з сервоприводом (для регулювання витрати);
- фільтр-грязьовик;
- балансувальний клапан;
- відвідник повітря.

Насосна група складається з:

- циркуляційного насоса Grundfos MAGNA 3;
- гідравлічного роздільника;
- баку-розширювача;
- автоматичної системи доливу.

Усі елементи обв'язки — з ізоляцією та розраховані на t води $+6...+12$ °С.

Технічні характеристики схеми

Гідравліка спроектована як замкнене кільце з примусовою циркуляцією, з урахуванням мінімізації втрат тиску. Кожен фанкойл має:

- **власний балансувальний клапан** — для гідравлічного врівноваження;
- **запірно-регулюючу арматуру;**
- **автоматичний відвідник повітря.**

Насосна група оснащена частотним перетворювачем, що дозволяє автоматично регулювати потужність залежно від відкритості клапанів.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Автоматизація роботи кондиціонування

Система кондиціонування інтегрована з BMS (Building Management System) підприємства. Передбачено:

- **зональне керування кожним фанкойлом** через цифрові термостати;
- можливість **віддаленого керування** температурою через веб-інтерфейс;
- **автоматичний запуск/зупинка чилера** відповідно до часу доби;
- **аварійні датчики тиску, потоку, температури** для захисту обладнання.

Алгоритм роботи системи автоматично

1. Термостат зчитує температуру у приміщенні;
2. Дає сигнал на триходовий клапан фанкойла;
3. У разі потреби охолодження відкривається подача холодоносія;
4. Якщо температура нижча від заданої – клапан перекривається;
5. При необхідності — активується чилер (центральне джерело холоду).

Система керування

- SCADA/Modbus система відображає температурні графіки у реальному часі;
- оператор може задавати сценарії роботи (наприклад: “нічний режим”, “вихідний”, “пік”).

4.5 Енергоефективність системи

Основні заходи:

- використання **чилера з COP > 3.0**, що втричі ефективніше прямого електроохолодження;

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування **ЕС-насосів** для зниження споживання на 30 %;
- режим “free cooling” при температурі зовнішнього повітря нижче +10 °С (підмішування без запуску чилера);
- **нічний режим роботи** із зниженою потужністю та інерційною температурною підтримкою.

Приклад енерговитрат:

$$Q_{\text{охл}} = 20 \text{ кВт} \cdot 12 \text{ год/добу} \cdot 90 \text{ днів} = 21600 \text{ кВтгод}$$

COP = 3.2 → споживання електроенергії ≈ 6750 кВт·год.

Порівняно з прямим охолодженням це дає економію ≈ **14 000 грн/сезон**.

Довгостроковий економічний ефект

При експлуатації фанкойлів середній COP всієї системи (чилер + внутрішні блоки) сягає **3.0–3.5**, що вдвічі вигідніше за класичні кондиціонери з COP ≈ 1.5.

Розрахунок TCO (Total Cost of Ownership)

TCO — це загальна вартість володіння системою: враховуються не лише первинні витрати (обладнання + монтаж), а й **експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу** (енергія, обслуговування, ремонт).

Параметр	Значення
Вартість обладнання	~250 тис. грн
Монтаж і обв'язка	~90 тис. грн
Щорічна економія	~14–18 тис. грн

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окупність	3–4 роки
Термін служби системи	≥12 років

Пояснення: При стабільній роботі системи кондиціонування окупність вкладень відбудеться орієнтовно за 3–4 роки завдяки скороченню енергоспоживання та простої у роботі.

Порівняльний аналіз із VRF-системою:

- вартість VRF-систем на 30–50 % вища при аналогічній продуктивності;
- потребує щорічного обслуговування кваліфікованим персоналом;
- не передбачає використання водяного холодоносія, що збільшує енерговитрати;
- складніше масштабувати або модернізувати.

Порівняльна оцінка систем кондиціонування

Первинні капітальні витрати	Середні (~250 тис. грн)	Високі (> 300 тис. грн)	Низькі (~150 тис. грн)
Енергоспоживання на охолодження	~21 600 кВт·год/сезон	~25 000 кВт·год	~35 000 кВт·год
Ефективність (COP)	3.2–3.5	2.8–3.0	1.5–2.0

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін служби	≥12 років	8–10 років	5–7 років
Шум і вібрація	Низькі	Середні	Високі
Можливість розширення системи	Висока	Обмежена	Відсутня
Обслуговування	Просте	Ускладнене	Дуже просте
Річна економія	~14–18 тис. грн	~8–12 тис. грн	—

COP – коефіцієнт ефективності охолодження (чим вище, тим краще).

Висновок

1. У зоні охолодження та пакування необхідне кондиціонування для дотримання температурного режиму.
2. Застосовано систему на основі чилера та фанкойлів — ефективну, гнучку та зручною в експлуатації.
3. Обрано обладнання європейських виробників з високим ККД, низьким рівнем шуму та надійною автоматикою.
4. Система інтегрується в загальну BMS підприємства, підтримує **режими енергозбереження** та “free cooling”.
5. Розрахунки показують значну економію в порівнянні з традиційними спліт-системами.

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Загальні принципи автоматизації систем ОВК

Автоматизація інженерних систем (вентиляції, кондиціонування, обігріву) є критично важливою для досягнення:

- стабільності мікроклімату;
- економії енергоресурсів;
- зниження витрат на обслуговування;
- оперативного керування та діагностики систем.

Автоматизована система керування (АСК) має забезпечити **безперервний моніторинг, регулювання параметрів у режимі реального часу та автоматичне реагування на зміну зовнішніх або внутрішніх умов.**

У даному проєкті передбачено **інтеграцію вентиляційних та холодильних систем у єдиний контур автоматизації** з використанням цифрових контролерів, датчиків і виконавчих механізмів.

5.2 Структура системи автоматизації

Компоненти АСК:

1. Датчики:

- температура (внутрішня/зовнішня);
- вологість повітря;
- вуглекислий газ (CO₂);
- тиск у повітроводах та трубах;
- швидкість потоку (анемометри).

2. Виконавчі механізми:

- **трьохходові клапани** (з сервоприводами);
- **регулятори обертів вентиляторів** (частотні перетворювачі);
- **заслінки з сервокеруванням**;
- **пускозахисна апаратура** (контактори, реле).

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Контролери та інтерфейс:

- контролери типу **Danfoss MCX**, Siemens Climatix, або Carel;
- зв'язок через **Modbus/BACnet**;
- панель НМІ (людино-машинний інтерфейс) або SCADA-система.

4. Центральне керування:

- диспетчеризація;
- автоматичні графіки запуску/зупинки;
- аварійні сигнали та архівування подій.

5.3 Алгоритми та логіка керування

Основні алгоритми системи:

Об'єкт керування	Алгоритм роботи
Вентиляційна установка	Вмикається при перевищенні температури/CO ₂
Чилер	Працює лише при активності ≥ 1 фанкойла
Фанкойл	Вмикається термостатом, керує клапаном і вентилятором
Рециркуляція	Активується при зовнішній температурі $< +8$ °C
Нічний режим	Зниження потужності після 21:00, автоматичне відновлення

У зоні Г (пакування) встановлений фанкойл з індивідуальним термостатом.

Температура підтримується у межах **20–22 °C**.

Підключений **датчик присутності**, що дозволяє **вимикати охолодження автоматично**, коли працівники відсутні.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сценарій:

- якщо $t > 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ → клапан відкривається, вентилятор працює на 2-й швидкості;
- якщо $t < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ → клапан закривається, вентилятор зупиняється;
- якщо протягом 15 хв не виявлено людей → повне відключення.

Реалізовано відповідно до технічного завдання (Додаток 2):

- Система керується **контролером Siemens** (тип Climatix або аналогічний);
- Передбачено **режими: «Робота», «Стоп», «Аварія», «Пожежа»;**
- Автоматичний запуск/зупинка чилера, вентиляції, насосів;
- Виведення даних на **локальний пульт оператора** + можливість диспетчеризації через **SCADA-сервер** підприємства.

5.4 Протоколи та стандарти

Система автоматизації відповідає стандартам:

- **IEC 61131-3** — програмоване логічне керування;
- **ISO 16484** — інтеграція систем автоматизації будівель;
- **Modbus RTU/TCP, BACnet** — відкриті протоколи обміну;
- **EN 60730** — безпека керування HVAC.

Використання відкритих протоколів дозволяє **масштабувати систему** та легко інтегрувати нові пристрої або датчики у майбутньому.

5.5 Переваги автоматизації для підприємства

- **Зменшення енерговитрат** на 15–25 % завдяки оптимальному режиму роботи обладнання.
- **Підвищення надійності системи** — мінімізація людського втручання.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Можливість віддаленого моніторингу та керування** через ПК або смартфон.
- **Архівування даних** для аналізу, аудитів, перевірок Держпродспоживслужби.
- **Інтеграція в BMS** підприємства — єдина платформа для управління всіма системами.

Висновок

1. У дипломному проєкті реалізовано **повноцінну систему автоматизації інженерних мереж**, що забезпечує стабільну роботу вентиляції, кондиціонування та гідравліки.
2. Застосовано **цифрові контролери, датчики та виконавчі механізми**, що працюють у зв'язці з SCADA або HMI.
3. Реалізовані алгоритми керування враховують **режими роботи, сезонність, економію енергії та вимоги безпеки**.
4. Система відповідає сучасним нормам, має можливість **масштабування та інтеграції** в загальну систему керування підприємством.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1 Заходи щодо захисту від шуму та вібрації

У проєктованій системі вентиляції та кондиціонування використовуються вентилятори, компресори, насоси, які створюють **механічний та аеродинамічний шум**. Надмірний шум шкодить здоров'ю працівників, знижує продуктивність праці, а в деяких випадках — спричиняє професійні захворювання.

Вимоги згідно ДСН 3.3.6.037-99:

Категорія приміщення	Допустимий рівень шуму, дБА
Виробничі з постійним перебуванням людей	≤ 80
Адміністративно-побутові приміщення	≤ 65
Зона пакування харчових продуктів	≤ 60

Реалізовані технічні заходи:

- Вентиляційне обладнання розташовано у **звукоізольованих камерах**.
- Всі повітроводи оснащені **шумоглушниками** типу Silvent або Decibel.
- Використано вентилятори з **ЕС-моторами**, які мають мінімальний рівень вібрацій.
- При монтажі застосовано **вібропоглинаючі вставки**, гумові подушки та гнучкі з'єднання.
- Для персоналу у зоні А передбачено **індивідуальні засоби захисту слуху** (беруші, навушники).

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Заходи безпеки при роботі з електричним обладнанням

Системи вентиляції та кондиціонування використовують електрообладнання потужністю до 30–40 кВт, що потребує дотримання **вимог електробезпеки** згідно з:

- **ДНАОП 0.00-1.21-98** — “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”;
- **ДСТУ EN 60204-1:2015** — “Безпека машин. Електрообладнання”.

Категорії електробезпеки:

- Приміщення належать до категорії з **підвищеною небезпекою** (вологість, наявність металевих конструкцій).
- Всі щити та шафи — **металеві, заземлені, з ІР не нижче ІР44.**
- У щитах встановлено:
 - **УЗО** (пристрої захисного відключення);
 - **автоматичні вимикачі;**
 - **сигнальні лампи, написи, розшифровки.**

Додатково:

- Проведено **інструктаж персоналу І групи допуску з електробезпеки.**
- Передбачено **періодичну перевірку опору ізоляції та заземлення.**
- На кожному електрообладнанні — **таблички з номіналами, схемами, попереджувальними знаками.**

6.3 Протипожежні заходи

Згідно **ДБН В.1.1-7:2016 “Пожежна безпека об’єктів будівництва”**, проєктоване обладнання належить до категорії пожежної небезпеки **Г (низька горючість)**, однак передбачено:

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості розміщення обладнання:

- Холодильний агрегат змонтований на **даху виробничої будівлі**, на окремому сталевому майданчику з антивібраційними подушками;
- Передбачено **заземлення, блискавкозахист** і пожежні відсіки згідно з ДБН В.1.1-7:2016;
- Обладнання заправлено холодоагентом **R404A**, маса – до 5.6 кг;
- Вимагає регулярного технічного обслуговування, перевірки герметичності та наявності **пожежного інвентаря**.

Технічні заходи:

- Всі повітроводи ізольовані негорючими матеріалами (K-FLEX ST, клас Г1).
- В системі передбачено **вогнезатримуючі клапани** (з пружиною, зворотні димові заслінки).
- На кожній ділянці вентиляції встановлено **датчики перегріву / диму**.
- Обладнання автоматично зупиняється у разі виявлення **пожежонебезпечної ситуації**.

Організаційні заходи:

- Наявність **вогнегасників порошкових типу ВП-5** у кожному технічному приміщенні.
- Проведення інструктажу з пожежної безпеки для всіх працівників.
- Вивішено **плани евакуації**, вказано місця первинних засобів **пожежогасіння**.
- Заборонено використання відкритого полум'я, кип'ятильників, обігрівачів.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

1. Забезпечено дотримання всіх **нормативних вимог щодо шуму, вібрацій, електробезпеки та пожежної безпеки.**
2. Усі технічні рішення виконані з урахуванням **реальної експлуатації виробництва.**
3. Передбачено **засоби колективного та індивідуального захисту** для персоналу.
4. Система вентиляції та кондиціонування є **безпечна, енергоефективна та контрольована** на всіх етапах роботи.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даній дипломній кваліфікаційній роботі виконано повний цикл проєктування системи вентиляції та кондиціонування для технологічної лінії на ПрАТ «ККФ «Рошен» у місті Бориспіль.

У ході проєкту було досягнуто наступного:

1. Проведено аналіз об'єкта проєктування, зібрано всі вихідні дані та виконано зональне планування приміщень відповідно до технологічного процесу.
2. Виконано **теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій**, встановлено фактичні тепловтрати приміщення та визначено потребу в утепленні.
3. Розроблено ефективну **систему припливно-витяжної вентиляції**, проведено аеродинамічний розрахунок, визначено обсяги повітрообміну, підбрано обладнання.
4. Спроектовано **систему кондиціонування повітря** на базі чилера та фанкойлів, з урахуванням зонального регулювання температури та вимог харчового виробництва.
5. Впроваджено повноцінну **систему автоматизації**, що забезпечує безперебійну роботу обладнання, контроль параметрів, енергоефективність і безпечну експлуатацію.
6. Передбачено **комплекс заходів з охорони праці**, протипожежного захисту, шумозахисту та електробезпеки згідно чинних норм та стандартів України.

Таким чином, проєкт повністю відповідає технічним, санітарним, енергетичним та експлуатаційним вимогам. Запропоновані рішення можуть бути **реалізовані на практиці** та сприятимуть покращенню умов праці, якості продукції та енергоефективності виробництва.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013 — Опалення, вентиляція, кондиціонування.
2. ДБН В.2.6-31:2021 — Теплова ізоляція будівель.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 — Будівельна кліматологія.
4. ДБН В.1.1-7:2016 — Пожежна безпека об'єктів будівництва.
5. ДСН 3.3.6.042-99 — Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
6. ISO 16484 — Системи автоматизації будівель та будівельного обладнання.
7. Каталоги обладнання: Remak, Aerostar, York, WITO, Vents (технічні паспорти 2023–2024 рр.).
8. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730:2005, IDT) ДСТУ ISO 7730:2006 — Ергономіка теплового середовища. Визначення комфорту.
9. Погосов, О. Г. ., Чепурна, Н. В. ., Пасічник, П. О. ., Кулінко, Є. О. ., & Дорошенко, А. А. . (2023). Сучасні системи тепло- та паропостачання промислових підприємств при застосуванні глибокої утилізації енергетичного потенціалу технологічної пари . Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 45, 42–51. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.45.42-51>
10. Рибачов С. Г., Корбут В. П., Мілейковський В. О. Системи формування мікроклімату споруд різного призначення. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Розрахунок СКП дата-центрів та інших приміщень з електротехнічним обладнанням» – Київ: КНУБА, 2023. – 20 с.
11. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів. – Відень-Київ-Симферополь: ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х, 2010.
12. ДСН 3.3.6.037-99 — Санітарні норми допустимих рівнів шуму на

робочих місцях.

13. Любарець О.П., Сенчук М.П., Любарець В.О. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проектів з дисципліни опалення для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальністю «Теплогазопостачання і вентиляція». – К.: КНУБА, 2015. – 26с.

14. Любарець О.П. Методичні рекомендації до дипломного проектування за напрямком «Опалення, вентиляція та кондиціонування» для студентів спеціальності 7.092108 «Теплогазопостачання і вентиляція». Частина I. «ОПАЛЕННЯ» (для систем водяного опалення). - К.: КНУБА, 2006. - 15с.

15. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.. – Київ : КНУБА, 2002. – 255с.

16. Росковшенко Ю.К. Центральні системи кондиціонування повітря: навчальний посібник. – К.: - ІВНВКП «Укреліотех», 2008. – 216 с.

17. ДНАОП 0.00-1.21-98 — Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

18. EN 60730 — Автоматичні електричні регулятори для побутового і аналогічного використання.

					Кваліфікаційна робота бакалавра	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Характеристика в сухому стані			Розр. харак. в умовах експлуатації						
	густина кг/м³	питома теплоєм. кДж/(кг·К)	теплопро- відність Вт/(м·К)	Розр. вміст вологи за масою %		теплопро- відність Вт/(м²·К)		Коеф. теп- лозасвоєня Вт/(м²·К)		коеф. паро- проникності мг/(м·год·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Повітряний прошарок	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури 75 кг/м³	75	0,84	0,047	2	5	0,055	0,062	0,55	0,61	0,55
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури 125 кг/м³	125	0,84	0,049	2	5	0,06	0,07	0,73	0,82	0,49
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури 150 кг/м³	150	0,84	0,044	2	5	0,055	0,066	0,75	0,87	0,45
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури 175 кг/м³	175	0,84	0,046	2	5	0,058	0,072	0,83	0,98	0,41
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури 200 кг/м³	200	0,84	0,049	2	5	0,064	0,081	0,93	1,11	0,37
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури 175 кг/м³	175	0,84	0,051	2	5	0,065	0,079	0,88	1,04	0,4
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури 200 кг/м³	200	0,84	0,053	2	5	0,071	0,087	0,98	1,16	0,36
Плити мінераловатні гофрованої структури 70 кг/м³	70	0,84	0,042	2	5	0,05	0,055	0,49	0,54	0,54
Плити мінераловатні гофрованої структури 100 кг/м³	100	0,84	0,043	2	5	0,053	0,06	0,6	0,68	0,48
Плити мінераловатні гофрованої структури 170 кг/м³	170	0,84	0,045	2	5	0,059	0,07	0,82	0,97	0,41
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 6,5% до 8,0%) 150 кг/м³	150	0,84	0,044	2	5	0,054	0,064	0,76	0,88	0,45
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 6,5% до 8,0%) 170 кг/м³	170	0,84	0,045	2	5	0,055	0,065	0,82	0,97	0,42
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 6,5% до 8,0%) 180 кг/м³	180	0,84	0,046	2	5	0,056	0,066	0,86	1,02	0,4
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 20 кг/м³	20	0,84	0,044	0,5	1	0,048	0,049	0,25	0,26	0,56
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 30 кг/м³	30	0,84	0,043	0,5	1	0,046	0,047	0,3	0,31	0,55
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 50 кг/м³	50	0,84	0,042	0,5	1	0,045	0,046	0,39	0,4	0,54
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 80 кг/м³	80	0,84	0,041	0,5	1	0,044	0,045	0,5	0,53	0,49
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 110 кг/м³	110	0,84	0,042	0,5	1	0,045	0,047	0,56	0,57	0,45
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 4,0% до 5,0%) 190 кг/м³	190	0,84	0,043	0,5	1	0,047	0,052	0,78	0,82	0,32
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 30 кг/м³	30	0,84	0,04	0,5	1	0,044	0,045	0,29	0,3	0,55
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 50 кг/м³	50	0,84	0,039	0,5	1	0,041	0,042	0,36	0,37	0,52
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 70 кг/м³	70	0,84	0,037	0,5	1	0,039	0,04	0,42	0,43	0,5
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 110 кг/м³	110	0,84	0,038	0,5	1	0,043	0,044	0,55	0,56	0,45
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 140 кг/м³	140	0,84	0,039	0,5	1	0,044	0,045	0,62	0,61	0,41
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 180 кг/м³	180	0,84	0,04	0,5	1	0,047	0,048	0,72	0,75	0,34
Плити з мін. вати на синтетичному зв'язуючому (вміст за масою від 3,5% до 4,2%) 220кг/м³	220	0,84	0,041	0,5	1	0,048	0,05	0,81	0,84	0,32
Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті 40кг/м³	40	0,84	0,045	2	5	0,053	0,059	0,58	0,66	0,53
Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті 90кг/м³	90	0,84	0,041	2	5	0,05	0,054	0,48	0,54	0,5
Мати прошивні із мінеральної вати теплоізоляційні 75кг/м³	75	0,84	0,048	2	5	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49
Мати прошивні із мінеральної вати теплоізоляційні 125кг/м³	125	0,84	0,05	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,3
Мати мінераловатні прошивні будівельні 70кг/м³	70	0,84	0,041	2	5	0,049	0,054	0,48	0,54	0,49
Мати мінераловатні прошивні будівельні 95кг/м³	95	0,84	0,043	2	5	0,053	0,059	0,58	0,66	0,4
Кладка из кер. кирпича пусторного 1400 кг/м³	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
Кладка из кер. кирпича пусторного 1300 кг/м³	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
Кладка из кер. кирпича пусторного 1000 кг/м³	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
Пінопласт	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
Пінополістерол	40	1,34	0,037	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
Пінополістерол (важкий)	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
Екструдований пінополістерол	45	1,34	0,03	2	10	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005
Кладка з глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 1800	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
Кладка з глиняної звичайної на цементно-шлаковому розчині 1700	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
Кладка з глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині 1600	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
Граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008

Плити пінополістирольні екструзійні 20	20	1,34	0,037	2	10	0,039	0,041	0,29	0,32	0,02
Плити пінополістирольні екструзійні 25	25	1,34	0,036	2	10	0,038	0,04	0,32	0,36	0,02
Плити пінополістирольні екструзійні 30	30	1,34	0,035	2	10	0,037	0,039	0,34	0,39	0,02
Плити пінополістирольні екструзійні 39	39	1,45	0,034	1	2	0,037	0,037	0,4	0,4	0,025
Плити пінополістирольні екструзійні 50	50	1,34	0,033	2	10	0,038	0,043	0,47	0,54	0,02
Плити пінополістирольні екструзійні 80	80	1,34	0,035	2	10	0,041	0,049	0,59	0,73	0,02
WENTIROCK MAX	80	-	-	1	1	0,036	0,036	1,2	1,2	-
Бетони ніздрюваті	600	0,84	0,13	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
Плити мінерало ватні IZOVAT 200	200	0,84	0,04	0,5	1	0,042	0,046	0,73	0,77	0,31
Плити мінерало ватні IZOVAT 180	180	0,84	0,04	0,5	1	0,042	0,046	0,69	0,73	0,33
Плити мінерало ватні IZOVAT 110	110	0,84	0,038	0,5	1	0,039	0,042	0,49	0,52	0,45
Плити мінерало ватні IZOVAT 80	80	0,84	0,036	0,5	1	0,037	0,041	0,43	0,46	0,049
Плити мінерало ватні IZOVAT 45	45	0,84	0,036	0,5	1	0,4	0,42	0,34	0,35	0,52
Плити мінерало ватні IZOVAT 30	30	0,84	0,036	0,5	1	0,042	0,043	0,28	0,29	0,55
ТЕХНОБЛОК СТАНДАРТ	45	0,84	0,036	0,5	1	0,043	0,046	0,34	0,35	0,3
ТЕХНОРУФ Н30	120	0,84	0,038	0,5	1	0,041	0,042	0,49	0,52	0,45
ТЕХНОРУФ В60	180	0,84	0,038	0,5	1	0,041	0,043	0,69	0,73	0,33
ROCKMIN	26	0,84	0,039	0,5	1	0,042	0,043	0,28	0,29	0,55
Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли густиною 30 кг/м3	30	1,68	0,041	7	30	0,07	0,085	0,42	0,56	0,4
Вироби зі спіненого пінополіетилену густиною 30 кг/м3	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,3	0,33	0,02
Вироби зі спіненого пінополіетилену густиною 50 кг/м3	50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену густиною 30 кг/м3	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,4	0,02
Вироби перлітофосфогельовані густиною 200 кг/м3	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
Вироби перлітофосфогельовані густиною 300 кг/м3	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
Блоки полістиролбетонні стінові густиною 200 кг/м3	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
Блоки полістиролбетонні стінові густиною 300 кг/м3	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,1
Блоки полістиролбетонні стінові густиною 600 кг/м3	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,2	3,07	3,49	0,068
Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогіпсові густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогіпсові густиною 450 кг/м3	450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18
Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні густиною 250 кг/м3	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,2
Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,11	1,64	1,85	0,15
Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,11	10	15	0,14	0,16	2,26	2,59	0,1
Блоки перлітобетонні стінові густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,084	10	15	0,11	0,13	2,24	2,63	0,33
Блоки перлітобетонні стінові густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,09	10	15	0,12	0,14	2,57	3,01	0,3
Блоки перлітобетонні стінові густиною 650 кг/м3	650	0,84	0,093	10	15	0,13	0,15	2,78	3,22	0,29
Вироби цементополістирольні густиною 250 кг/м3	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
Вироби цементополістирольні густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,076	4	8	0,1	0,11	1,53	1,74	0,095
Вироби цементополістирольні густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
Вироби цементополістирольні густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,07
Вироби цементополістирольні густиною 550 кг/м3	550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
Піноскло	160	0,84	0,059	0,5	1	0,06	0,061	0,8	0,81	0
Блоки керамзитцементні густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,3	1,43	0,29
Блоки керамзитцементні густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
Блоки керамзитцементні густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,093	3	6	0,1	0,11	1,87	2,1	0,17
Вироби з арболіту на портландцементі густиною 300 кг/м3	300	2,3	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,3
Вироби з арболіту на портландцементі густиною 400 кг/м3	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,7	0,26
Вироби з арболіту на портландцементі густиною 600 кг/м3	600	2,3	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
Вироби з арболіту на портландцементі густиною 800 кг/м3	800	2,3	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
Плити теплоізоляційні очеретяні густиною 200 кг/м3	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
Плити теплоізоляційні очеретяні густиною 300 кг/м3	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45

Вироби перлітобітумні теплоізоляційні густиною 300 кг/м3	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
Вироби перлітобітумні теплоізоляційні густиною 400 кг/м3	400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
Плити деревноволокнисті та деревностружкові густиною 200 кг/м3	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
Плити деревноволокнисті та деревностружкові густиною 400 кг/м3	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
Плити деревноволокнисті та деревностружкові густиною 600 кг/м3	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
Плити деревноволокнисті та деревностружкові густиною 800 кг/м3	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
Плити деревноволокнисті та деревностружкові густиною 1000 кг/м3	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
Бетони ніздрюваті густиною 200 кг/м3	200	0,84	0,065	4	6	0,069	0,074	1,01	1,08	0,28
Бетони ніздрюваті густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,08	4	6	0,09	0,1	1,41	1,48	0,26
Бетони ніздрюваті густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,1	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
Бетони ніздрюваті густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,2
Вермикулітобетон густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
Вермикулітобетон густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
Вермикулітобетон густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
Щебень перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
Щебень шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2	2,16	0,21
Щебень вермикулітовий	250	0,84	0,112	2	3	0,13	0,15	1,48	1,62	0,26
Гравій керамзитовий 200 кг/м³	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
Гравій керамзитовий 300 кг/м³	300	0,84	0,14	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
Гравій керамзитовий 400 кг/м³	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
Гравій керамзитовий 600 кг/м³	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
Гравій керамзитовий 800 кг/м³	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
Щебень шлакопемзовий	400	0,84	0,17	2	3	0,21	0,23	2,35	2,52	0,24
Пісок вермикулітовий густиною 100 кг/м3	100	0,84	0,064	1	3	0,076	0,08	0,7	0,75	0,3
Пісок вермикулітовий густиною 200 кг/м3	200	0,84	0,076	1	3	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23
Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Розчин цементно-перлітовий густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
Розчин цементно-перлітовий густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
Розчин цементно-перлітовий густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
Розчин гіпсоперлітовий густиною 400 кг/м3	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
Розчин гіпсоперлітовий густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
Розчин цементно-керамзитовий густиною 200 кг/м3	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
Розчин цементно-керамзитовий густиною 300 кг/м3	300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
Розчин цементно-шлаковий густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
Розчин цементно-шлаковий густиною 1400 кг/м3	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7	8,11	0,11
Розчин цементно-пінополістирольні густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,1	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
Бетони ніздрюваті густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,2
Бетони ніздрюваті густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,13	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
Бетони ніздрюваті густиною 700 кг/м3	700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
Бетони ніздрюваті густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,3	4,16	4,51	0,14
Бетони ніздрюваті густиною 900 кг/м3	900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
Бетони ніздрюваті густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
Бетони ніздрюваті густиною 1100 кг/м3	1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
Бетони ніздрюваті густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09
Газо- та пінозобетон густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
Газо- та пінозобетон густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 500 кг/м3	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19

Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м3	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1600 кг/м3	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1800 кг/м3	1800	0,84	0,66	5	10	0,8	0,92	10,5	12,33	0,09
Керамзитобетон на кварцовому піску густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
Керамзитобетон на кварцовому піску густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
Керамзитобетон на кварцовому піску густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
Керамзитобетон на перлітовому піску густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
Керамзитшлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
Перлітобетон густиною 600 кг/м3	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
Перлітобетон густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
Перлітобетон густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
Перлітобетон густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
Шлакопемзобетон густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
Шлакопемзобетон густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
Шлакопемзобетон густиною 1400 кг/м3	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
Шлакопемзобетон густиною 1600 кг/м3	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м3	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1600 кг/м3	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
Бетон на зольному гравії густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
Бетон на зольному гравії густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
Бетон на зольному гравії густиною 1400 кг/м3	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
Плити з гіпсу густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
Плити з гіпсу густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
Листи піпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
Блоки кремнезитоцементні густиною 700 кг/м3	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
Блоки кремнезитоцементні густиною 800 кг/м3	800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
Блоки кремнезитоцементні густиною 1000 кг/м3	1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
Блоки кремнезитоцементні густиною 1200 кг/м3	1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
Сосна та ялина уздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
Дуб поперек волокон	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5	5,86	0,05
Дуб уздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
Картон будівельний багатощаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
Кладка з керамічної, порожнистої цегли, густиною 1600 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
Кладка з керамічної, порожнистої цегли, густиною 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
Кладка з керамічної, порожнистої цегли, густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м3	1350	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м3	1400	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
Кладка з блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіопорового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
Розчин цементно- пісчаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
Розчин вапняно-пісчаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09

Призначення будівлі	Промислова	
Температурна зона	I	
Температура повітря найбільш холодних п'яти днів	-22	°C
Температура внутрішнього повітря	23	°C
Вологість внутрішнього повітря	60	%

Вологісний режим	Нормальний
Умови експлуатації	Б

Розрахунок конструкції:

Зовнішня стіна

Позначення:

Ст1

Коефіцієнт

1,00

НАЗВА МАТЕРІАЛУ	Товщина шару мм	Характеристика в сухому стані			Розр. харак. в умовах експлуатації				Термічний опір шару м²·К/Вт	Теплова інерція шару
		густина кг/м³	питома теплоєм. кДж/(кг·К)	теплопровідність Вт/(м·К)	Розр. вміст вологи за масою %	теплопровідність Вт/(м·К)	Коеф. теплозасвоєння Вт/(м²·К)	коеф. паропроникності мг/(м·год·Па)		
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі	2,2	м²·К/Вт
Приведений опір теплопередачі	0,158	м²·К/Вт
Приведений тепловий потік	284,054	Вт/м²
Температура поверхні конструкції	-9,65	°C

Розрахунок конструкції:

Внутрішня огор. констр.

Позначення:

Ст2

Коефіцієнт

1,00

НАЗВА МАТЕРІАЛУ	Товщина шару мм	Характеристика в сухому стані			Розр. харак. в умовах експлуатації				Термічний опір шару м ² ·К/Вт	Теплова інерція шару
		густина кг/м ³	питома теплоєм. кДж/(кг·К)	теплопровідність Вт/(м·К)	Розр. вміст вологи за масою %	теплопровідність Вт/(м·К)	Коеф. теплозасвоєння Вт/(м ² ·К)	коеф. паропро проникності мг/(м·год·Па)		
Плити пінополістирольні екструзійні 50	50	50	1,34	0,033	10	0,043	0,54	0,02	1,163	0,628
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі	0	м ² ·К/Вт
Приведений опір теплопередачі	1,393	м ² ·К/Вт
Приведений тепловий потік	32,312	Вт/м ²
Температура поверхні конструкції	19,29	°C

Розрахунок конструкції:

Покриття

Позначення:

Пк

Коефіцієнт

1,00

НАЗВА МАТЕРІАЛУ	Товщина шару мм	Характеристика в сухому стані			Розр. харак. в умовах експлуатації				Термічний опір шару м ² ·К/Вт	Теплова інерція шару
		густина кг/м ³	питома теплоєм. кДж/(кг·К)	теплопровідність Вт/(м·К)	Розр. вміст вологи за масою %	теплопровідність Вт/(м·К)	Коеф. теплозасвоєння Вт/(м ² ·К)	коеф. паропро проникності мг/(м·год·Па)		
Екструдований пінополістерол	200	45	1,34	0,03	10	0,031	0,42	0,005	6,452	2,710
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі

1,7 м²·К/Вт

Приведений опір теплопередачі

6,610 м²·К/Вт

Приведений тепловий потік

6,808 Вт/м²

Температура поверхні конструкції

22,22 °С

Розрахунок конструкції:

Внутрішня огор. констр.

Позначення:

Пл

Коефіцієнт

1,00

НАЗВА МАТЕРІАЛУ	Товщина шару мм	Характеристика в сухому стані			Розр. харак. в умовах експлуатації				Термічний опір шару м ² ·К/Вт	Теплова інерція шару
		густина кг/м ³	питома теплоєм. кДж/(кг·К)	теплопровідність Вт/(м·К)	Розр. вміст вологи за масою %	теплопровідність Вт/(м·К)	Коеф. теплозасвоєння Вт/(м ² ·К)	коеф. паропро проникності мг/(м·год·Па)		
Залізобетон	100	2500	0,84	1,69	3	2,04	18,95	0,03	0,049	0,929
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000
-		-	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі	0	м ² ·К/Вт
Приведений опір теплопередачі	0,279	м ² ·К/Вт
Приведений тепловий потік	161,345	Вт/м ²
Температура поверхні конструкції	4,45	°C

Вентилятор				Охолоджувач										Нагрівач								Фільтр		Клапан/заслінка	
		м3/год	Па		м3/год	Твх/Твих, вода °С	Твх	гн%	Твих	гн%	кВт		Па		Твх/Твих,	Твх	гн%	Твих	гн%	кВт	Па		Па		
П1	ВКПФ 4Д 700x400	4600	680	Remak VV 100-50/3	4600	6-14	35	46	22,7	72	31,7		70	SWH 100-50/3R	60-80	-22	95	16,2	4,3	58,9	38	ФБ 700x400 G4	110	КВ 500x500, КВ 700x400	
B1	Ruck EL 315 E2 01	1100	405																					ЗК ф315	
B2	Ruck EL 355 E2 01	2100	560																					ЗК ф400	
P1	Ruck RS 200L	500	350											НК 200-6,0-3	ел.ен.	25		60		6	35	ФБ 200 G4	35		
Ф1	HPL 20-2T	3270	150			6-14					19,8														
Ф2	HPL 20-2T	3270	150			6-14					19,8														
Ф3	HPL 15-2T	2400	150			6-14					15,1														
Ф4	HPL 15-2T	2400	150			6-14					15,1														
Ф5	HPL 25-2T	4200	150			5-10					25,8	33,45													
Ф6	HPL 25-2T	4200	150			5-10					25,8	33,45													
Ф7	HPL 15-2T	2400	150			5-10					15,1	19,71													

28° на вх.

Отримати дані:
Файл: Вихідні дані

Об'єм повітря на людину м³(год·люд)
Персонал: 253
Гігієна: 253
Діагност.: 253

Генерація посилань:
[Вихідні дані.xlsx|Вихідні дані] SBS10
[Вихідні дані.xlsx|Вихідні дані] SUS500

№ п/п	№ по ек.	Найменування приміщення	Площа м²	Висота м	Об'єм м³	Кількість людей		Витрата повітря на людину	На кожну куб. метр:		Витрати		Місцеві відсмоктувачі (приплив) м³/год	Місцеві відсмоктувачі (витяжка) м³/год	Для теплообміну		Для підкожонних решіток				Підприємство	Витяжка	Підприємство	Витяжка	Підприємство	Витяжка	
						Персонал	Візит.		м³/год	м³/год	крат.	м³/час			крат.	м³/час	Від облад.	тем-ра припл.	тем-ра відс. ч.	Низькож. решітки, м²/год							Довгостр. концентр. м²/год
331		Друкарська дільниця	466,9	3,3	1427,25			176							26	35	0										
332		Комора марок	47,03	3,3	154,5										26	35	0										
333		Вентиляційна камера	2,23	3,3	7,32										26	35	0										
334		Підприємство підкожонних решіток, відсмокт.	52,3	3,3	172,6										26	35	0										
335		Комора марок, гігієна	52,4	3,3	173,64			12							26	35	0										
336		Друкарська дільниця	414,5	3,3	1350,9			176							26	35	0										

давлення повітря	площа щелей
45	0,0225
45	0,0225
30	0,0084
35	0,0216
25	0,0384
15	0,0084
35	0,0132
15	0,0132
20	0,0084
15	0,0168
10	0,0084
0	0,0084
0	0,0084

Тепловиділення від горизонтальної поверхні															
	під зона А			2тон			0,5 тон			термокамера					
b	0,003344482	1/С		0,003367	1/С		0,003367	1/С		0,003367	1/С		0,003356	1/С	
h	4,8	м		1,7	м		0,8	м		2	м		1	м	
l	1	м		1	м		1	м		4	м		1	м	
g	9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с	
t1	26	С		24	С		24	С		24	С		25	С	
t2	50	С		45	С		45	С		50	С		25	С	
v	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с
Pr	0,7			0,7			0,7			0,7			0,7		
Gr	3,40167E+11			1,33E+10			1,39E+09			2,68E+10			0		
GrPr	2,38117E+11	>10 ⁹		9,32E+09	>10 ⁹		9,71E+08	>10 ⁹		1,88E+10	>10 ⁹		0	>10 ⁹	
Nu	851,9855691			292,3966			138,6395			368,5161			0		
λ	0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С	
a	4,739169728	Вт/м2*С		4,592347	Вт/м2*С		4,627094	Вт/м2*С		4,91969	Вт/м2*С		0	Вт/м2*С	
F	9,6			3,4			1,6			16			2		
n	4	шт		4	шт		4	шт		1	шт		1	шт	
k	1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас	
Q	5241	Вт		1574	Вт		746	Вт		2456	Вт		0	Вт	
Тепловиділення від вертикальної поверхні															
	під зона А			2тон			0,5 тон			термокамера			димова труба		
b	0,003344482	1/С		0,003367	1/С		0,003367	1/С		0,003367	1/С		0,003344	1/С	
h	11	м		4,6	м		3	м		12	м		1,3	м	
l	2	м		1,2	м		0,5	м		2,5	м		6	м	
g	9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с		9,81	м/с	
t1	26	С		24	С		24	С		24	С		26	С	
t2	50	С		45	С		45	С		50	С		50	С	
v	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с	16	*10 ⁻⁶	м2/с
Pr	0,7			0,7			0,7			0,7			0,7		
Gr	4,09399E+12			2,64E+11			7,32E+10			5,8E+12			6,76E+09		
GrPr	2,8658E+12	>10 ⁹		1,85E+11	>10 ⁹		5,12E+10	>10 ⁹		4,06E+12	>10 ⁹		4,73E+09	>10 ⁹	
Nu	1742,708227			705,0188			461,7644			1954,649			210,402		
λ	0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С		0,0267	Вт/м*С	
a	4,230028152	Вт/м2*С		4,092174	Вт/м2*С		4,109704	Вт/м2*С		4,349093	Вт/м2*С		4,321333	Вт/м2*С	
F	44			11,04			3			60			15,6		
n	4	шт		4	шт		4	шт		1	шт		4	шт	
k	1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас		1,2	запас	
Q	21441	Вт		4554	Вт		1243	Вт		8142	Вт		7766	Вт	