

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут** Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
**Кафедра** теплоенергетики та холодильної техніки

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин Петренко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Холодильні техніка та технологія

на тему: Оптимізація добових графіків електроспоживання та теплового навантаження на холодильні установки підприємств з переробки молока

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-9М

\_\_\_\_\_ Лукановський Дмитро Юрійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Бондар Володимир \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

\_\_\_\_\_ (підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2023 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“07” листопада 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

**Лукановський Дмитро Юрійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація добових графіків електроспоживання та теплового навантаження на холодильні установки підприємств з переробки молока

керівник роботи к.т.н., доц., Бондар В.І.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07.11.2022 року № 794-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 06.02.2022 року

3. Вихідні дані до роботи Графіки теплового навантаження молокозаводів, графіки споживання електроенергії

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ, Розділ 1. Аналітичний огляд літератури, Розділ 2. Початкові дані, Розділ

3. Методика розрахунку та визначення об'ємів електроспоживання, Розділ 4.

Визначення витрати коштів на електроенергію при різних тарифних сітках,

Розділ 5. Методика оптимізації теплового навантаження підприємств, Розділ 6.

Методики заощадження коштів з урахуванням добових коливань температури,

Розділ 7. Аналіз отриманих даних, Розділ 8 Охорона праці, Висновки, Список

використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

---

---

---



## Анотація

В даній роботі було складено та проаналізовано графіки добової динаміки холодильного навантаження чотирьох підприємств молочної промисловості та графіки коштів на добові фонди. Для проведення даного аналізу використовувались вже наявні карти роботи технологічного обладнання та холодильних камер підприємств: Шосткінській молокозавод, Куп'янський молочноконсервний комбінат, Молокозавод DANONE.

Для Пирятинський сирзаводу у зв'язку з відсутністю таких технологічних карт, було складено оригінальні технологічні карти роботи основного обладнання та холодильних камер, а також проаналізовано електронну базу даних компресорного цеху цього підприємства з метою отримання величини погодинного реальних коштів і електричного добового навантаження.

Проаналізовано різні схеми оптимізації, та виявлено економічно вигідні варіанти, а також кількісну характеристику заощаджених коштів при застосуванні різних схемних рішень по модернізації електричного навантаження.

***Ключові слова: молокозаводи, добовий графік навантаження, схеми оптимізації, економічний ефект.***

## Зміст

### Вступ

1. Аналітичний огляд літератури.....	7
2. Початкові данні.....	19
3. Методика розрахунку та визначення електроспоживання.....	23
4. Визначення витрати коштів на електроенергію при різних тарифних сітках.....	33
5. Методика оптимізації теплового навантаження підприємств.....	39
6. Методики заощадження коштів з урахуванням добових коливань температури.....	51
7. Аналіз отриманих даних.....	75
8. Охорона праці.....	77
Висновки.....	86
Список використаної літератури.....	87

## Вступ

Підприємства молочної промисловості характеризуються наявністю значних коливань холодильного навантаженням. Це пов'язано з нерівномірністю надходження сировини, а також через відсутність чіткого графіку роботи основного виробничого обладнання. За таких умов для вибору оптимальної схеми та режиму роботи холодильної установки необхідно мати дані не лише стосовно теплового навантаження від усього технологічного обладнання та холодильних камер заводу, а й їх реальне часове зміщення в контексті графіка роботи молокозаводу. Тому метою даної роботи є порівняння різних методів модернізації і визначити чи є вони вигідні і скільки коштів можна заощадити.

Враховуючи постійне підвищення цін на енергоресурси, на даний момент для будь-якого підприємства є актуальним зменшення споживання електроенергії на виробництво одиниці холоду. Тому на основі проведених досліджень можна буде визначити які варіанти є більш вигідні і чи є доцільним переходити на такі умови роботи.

## 1. Аналітичний огляд літератури

### 1.1 Доцільність використання акумуляторів холоду

На підприємствах харчової та переробної промисловості, де використовують штучне охолодження, найбільшим споживачем електричної енергії є електрообладнання холодильних установок. Велика частка енергоспоживання характерна також для сучасних систем кондиціонування повітря. Особливістю роботи таких установок є значне добове та сезонне холодильне навантаження, що призводить до суттєвих коливань та нерівномірності споживання електричної енергії. Перерозподіл споживання електричної енергії від часових проміжків, коли її вартість найбільша, на години з низькою вартістю, видається перспективним. Такий захід може бути реалізований на основі застосування в холодильних установках акумуляторів холоду, зберігши при цьому технологічно задані параметри холодоносіїв впродовж усього періоду холодоспоживання.

На прикладі ВАТ «Шосткінський міськмолочкомбінат» проведено моніторинг добового споживання «крижаної» води на технологічні потреби та електроенергії підприємством [1].

Найбільшим споживачем останньої є центральна холодильна установка, на яку припадає теплове навантаження одержання «крижаної» води.

Розглянуто існуючі графіки енергоспоживання заводу, а також запропоновано декілька варіантів оптимізації цих графіків.

Аналіз запропонованих авторами варіантів оптимізації показує, що всі вони дозволяють отримати певну економію споживання електроенергії. Однак найбільша ефективність досягається у випадку переміщення електричної потужності з так званих «пікових» годин на нічний час. Витрата електроенергії для акумулювання холоду у нічний період, дозволяє ліквідувати значні витрати електроенергії у «піковий» (з 8-00 до 10-00 годин) та «напівпіковий» періоди (з 10 до 18 годин). В цьому випадку відношення суми заощаджених коштів до загальної кількості електричної потужності яку знімаємо вдень є найбільшим 0,336 грн/ кВт\*год (станом на 2012 рік) [1].

Накопичений в нічний час водний лід, на отримання якого витрачена додаткова електроенергія, вироблена саме у нічний період, використовується в часи максимального навантаження, для забезпечення потреб виробничого процесу. На рисунку нижче продемонстрований варіант оптимізації споживання електричної енергії, який дозволяє економити до 5,1 % коштів, що йдуть на оплату електроенергії [2].

Нижче наведено окремі графіки холодильного навантаження різних заводів з приблизно однаковою потужністю по переробці молока на добу.

З аналізу даних графіків можна стверджувати, що характер холодильного навантаження Пирятинського сирзаводу та молокозаводу Danone є досить подібними, оскільки, зростання споживання холоду припадає на другу половину дня з яскраво вираженими піковим навантаженням впродовж 3-5 годин. На Куп'янському молочноконсервному комбінаті, спостерігається яскраво виражений «пік» навантаження з 900 до 1400, а також з 1700 до 2100 годин. Падіння споживання холоду на всіх трьох представлених вище заводах спостерігається з 2300 години вечора до 700 години ранку, що дає можливість в цей час акумулювати теплову енергію та використовувати її в пікові години. Акумулювання теплової енергії у нічний період дозволить суттєво знизити витрату фінансових ресурсів підприємства на сплату електроенергії.

На прикладі даних холодильного навантаження молокозаводу Danone, представлено графіки сплати за електроенергію (Д, грн.), за одно- та трьохзональною сіткою тарифів. В даному випадку з 2400 години вечора до 600 години ранку маємо мінімальну витрату грошей на електроенергію. У свою чергу це дозволяє активно акумулювати теплову енергію в акумуляторах холоду і таким чином «зрізати» холодильне навантаження в пікові години роботи підприємства, коли тарифний коефіцієнт оплати електроенергії є найбільшим. Аналогічна ситуація спостерігається на Пирятинському сирзаводі і Куп'янському молококонсервному комбінаті.

Підсумовуючи вище сказане, варто зазначити, що в нічний період ми маємо 5-6 годин для акумуляції теплової енергії, але її використання обмежене

двома годинами піку, оскільки подальше використання накопиченого «холоду» є малоефективним поза зоною «піку». Тому питання динаміки танення льоду є суттєво важливим. Так, при наморозуванні певної кількості льоду, є можливість змінювати  $\Delta t$  (різниця між температурою кипіння холодоагенту та температурою води) у широких межах, що впливає на швидкість та динаміку наморозування. При таненні льоду така можливість відсутня, оскільки температура після технічного обладнання не має перевищувати  $+5 \div 100^\circ\text{C}$ , що визначає актуальність дослідження динаміки танення льоду.

Акумуляування штучного холоду може здійснюватись двома шляхами: накопиченням великої кількості охолодженого теплоносія в ємностях, або на основі використання фазового переходу, шляхом накопиченням льоду на поверхні теплообміну чи у ємностях з холодоносієм. Найбільш компактними та простими у використанні, якщо холодоносієм слугує «крижана» вода, є акумулятори холоду з накопиченням льоду на теплообмінній поверхні з подальшим його таненням у визначені години. Наявні на даний час методики розрахунку та підбору акумуляторів холоду з накопиченням льоду на теплообмінній поверхні не дають можливості адекватно визначити показники енергоефективності процесу наморозування льоду та його плавлення. Це обумовлено тим, що більшість залежностей заснована лише на балансових співвідношеннях між масою накопиченого льоду та кількістю тепла, яку необхідно відвести від «крижаної» води. При цьому не враховується зв'язок температурних параметрів процесу з динамікою льодоутворення і танення льоду, що призводить до неможливості визначити реальну мінімальну досяжну температуру «крижаної» води, оскільки невідома інтенсивність вивільнення «холоду» в результаті танення льоду. Як наслідок, складно і у більшості випадків неможливо, визначити час і швидкість танення льоду певної товщини для заданих режимних параметрів, що, в свою чергу, ускладнює розрахунок максимальної кількості холоду для «пікового» споживання.

Підсумовуючи вище сказане, видається доцільним розробити науково обґрунтовану методику розрахунку та проектування оптимальних акумуляторів

холоду, які враховували б не лише умови утворення льоду на теплообмінній поверхні, як це розглядається в роботах [3, 4], але й умови його танення, оскільки саме період танення, який є відносно коротким, і визначатиме максимальну кількість льоду, яку доцільно генерувати.

Спроектовані за такою методикою акумулятори холоду, дозволять одержати максимальний економічний ефект від їхнього використання без порушення технологічних вимог виробництва. Проведений ринковий моніторинг показує, що значним попитом користуються акумулятори холоду з фазовим переходом тверде тіло – рідина (лід – «крижана вода») без звільнення теплообмінної поверхні від льоду. Це обумовлено компактністю апаратів, простотою їх конструкції та більш низькою вартістю. Більшість з них мають циліндричну теплообмінну поверхню. Ця обставина спонукає до вивчення процесу танення льоду на циліндричних теплообмінних поверхнях та умов роботи, що характерні для вказаного типу акумуляторів холоду.

## 1.2 Математичне моделювання

При аналізі наявної літератури розглянуто ряд співвідношень, за допомогою яких можна визначити час льодоутворення за різних режимних параметрів. В роботі [3] Пилипенка О.Ю. та Засядька Я.І. запропоновано диференціальне рівняння визначення швидкості утворення льоду на вертикальній зовнішній поверхні труби:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{\left\{ \frac{\theta_0 - t_0}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_l} \cdot \ln \frac{d_{306} + 2 \cdot r}{d_{306}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_m} \cdot \ln \frac{d_{306}}{d_{вн}} + \frac{1}{\alpha_0 \cdot d_{вн}}} \right\} \left[ -\alpha_w \cdot (d_{306} + 2 \cdot r) \cdot \left[ (t_w - \theta_0) + \frac{\omega^2 \cdot \left(2 + \frac{1}{Pr_w}\right)}{3 \cdot Cp_w} \right] \right]}{\rho \cdot (d_{306} + 2 \cdot r)}$$

де  $Cp_w$  – ізобарна теплоємність води, Дж/(кг·К);  $\lambda_l$  коефіцієнт теплопровідності льоду, Вт/(м·К);  $Pr_w$  – число подібності Прандтля;  $d_{вн}$  –

внутрішній діаметр труби, м;  $t_w$  – температура води, °С;  $t_0$  – температура холодоносія, °С;  $r$  – товщина шару льоду, м;  $dr$  – зміна (приріст) товщини льоду, м;  $\lambda_m$  – коефіцієнт теплопровідності стінки труби, Вт/(м·К);  $d_{зов}$  – зовнішній діаметр труби, м;  $\alpha_w$  – коефіцієнт тепловіддачі від води до міжфазної поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\theta_0$  – температура поверхні льоду на межі розподілу фаз лід–вода, °С;  $\rho$  – прихована теплота кристалізації льоду приведена до одиниці об’єму, кДж/м<sup>3</sup>;  $\omega$  – швидкість руху води поблизу міжфазної поверхні, м/с.

В рівняння (1) входять постійні величини, значення яких обумовлено конструктивними особливостями апаратів ( $d_{зов}$ ,  $d_{вн}$ ,  $\lambda_m$ ,  $\lambda_l$ ) та теплофізичними характеристиками води та льоду ( $\theta_0$ ,  $\rho$ ). Деякими параметрами можливо задаватися на початку розрахунку ( $t_w$ ,  $t_0$ ,  $Q$  – витрата води що рухається вздовж поверхні теплообміну). Ці параметри є постійними впродовж всього процесу льодоутворення і є граничними умовами процесу. Розглядалась циліндрична поверхня теплообміну, яка зовні омивається водою, а зсередини – охолоджується холодильним агентом, що випаровується. Утворення льоду на теплообмінній поверхні відбувається вздовж радіуса циліндру. Вважалось, що в кожен момент часу буде існувати квазістаціонарний режим теплообміну. Оскільки формула (1) включає теплофізичні параметри води та льоду, враховує процес теплообміну та має диференціальний вигляд видається можливим використати її для дослідження динаміки танення льоду. Проте адекватність отриманих результатів потребує перевірки дослідними даними. Ахмедом Фертеллі [4] запропоновано диференціальне рівняння визначення часу льодоутворення на горизонтальній пластиковій трубі:

$$dt^* = \left[ 1 + \frac{1}{R_0^*} + \frac{1}{R_{po}^*} \left( 1 + \frac{2}{R_0^*} \right) \ln r^* + \frac{(\ln r^*)^2}{R_0^* R_{po}^*} \right] r^* dr^*$$

де  $t^*$  – безрозмірний час;  $R_0^*$  – безрозмірний зовнішній радіус труби;  $R_{po}^*$  – безрозмірний термічний опір з внутрішньої сторони труби та стінки труби;  $r^*$  – безрозмірна координата у радіальному напрямку (безрозмірний радіус труби з шаром льоду).

Під час дослідів [4] розглядалося формування льоду на горизонтальній поліетиленовій трубі охолоджуваній пропіленгліколем, що була занурена у нерухому воду з температурою близько 0 °С. Але описати динаміку танення льоду при вимушеному русі холодоносія неможливо, оскільки в рівнянні відсутня складова, що описує конвективний теплообмін. Враховуючи, що охолодження труби було однофазним, рівняння (2) є частковим випадком диференціального рівняння (1), коли коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha\theta = \text{const}$ .

Час танення заданої товщини льоду  $\xi$  на плоскій стінці при інтенсивній циркуляції води, пропонується визначати за приведеним нижче рівнянням:

$$\tau = \frac{r_0 \cdot \xi}{\alpha_1 \cdot (t_1 - \theta_0)}$$

де  $t_1$  – температура води, що омиває поверхню льоду, °С;  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку води при вимушеному русі;  $\xi$  – товщина шару льоду;  $r_0$  – прихована теплота льодоутворення приведена до одиниці об'єму, кДж/м<sup>3</sup>.

Дану формулу зручно використовувати у інженерних розрахунках, однак застосування в межах циліндричної поверхні є недостатньо обґрунтованим.

Розглянуті вище математичні моделі в основному направлені на дослідження динаміки льодоутворення, окрім останньої, що розглядає динаміку танення льоду лише на плоскій поверхні. Отже для подальшого вивчення динаміки танення льоду на вертикальній циліндричній поверхні з повздовжнім обтіканням холодоносієм(вода), необхідно провести математичне моделювання процесів, а також перевірити на адекватність наявні формули, розглянуті вище, та порівняти отримані теоретичні результати з дослідними даними.

### **1.3. Огляд акумуляторів теплової енергії**

#### **1.3.1. Класифікація акумуляторів теплової енергії.**

На даний час в промисловості використовуються різноманітні акумулятори теплової енергії. Загальна класифікація акумуляторів представлена на рис. 11 [5].

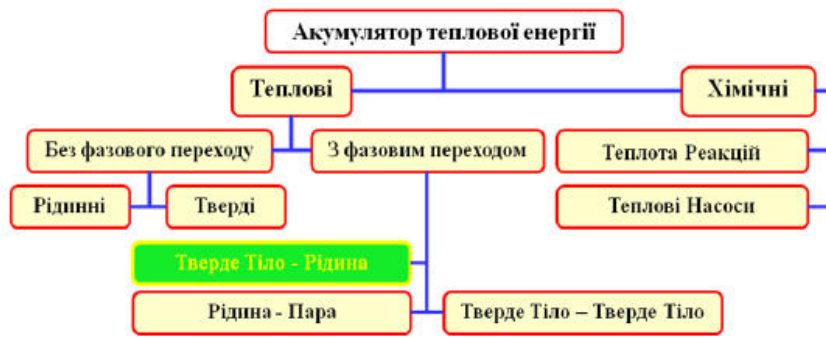


Рис. 1.3. Класифікація акумуляторів теплової енергії [5]:

Акумулятори теплової енергії хімічного типу, що працюють на теплоті хімічних реакцій, поки що не знайшли широкого застосування в промисловості. Теплові насоси в основному застосовуються для отримання теплоти на середньому температурному рівні.

На даний момент найбільша увага приділяється тепловим акумуляторам теплової енергії.

Робоча речовина рідинних акумуляторів одночасно є холодоносієм. Як правило, як робоча речовина використовується вода, а для від'ємних температур – водні розчини солей або органічних речовин.

Теплові акумулятори теплоти, що працюють на зміні температури твердих тіл, на фазовому переході рідина – пара та тверде тіло – тверде тіло в холодильній техніці не використовуються.

В системах охолодження широке застосування мають акумулятори з фазовим переходом тверде тіло – рідина. В якості робочої речовини використовується водний лід. Акумуляція холоду у вигляді водного льоду може відбуватися у різних типах апаратів, зазначених на рис. 1.4

### 1.3.2. Конструкції та принципи дії акумуляторів теплової енергії.

Як зазначено в 1.2.1., акумулятори теплової енергії хімічного та теплового, що працюють на зміні температури твердих тіл, на фазовому переході рідина – пара та тверде тіло – тверде тіло, принципу дії розглядатися не будуть внаслідок незначного використання в системах охолодження та кондиціонування повітря. Рідинні акумулятори холоду являють собою ємність,

заповнену рідиною (водою), яка охолоджена до заданого температурного рівня. Зарядка відбувається заповненням ємності охолодженою рідиною, а розрядка – використанням рідини для технологічних потреб.

Акумулятори такого плану прості в експлуатації, дешеві, мають стабільну температуру теплоносія на виході, але мають значні габаритні розміри. Це пояснюється малою акумулюючою здатністю рідин. При використанні води в акумуляторі холоду молокопереробного підприємства доступна різниця температури води, за рахунок якої відбувається акумуляція, складає 6 К, що відповідає 25,2 кДж/кг. Рідинні акумулятори холоду доцільно використовувати за невеликих теплових навантажень та високих температурах споживачів холоду (системи кондиціонування повітря з температурою води в основному контурі +7 / +12 °С).

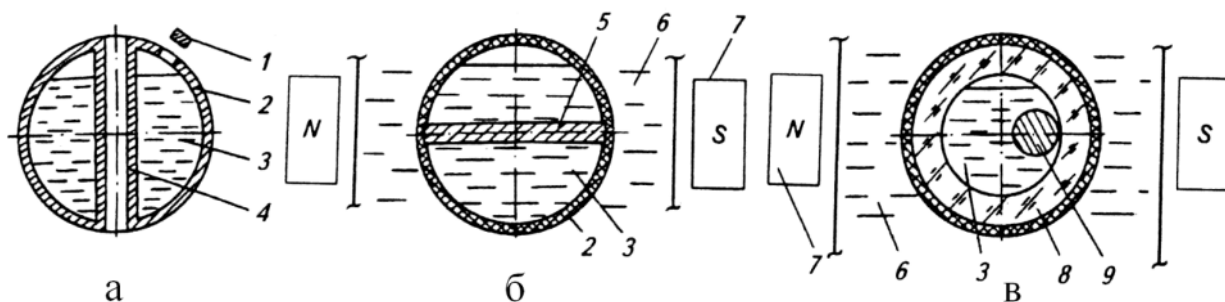


Рис. 1.5. Водозаповнені сферичні зеротори з внутрішнім оребренням [101]:  
 а – за патентом США №4205656 [6]; б – за патентом ГДР №264128 [7]; в – за патентом України №22422 [8]; 1 – пробка; 2 – оболонка; 3 – рідка фаза; 4 – металева трубка; 5 – магнітний стрижень; 6 – зовнішнє середовище; 7 – електромагніт; 8 – тверда фаза; 9 – металева кулька.

Акумулятори з фазовим переходом (рис. 1.4) з утворенням льоду в замкнутому об’ємі (зеротори) складаються з герметичних капсул, заповнених робочою речовиною. Капсули розміщуються в пересувних контейнерах для використання в побуті та в великих ємностях – стаціонарні промислові установки.

В процесі накопичення холоду зовнішнє середовище має температуру нижчу температури кристалізації. В процесі розрядки – вищу.

Перевагою таких систем є можливість використання різноманітних речовин з температурою фазового переходу нижчою за 0 °С.

Основні недоліки це: 1 – використання додаткової електричної енергії в процесі зарядки на зниження температури навколишнього середовища (робочої речовини) нижче криоскопічної, 2 – значні габаритні розміри, 3 – підвищена витрата матеріалів в порівнянні з водяними та з льодоакумуляторами без відділення льоду з теплообмінної поверхні.

Стаціонарні акумулятори холоду на базі зероторів знайшли своє застосування в системах кондиціонування повітря

Льодогенератори будь-якого типу використовуються для безпосереднього використання льоду в технології або в побуті.

Теплообмін, конструкція, принцип дії льодогенераторів лускоподібного льоду детально розглянуті в роботах льодогенератори кубічного та гранульованого льоду використовуються для побутових та торгівельних потреб, тому їх максимальна продуктивність незначна (до 400 кг/добу).

Кубічний лід одержують у льодоформах , а трубчастий – в процесі заморожування води на внутрішній або зовнішній поверхнях труб.

На ринку льодогенератори кубічного та гранульованого льоду представлені фірмами: ITV [9] Іспанія, NTF [10] Італія, Staff-ice [11] Італія, Brema Ice Makers S.p.A. [12] Італія, HOSHIZAKI [13] Японія, SIMAG [14] Італія.

Льодогенератори рідкого льоду – нова та перспективна гілка льодогенераторів. Такі апарати являють собою теплообмінник типу труба в трубі з перемішувачем в робочій зоні (в середині внутрішньої труби). В робочій зоні знаходиться водо-сольовий або спиртовий розчин низької концентрації, який охолоджується холодоагентом через теплообмінну поверхню зовнішньої труби. В процесі охолодження робочої речовини за інтенсивного її перемішування кристали льоду утворюються не на поверхні теплообміну, а в об'ємі рідини. Таким чином, розмір кристалів є незначним. Апарати можуть виготовляти рідкий лід різної концентрації по льоду, до 90 %.

На ринку льодогенератори рідкого льоду представлені фірмами «Фабрика холода» [15] Росія, Sunwell Technologies Inc [16, 17, 18] Канада, AquaMaof Aquaculture Technologies LTD [19] Ізраїль, Астар [20] Росія.

Рідкий лід знайшов своє застосування для охолодження та зберігання риби, птиці, морепродуктів. В незначній кількості використовується в технологічних апаратах шнекового типу охолодження птиці.

Суттєвим недоліком таких льодогенераторів є велика кількість допоміжного обладнання (баки приготування робочої речовини, дозуючі пристрої) та низька продуктивність одного апарату. Використання рідкого льоду навіть з незначною концентрацією кристалів льоду в кожухотрубних та пластинчатих технологічних апаратах не вивчено.

Акумулятори льоду зі звільненням поверхні теплообміну від льоду (рис. 1.4) є поєднанням льодогенераторів лускоподібного льоду з танком зберігання одержаного льоду .

Головним недоліком такого типу акумуляторів холоду є значні габарити та використання додаткового обладнання (льодогенератори лускоподібного льоду). Окрім того є проблема змерзання перекристалізації льоду в баку накопичувачі, що вимагає додаткових затрат енергії на постійне перемішування водо-льодяної суміші. За значної висоти танку лід накопичується на межі розподілу вода – повітря, а теплена вода опускається на дно.

На підприємствах харчової галузі в основному застосовувалися та застосовуються акумулятори льоду без звільнення теплообмінної поверхні від льоду (рис. 1.4), як панельного, так і трубчастого типів.

Акумулятори являють собою бак, заповнений водою або іншим теплоносієм, в який занурено теплообмінну поверхню. Охолодження відбувається як безпосереднє (кипіння холодоагенту), так і за допомогою проміжного теплоносія (етилен-, пропіленгліколь).

При використанні охолодження проміжним теплоносієм необхідно зменшити температуру кипіння в пристроях його охолодження, що призводить до збільшення енерговитрат. Також, при використанні проміжного

охолодження швидкість росту льоду менша, порівняно з безпосереднім охолодженням. Тому, на нашу думку, використання систем акумуляції холоду з охолодженням теплообмінної поверхні проміжними теплоносіями недоцільне.

Перевагами акумуляторів льоду без звільнення поверхні теплообміну від льоду над усіма вищезазначеними льодоакумуляторами є: відносна компактність, простота конструкції, довговічність, рівномірність температур в об'ємі баку.

Недоліком всіх систем з проміжним теплоносієм є корозія теплообмінної поверхні. Проблему успішно подолано за рахунок використання нержавіючих теплообмінних поверхонь та використання різноманітних способів захисту металів від корозії. На даний момент панельні та трубчасті акумулятори холоду виготовляються фірмами BUCO [21, 22] Німеччина, Baltimor Aircoil [23, 24], Вактех-холод [25, 26] Росія, ВАТ «Орелхолодмаш» [27] Росія, ВАТ «Теплохим» [28] Росія, ПАО «Коростеньський завод хімічного машинобудування» [29] Україна, ВАТ НПП «Компресор» Україна та інші.

В зв'язку з тим, що трубчасту теплообмінну поверхню виготовляти простіше, ніж панельну, ряд фірм пропонують апарати з трубчастим теплообмінником. Такі апарати є дешевшими і мають високий попит, тому для подальшого вивчення процесів льодоутворення будемо розглядати акумулятори теплової енергії з фазовим переходом тверде тіло – рідина без відділення твердої фази (льоду) від теплообмінної трубчастої поверхні.

#### **1.4. Висновки**

Враховуючи все вище сказане, варто зауважити, що протягом нічних періодів холодильні системи підприємств працюють з недовантаженням, оскільки суттєво знижується теплонадходження від навколишнього середовища та знижується тиск і температура конденсації. Крім того, при роботі підприємства за багатозональним тарифом вартість електричної енергії в цей період є найнижчою.

Натомість протягом найжаркіших періодів доби (1200 – 1500 годин), навантаження холодильної системи досягає максимуму і у той же період є максимальною вартість електричної енергії. Також постає питання про зміну технологічної схеми на деяких підприємствах, для ефективного використання акумуляції теплової енергії у нічні періоди. Вказані обставини є передумовою до розробки холодоакумулюючих систем, які б дозволяли накопичувати холод у вигляді теплоти фазового переходу лід-вода і потім реалізувати цю енергію під час пікового енергоспоживання. В існуючих методиках вибору акумуляторів холоду з накопиченням льоду не враховується динаміка його танення. Крім того, існує ряд складнощів, через які неможливо визначити час і швидкість танення льоду певної товщини. Вказана про-блема є досить складною, оскільки, по-перше, дана задача є нестационарною, тобто умови теплообміну змінюються внаслідок зростання товщини шару льоду і зменшення інтенсивності тепловіддачі.

Наявні аналітичні рішення не дозволяють описати дану задачу, оскільки неможливо врахувати зміну інтенсивності тепловіддачі до потоку фреону який випаровується через постійне зниження теплового потоку, як наслідок зростання товщини шару льоду. Разом із тим, дана обставина є критичною, оскільки вона визначає оптимальну тривалість періоду льодогенерації. Другим критичним параметром є інтенсивність танення льоду. Таким чином планується провести цикл досліджень із швидкості танення водного льоду, тобто визначення критичного параметру вивільнення енергії у вигляді холоду, яка може бути використаною у системах акумуляції теплової енергії, на підприємствах харчової промисловості та систем кондиціонування повітря для суттєвої економії обігових коштів.

## 2. Початкові данні

В основу дослідження динаміки холодильного навантаження молокозаводів було покладено емпірико-статистичний метод, що включає аналіз технологічних карт роботи наявного холодильного обладнання та камер і даних щодо споживання електроенергії. Технологічні карти мають вигляд зведених таблиць, в яких наведено всі потоки продукту/енергії стосовно тих технологічних апаратів та камер, з точки зору їх погодинної роботи протягом доби.

Для найбільш повного та різностороннього дослідження динаміки холодильного навантаження молочних підприємств у даній роботі було обрано 4 різні за своєю специфікою та продуктивності об'єкти:

*Куп'янський молочноконсервний комбінат* – потужне підприємство з широким асортиментом продукції: консервний цех потужністю 96 туб молочних консервів за зміну, цех незбираного молока потужністю 78 тонн продукції і 10,2 тонни вершкового масла, цех сухих молочних продуктів потужністю 6 тонн за зміну, цехи та відділи з прийому молока, хоча ще до 1991 року спеціалізувалося лише на згущеному консервованому та сухому незбираному молоці. Завод працює цілодобово, 24 місяці на рік. Коливання кількості перероблюваного молока є тільки частково сезонним, оскільки за недостатчі сирого підприємство використовує сухе молоко. Максимальна кількість перероблюваного молока – 700 т/добу (літній період)\*. Характеристика схеми холодопостачання молокозаводу наведена у табл. 2.1.

*Молокозавод DANONE, Херсонська область* – Колишній молокозавод “Родич”. У 2006 році був придбаний корпорацією Groupe Lactalis та повністю оновлений із застосуванням найсучаснішого обладнання. Максимальна кількість перероблюваного молока – 194 т/добу (літній період 2010 рік). Основні виробничі цеха: Приймально-апаратний, Термізації та Цеха сметани, кефіру, йогуртів, сиру. Асортимент продукції даного підприємства більшість продукції (приблизно 95%) є виготовленою з незбираного молока, але є дуже

високі темпи нарощування потужності (за сталого асортименту): вже у 2012 році планується перероблювати 526 т/добу.

*Таблиця 2.1 Коротка характеристика схеми холодопостачання “ЗАО”  
Куп’янський молочноконсервний комбінат*

Споживачі	Назва системи	Темп. кипіння, °С	Тип компресорів	Холодоагент, система подачі	Випарники
<b>ГВК</b>					
Технологічні апарати	“льодяна вода”	-3...-5	Поршневі одноступеневі	Аміак, безнасосна з віддільником рідини	240ИП, 320АКХИ
Холодильні камери Камера масла -5°С	Аміачна	-11...-20	Поршневі одноступеневі	Аміак, безнасосна з нижньою подачею	Повітроохолодники
Автомати фасовки	“льодяна вода”	0...-8	Поршневі одноступеневі	Аміак, безнасосна з захисним ресивером	Пластинчасті
<b>Цех ЦПС</b>					
Технологічні апарати	“льодяна вода”	-3...-5	Поршневі одноступеневі	Аміак, напірна циркуляційна відкрита	Панельні випарники
Холодильні камери	“льодяна вода”	-10...-15	Поршневі одноступеневі	Аміак, напірна циркуляційна відкрита	Повітроохолодники

*Пирятинський сирзавод* – складається з семи основних виробничих цехів та камер для зберігання продукції, що розташовані у трьох окремих будівлях. Цеха: Апаратний, Цільномолочний, Заквасочний, Сирний, Лактози та Маслоцех розташовані в основному виробничому корпусі; цех ЦПС (Цех переробки сироватки) являє собою окрему будівлю. В даній роботі було проаналізовано лише те холодильне обладнання та камери, що працюють в умовах додатних температур.

Всі технологічні апарати, в яких відбувається охолодження продукту, споживають льодяну воду, яка надходить з компресорного аміачного відділення заводу, розташованого в окремій будівлі. Основні компоненти діючої холодильної установки наведені в табл. 2.2 (до розгляду приймалось лише те основне обладнання, що споживає електроенергію).

*Таблиця 2.2 Основні компоненти холодильної установки АТ  
“Пирятинського сирзаводу”*

Назва	Марка, потужність	Кіл.
Компресорний агрегат	MYCOM N250VSD-L ( $Q_0 = 1492$ кВт, $N_{ел} = 315$ кВт)	3
Плівковий випарник	“Омега” (1680 кВт)	2
Випарний конденсатор	BAC VXC S964 (3015 кВт)	2
Бак-акумулятор льодяної води	Виготовлений на замовлення (80 м <sup>3</sup> )	2
Насос для льодяної води (рециркуляція)	Ethanorm KSB G 125-200 G11 ( $N_{ел} = 11$ кВт)	3
Насос для льодяної води (на магістраль)	Ethanorm KSB G 100-200 G11 ( $N_{ел} = 55$ кВт)	3

Випарні конденсатори розташовані на даху машинного відділення. Всі холодильні камери, а також деякі виробничі цеха, Пирятинського сирзаводу охолоджуються за допомогою окремих компресорно-конденсаторних агрегатів на основі компресорів Bitzer та Frascold і повітроохолодників різних виробників.

При проведенні дослідження заводів: DANONE та Куп’янського молочноконсервного комбінату було використано вже наявні технологічні карти споживання холоду. Через відсутність таких даних стосовно

Пирятинського сирзаводу, одним з етапів виконання даного дослідження було складання технологічних карт роботи обладнання та камер цього підприємства за лютий 2011 року.

*Шосткінський молокозавод.* Теплове навантаження від підприємства сприймає центральна холодильна установка. Основними є навантаження від охолодження льодяної води в панельних випарниках.

В установці використовуються два компресори НФ-811 (номінальна потужністю електродвигуна 110 кВт), п'ять – П-220 (132 кВт), три – НФ-812 (55 кВт).

Загальна електрична потужність насосів проміжних холодоносіїв та вентиляторів конденсаторів у порівнянні з компресорами незначна і не врахована у подальшому аналізі.

У центральному розподільчому пункті на кожній з гілок живлення підприємства встановлено лічильники. Так гілки, що живлять компресорний цех. З двох гілок, що живлять компресорний цех, найбільш завантаженою. наведено графік електроспоживання заводу в цілому та кожної гілки зокрема. На сумарну криву накладено осереднену криву годинного електроспоживання та вказано суму грошей, сплачену за дану годину з урахуванням діючого тарифу на даний час.

### 3. Методика розрахунку та визначення електроспоживання

#### Шосткінський молокозавод

Розрахунковий (робочий) режим ХУ характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування  $t_{вс}$ , і переохолодження  $t_{по}$ .

При проектуванні ХУ з безпосереднім охолодженням аміачними ХМ  $t_0$  приймають на  $5...10^\circ\text{C}$  нижче температури повітря в камері:

Розрахунок наведений в [30]

$$t_{вс} = t_0 - (5...10) + 5^\circ\text{C} = -10 + 5 = -5^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

температура всмоктувальних парів

$$t_4 = t_k - 2^\circ\text{C} = 34 - 2 = -32^\circ\text{C}$$

температура рідкого холодоагенту перед РВ:

Гілка льодяної води з випарними конденсаторами

Температура конденсації відповідна до абсолютного тиску конденсації

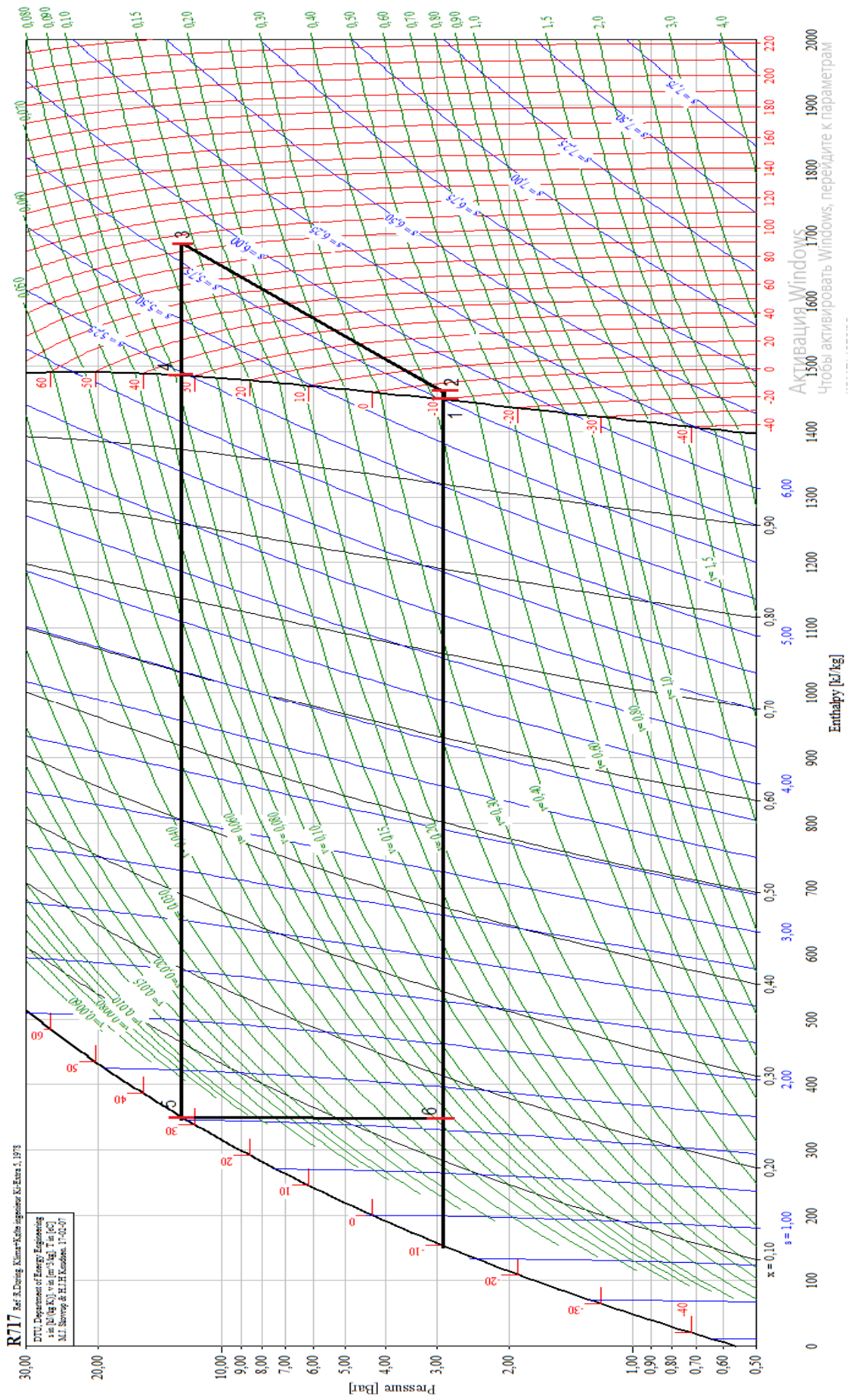
$P_k = 13$  Бар, при температурі вологого термометра  $t_m = 20^\circ\text{C}$  для м.

Шостка в літній період року.

Будуємо холодильний цикл

Табл.3.1

№ точки	Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, $\text{м}^3/\text{кг}$
1	-10	2,9	1446,9	0,42
2	-5	2,9	1461,9	0,43
3	104,5	13,12	1685	0,14
4	32	13,12	1487,9	0,1
5	32	13,12	348,5	0,001
6	-10	2,9	348,5	0,064



Активация Windows  
 Чтобы активировать Windows, перейдите к параметрам

Рис. 3.1. Цикл холодильної машини.

Питома масова продуктивність:

$$q_0 = i_1 - i_5 = 1446,9 - 348,5 = 1098,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.2)$$

Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_{v1} = \frac{q_0}{v_2} = \frac{1098,4}{0,43} = 2554,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} \quad (3.3)$$

Питома теоретична (адиабатна) робота компресора

$$L = i_3 - i_2 = 1685 - 1461,9 = 223,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.4)$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор

$$q_{к_10} = i_3 - i_4 = 1685 - 348,5 = 1336,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.5)$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнт подачі:

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі:

$$\lambda_c = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_{вс}} - c \cdot \left[ \left( \frac{P_n + \Delta P_n}{P_{вс}} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{вс})}{P_{вс}} \right]; \quad (3.6)$$

$c = 0,025$  – відносний величина мертвого простору, що приймається від типу і розмірів компресора, конструкції клапанів і режиму роботи. Він приймається рівним  $0,015 \dots 0,04$  ;

$n = 1,15$  – показник політропи;

$\Delta P_{вс} = 0,005$  МПа - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{наг} = 0,1$  МПа - депресія на нагнітанні;

$$\lambda_c = \frac{2,9 - 0,005}{2,9} - 0,03 \cdot \left[ \left( \frac{13,12 + 0,1}{2,9} \right)^{1,15} - \frac{(2,9 - 0,005)}{2,9} \right] = 0,915$$

Коефіцієнт об'ємних втрат:

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_k} = \frac{263}{305} = 0,862;$$

$$\lambda = \lambda_{i1} \cdot \lambda_w = 0,915 \cdot 0,86 = 0,78 \quad \text{Встановлено 3}$$

компресори П220, для якого  $V_{\text{км}} = 602 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

Дійсна масова витрата компресорів:

$$M_{\text{км}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{км}}}{\nu_2} = \frac{0,78 \cdot 0,167}{0,43} = 0,167 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3.9)$$

Реальна холодопродуктивність компресора за даних умов:

$$Q = m_{\text{км}} \cdot q_0 = 0,167 \cdot 1098,4 = 334,67 \text{ кВт} \quad (3.10)$$

Теоретична ( адіабатна ) потужність компресора:

$$N = m_{\text{км}} \cdot L = 0,167 \cdot 223,1 = 67,96 \text{ кВт} \quad (3.11)$$

Знаходимо індикаторний ККД для визначення реальних точок стиснення та реальної маси холодильного агента, що проходить через компресори:

Індикаторна потужність компресора:  $b_0 = 0,001 \frac{1}{\text{°C}}$  для аміака машин

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 \quad (3.12)$$

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 = 0,862 + 0,001 \cdot (-15) = 0,847$$

Потужність, що затрачається на тертя:

$$N_i = \frac{N}{\eta_i} = \frac{67,96}{0,847} = 80,647 \text{ кВт} \quad (3.13)$$

Середній індикаторний тиск, рівний (0,5 ... 0,7)  $10^2$  кПа- для аміака, приймаємо:

$$P_{\text{ТР}} = 50 \text{ кПа}$$

$$N_{\text{ТР}} = V_{\text{км}} \cdot P_{\text{ТР}} = 0,167 \cdot 50 = 8,361 \text{ кВт} \quad (3.14)$$

Ефективна потужність ( потужність на валу компресора):

$$N_E = N_i + N_{\text{ТР}} = 80,647 + 8,361 = 89 \text{ кВт} \quad (3.15)$$

Електрична потужність:

$\eta_{\text{ел}} = 0,8$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна, вибирається по каталогу в залежності від його типу і потужності  $\eta_{\text{ел}} = 0,75 \dots 0,85$ ;

$\eta_{\text{мех}} = 0,97$  – коефіцієнт корисної дії механічної передачі;

$$N_{EL} = \frac{Ne}{\eta_{el} \cdot \eta_{мех}} = \frac{89}{0.8 \cdot 0.97} = 114.3 \text{ кВт} \quad (3.16)$$

Загальне енергоспоживання трьох компресорів:

$$N_{EL\_10} = 3 \cdot N_{EL} = 3 \cdot 114,3 = 342,7 \text{ кВт}. \quad (3.17)$$

Ентальпія кінця стискання реальна:

$$i_{3p} = i_2 + \frac{i_3 - i_2}{\eta} = \frac{1685 - 1461,9}{0,847} = 1725 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.18)$$

Дійсне навантаження на конденсатор

$$Q_{КД\_10} = 3m_{км} \cdot (i_{3p} - i_4) = 342,7 \cdot (1725 - 1487,9) = 1259 \text{ кВт} \quad (3.19)$$

### Пирятинський молокозавод

Розрахунковий (робочий) режим ХУ характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування  $t_{вс}$ , і переохолодження  $t_{по}$ .

При проектуванні ХУ з безпосереднім охолодженням аміачними ХМ  $t_0$  приймають на  $5 \dots 10^\circ\text{C}$  нижче температури повітря в камері:

$$t_{вс} = t_0 - (5 \dots 10) + 5^\circ\text{C} = -10 + 5 = -5^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

температура всмоктувальних парів

$$t_4 = t_k - 2^\circ\text{C} = 32 - 2 = 30^\circ\text{C}$$

температура рідкого холодоагенту перед РВ:

Гілка льодяної води з випарними конденсаторами

Температура конденсації відповідна до абсолютного тиску конденсації  $P_k = 12,6$  Бар, при температурі вологого термометра  $t_{\text{в}} = 19^\circ\text{C}$  для м. Пирятин в літній період року.

Табл.3.2

№ точки	Температура, °C	Тиск, бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /кг
1	-10	2,9	1446,9	0,42
2	-5	2,9	1461,9	0,43
3	100,1	12,6	1679	0,15
4	30	12,6	1486	0,11
5	30	12,6	341,5	0,001
6	-10	2,9	341,5	0,061

Масова продуктивність:

$$M = \frac{Q_0}{h_1 - h_5} = \frac{2492,52}{1446,9 - 341,5} = 2,21 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3.20)$$

Об'єм парів, відсмоктуваних компресором за одиницю часу

$$V_{д1} = M \cdot v_2 = 2,21 \cdot 0,43 = 0,95 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (3.21)$$

Питома теоретична (адіабатна) робота компресора

$$L = i_3 - i_2 = 1679 - 1461,9 = 217,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.4)$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор

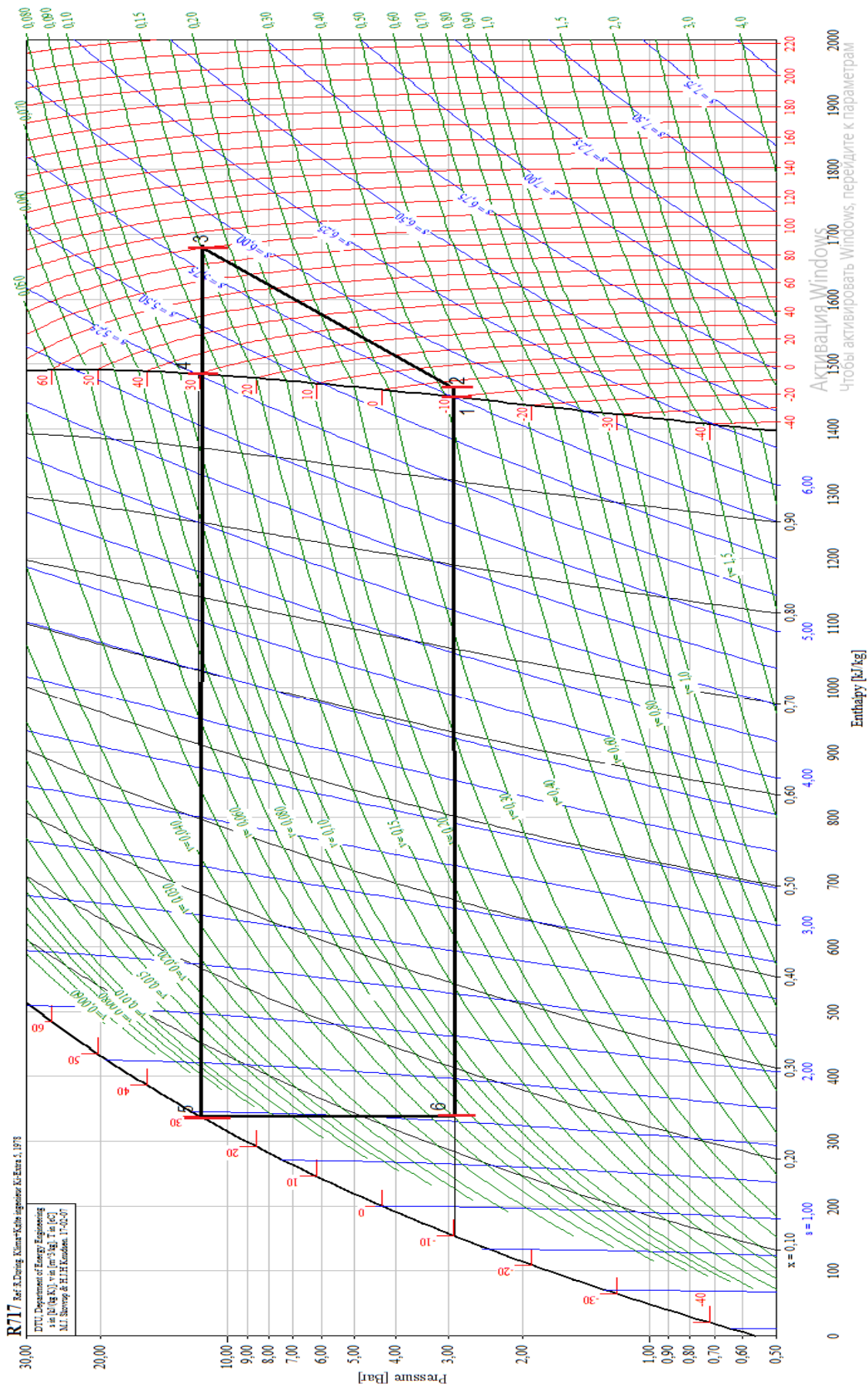
$$q_{к10} = i_3 - i_4 = 1679 - 341,5 = 1337,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.5)$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнт подачі:

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі:

$$\lambda_c = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_{вс}} - c \cdot \left[ \left( \frac{P_n + \Delta P_n}{P_{вс}} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{вс})}{P_{вс}} \right]; \quad (3.6)$$

$c = 0,025$  – відносний величина мертвого простору, що приймається від типу і розмірів компресора, конструкції клапанів і режиму роботи. Він приймається рівним  $0,015 \dots 0,04$  ;



Активация Windows  
 Чтобы активировать Windows, перейдите к параметрам

Рис. 3.2. Цикл холодильной машины.

$n = 1,15$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,005$  МПа - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,098$  МПа - депресія на нагнітанні;

$$\lambda_c = \frac{2,9 - 0,005}{2,9} - 0,03 \cdot \left[ \left( \frac{12,6 + 0,098}{2,9} \right)^{1,15} - \frac{(2,9 - 0,005)}{2,9} \right] = 0,917$$

Коефіцієнт об'ємних втрат:

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_k} = \frac{263}{303} = 0,867; \quad (3.7)$$

$$\lambda = \lambda_{i1} \cdot \lambda_w = 0,917 \cdot 0,867 = 0,79 \quad (3.8)$$

Компресорний агрегат MYSOM N250VSD  $V_{\text{кМ}} = 1592 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

Дійсна масова витрата компресорів:

$$M_{\text{кМ}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{кМ}}}{\nu_2} = \frac{0,79 \cdot 0,442}{0,43} = 0,81 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3.9)$$

Реальна холодопродуктивність компресора за даних умов:

$$Q = m_{\text{кМ}} \cdot q_0 = 0,81 \cdot 1105,4 = 895,37 \text{ кВт} \quad (3.10)$$

Теоретична ( адіабатна ) потужність компресора:

$$N = m_{\text{кМ}} \cdot L = 0,81 \cdot 217,1 = 175,85 \text{ кВт} \quad (3.11)$$

Знаходимо індикаторний ККД для визначення реальних точок стиснення та реальної маси холодильного агента, що проходить через компресори:

Індикаторна потужність компресора:  $b_0 = 0,001 \frac{1}{^\circ\text{C}}$  для аміака машин

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 \quad (3.12)$$

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 = 0,862 + 0,001 \cdot (-15) = 0,847$$

Потужність, що затрачається на тертя:

$$N_i = \frac{N}{\eta_i} = \frac{175,85}{0,847} = 207,6 \text{ кВт} \quad (3.13)$$

Середній індикаторний тиск, рівний  $(0,5 \dots 0,7) 10^2$  кПа- для аміака, приймаємо:

$$P_{\text{ТР}} = 50 \text{ кПа}$$

$$N_{TP} = V_{км} \cdot P_{TP} = 0,81 \cdot 50 = 40,5 \text{ кВт}$$

(3.14)

Ефективна потужність ( потужність на валу компресора):

$$N_E = N_i + N_{TP} = 207,6 + 40,5 = 248,1 \text{ кВт}$$

(3.15)

Електрична потужність:

$\eta_{ел} = 0,8$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна, вибирається по каталогу в залежності від його типу і потужності  $N_e$   $\eta_{ел} = 0,75 \dots 0,85$ ;

$\eta_{мех} = 0,97$  – коефіцієнт корисної дії механічної передачі;

$$N_{ЕЛ} = \frac{N_e}{\eta_{ел} \cdot \eta_{мех}} = \frac{248,1}{0,8 \cdot 0,97} = 319,3 \text{ кВт} \quad (3.16)$$

Загальне енергоспоживання трьох компресорів:

$$N_{ЕЛ\_10} = 3 \cdot N_{ЕЛ} = 3 \cdot 319,3 = 957,9 \text{ кВт} \quad (3.17)$$

Інтальпія кінця стискання реальна:

$$i_{3p} = i_2 + \frac{i_3 - i_2}{\eta} = 1654 + \frac{1679 - 1486,9}{0,847} = 1654 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3.18)$$

Дійсне навантаження на конденсатор

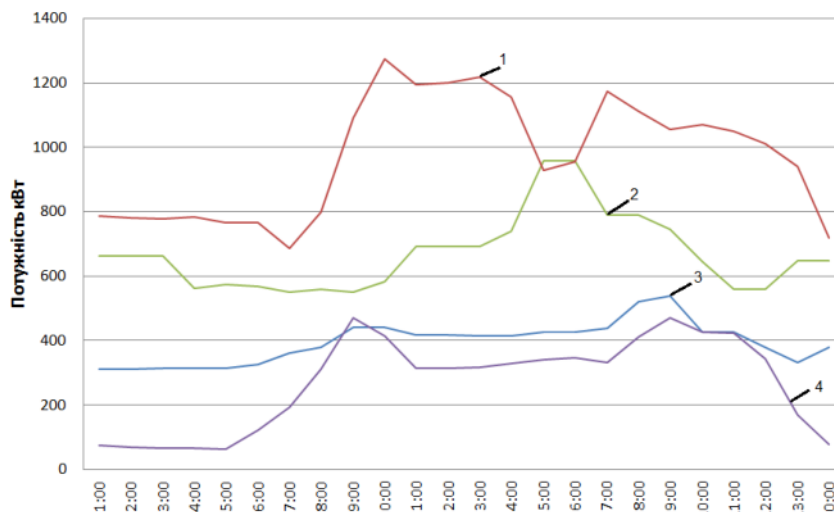
$$Q_{КД\_10} = 3m_{км} \cdot (i_{3p} - i_4) = 342,7 \cdot (1654 - 1486,9) = 3750 \text{ кВт} \quad (3.19)$$

Так само знаходимо дійсну потужність холодильного обладнання для інших заводів.

Години доби	Потужність холод. обл.			
	DANONE	Куп'янськ	Пирятин	Шостка
1:00	309,77	786,95	662,50	74,70
2:00	309,77	781,65	662,50	69,44
3:00	314,78	777,53	662,50	66,49
4:00	314,78	784,08	562,25	64,97
5:00	314,78	767,32	575,20	61,78
6:00	325,21	767,05	567,30	122,32
7:00	361,91	687,15	550,25	192,54
8:00	380,21	797,95	560,00	310,93
9:00	440,75	1091,35	549,28	470,02
10:00	440,75	1273,73	581,55	414,43
11:00	416,51	1195,15	690,81	313,70
12:00	416,51	1201,05	690,81	314,03
13:00	414,75	1216,55	690,81	317,65
14:00	414,75	1154,88	737,95	327,57
15:00	425,71	929,45	957,90	340,37
16:00	425,71	954,35	957,90	347,34
17:00	436,91	1174,05	789,62	333,12
18:00	521,94	1110,57	789,50	411,77
19:00	537,21	1056,55	745,23	469,25
20:00	425,71	1070,15	644,12	426,77
21:00	425,71	1048,95	559,90	422,54
22:00	380,21	1010,35	559,90	343,40
23:00	330,57	941,07	646,56	169,56
0:00	380,21	719,55	646,56	78,72
<b>Середньодобове</b>	<b>394,38</b>	<b>970,73</b>	<b>668,37</b>	<b>269,31</b>

Рис. 3.3 Таблиця електроенергії

З отриманих даних будемо добові графіки електроенергії котра витрачається.



Графік (3.1) Потужність Молокозаводів

1- Електроенергія, кВт Куп'янськ; Електроенергія, кВт Пирятин; Електроенергія, кВт Данон; Електроенергія, кВт Шостка.

#### **4. Визначення витрати коштів на електроенергію при різних тарифних сітках**

За графіками споживання електроенергії будуюмо добові графіки споживання коштів переводимо в гроші які затрачається при різних тарифних сітках. При тарифах на електроенергію на 1.02.2023 року. [31, 32, 33, 34]

Розрахунки проводимо для 1но зональної, 2х зональної та 3х зональних тарифних сіток:

Ел- кВт/год які були отриманні.

1но зональна = Ел\*4,05

2х зональна Ніч = Ел\*(4,05\*0,5);

Пік = Ел\*(4,05\*1,8);

3х зональна Ніч = Ел\*(4,05\*0,4);

Полу пік = (4,05\*1);

Пік = Ел\*(4,05\*1,5).

**Загальний фонд коштів за добу при однозональній сітці оплати, складає для кожного заводу:**

- Дароп – 19403,5 грн. при загальному споживанні електроенергії 9465,12 кВт
- Куп'янськ – 47759,73 грн . при загальному споживанні електроенергії 23297,43 кВт
- Пирятин – 28612,34 грн. при загальному споживанні електроенергії 16709,3 кВт
- Шостка – 13149,99 грн. при загальному споживанні електроенергії 6463,41 кВт

**Загальний фонд коштів за сутки при 2х зональній сітці оплати, складає для кожного заводу:**

- Дароп – 27198,18 грн.
- Куп'янськ – 67165,53 грн .

- Пирятин – 39646,70 грн.
- Шостка – 21745,51 грн.

**Загальний фонд коштів за сутки при 3х зональній сітці оплати, складає для кожного заводу:**

- Danon – 18875,15 грн.
- Куп'янськ – 46350,82 грн .
- Пирятин – 26770,52 грн.
- Шостка – 15197,31 грн.

З отриманих даних видно, що працювати по 2х зональній сітці електроенергії є не вигідно для усіх підприємств. Перевитрата коштів при 2х зональній сітці від 1но зональної у % співвідношенні складає:

- Шосткінського молокозаводу 40%;
- Пирятинського сирзаводу 32%;
- Куп'янський молокозавод 29%;
- Danon 29%.

При розрахунку на 3х зональну тарифну сітку заощадження коштів і складають у % співвідношенні:

- Шосткінського молокозаводу -13%;
- Пирятинського сирзаводу 0,07%;
- Куп'янський молокозавод 0,03%;
- Danon 0,03%.

З отриманих даних по 2х і 3х зональних тарифних сітках було визначенні скільки коштів витрачається при різних тарифах (ніч, полу пік, пік)

**Режим роботи при 2х зональній сітці (ніч):**

- Danon – 1865,41 грн. , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 6,9%;
- Куп'янськ – 4538,33 грн , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 6,8%;

- Пирятин – 2861,68 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 7,2%;

- Шостка – 507,98 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 2,3%;

**Режим роботи при 2х зональній сітці (пік):**

- Данон – 25332,77 грн. , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 93,1%;

- Куп'янськ – 62627,53 грн , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 93,2%;

- Пирятин – 36785,02 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 92,8%;

- Шостка – 21237,54 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 97,7%;

**Режим роботи при 3х зональній сітці (ніч):**

- Данон – 1165,76 грн. , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 6,2%;

- Куп'янськ – 2848,55 грн , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 6,2%;

- Пирятин – 1811,43 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 6,8%;

- Шостка – 300,15 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 20%;

**Режим роботи при 3х зональній сітці (полу пік):**

- Данон – 11538,31грн. , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 61,1%;

- Куп'янськ – 28711,27 грн , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 61,9%;

- Пирятин – 17654,92 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 65,9%;

- Шостка – 8881,5грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 58,4%;

**Режим роботи при 3х зональній сітці (пік):**

- Дароп – 6171,08 грн. , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 32,7%;
- Куп'янськ – 14791 грн , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 31,9%;
- Пирятин – 7304,17 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 27,3%;
- Шостка – 6015,66 грн, , що у % відношенні від усього добового фонду коштів складає 39,6%;

Графіки електроспоживання з накладенням єдиного тарифу на всі години та 2х и 3х зональних сіток розрахунку грошей з електроенергією.

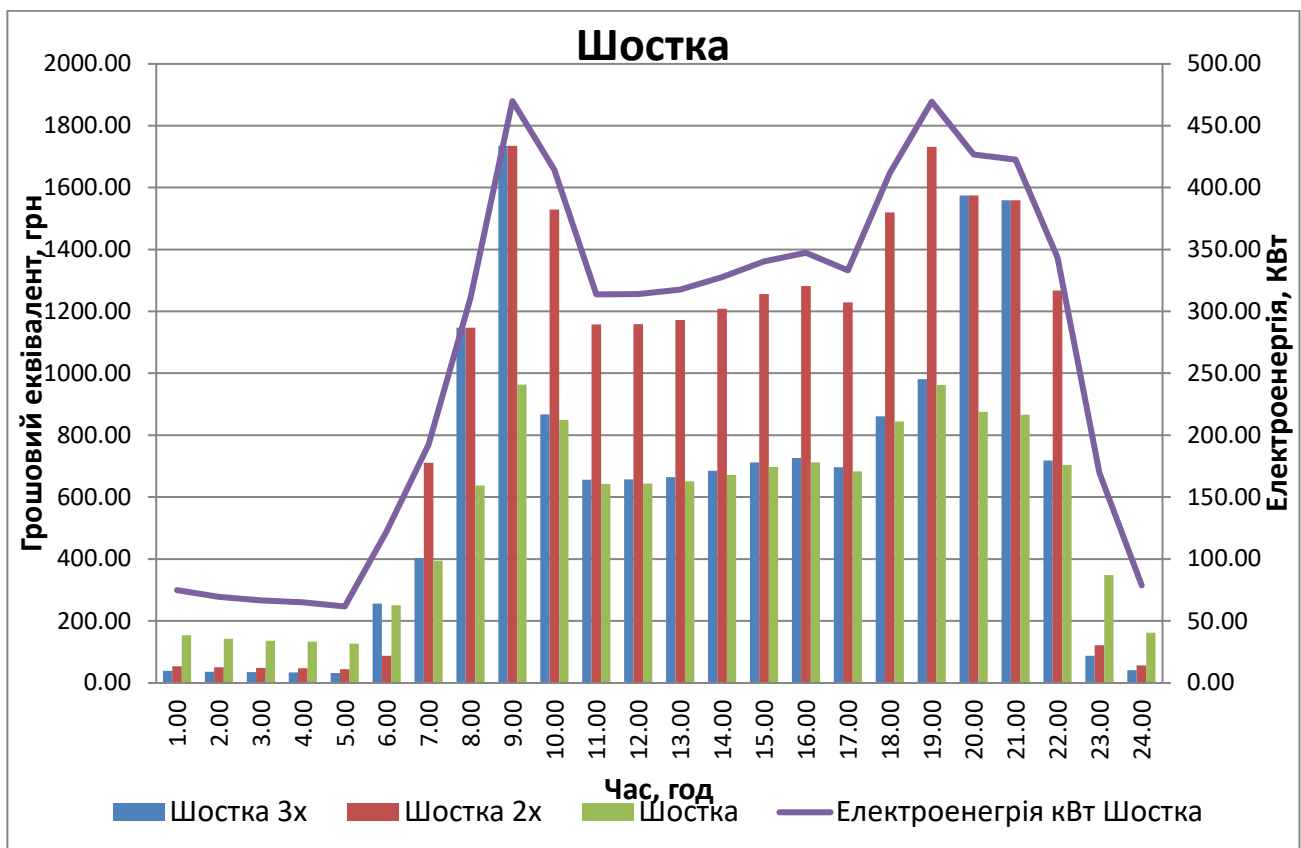


Рис. 4.1. Молокозавод у м. Шостка

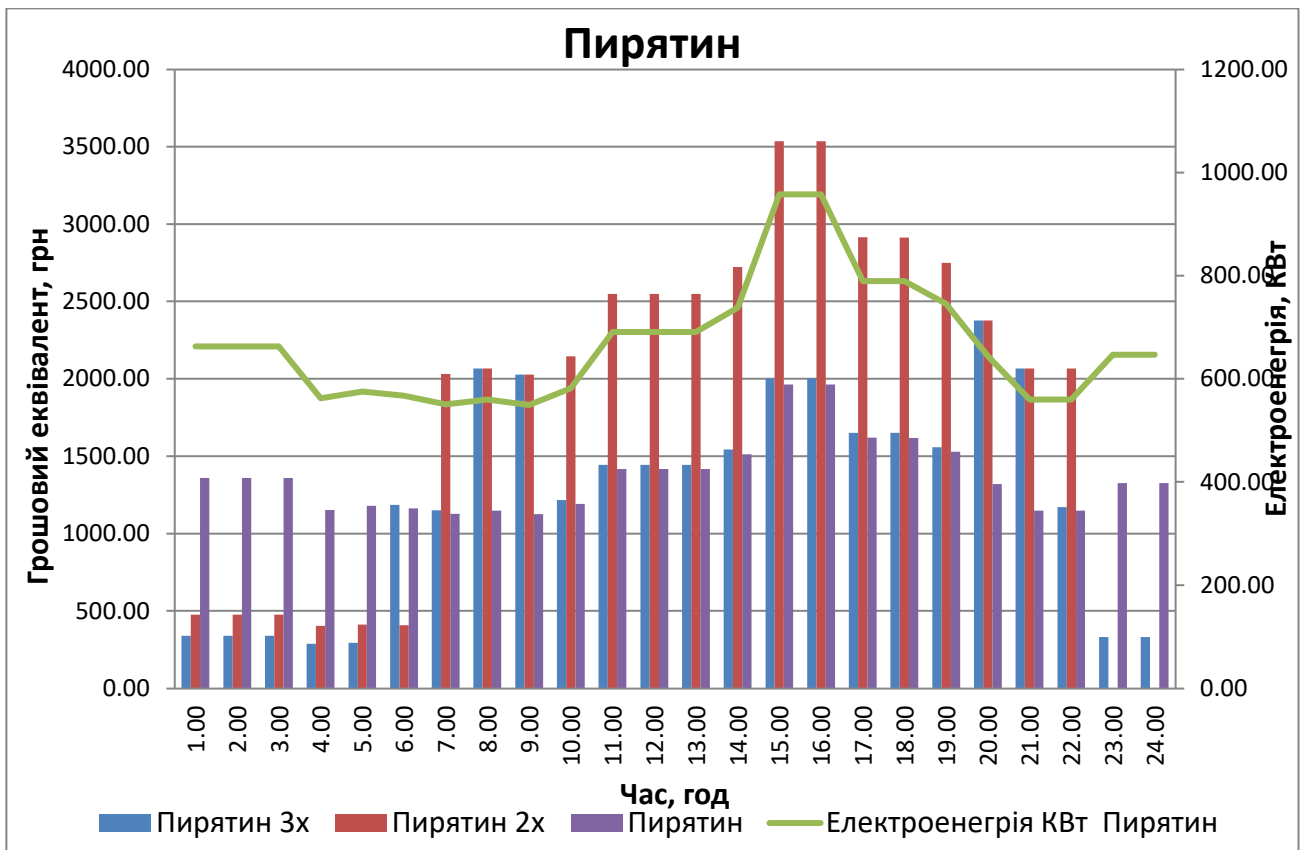


Рис. 4.2. Молокозавод Пирятин

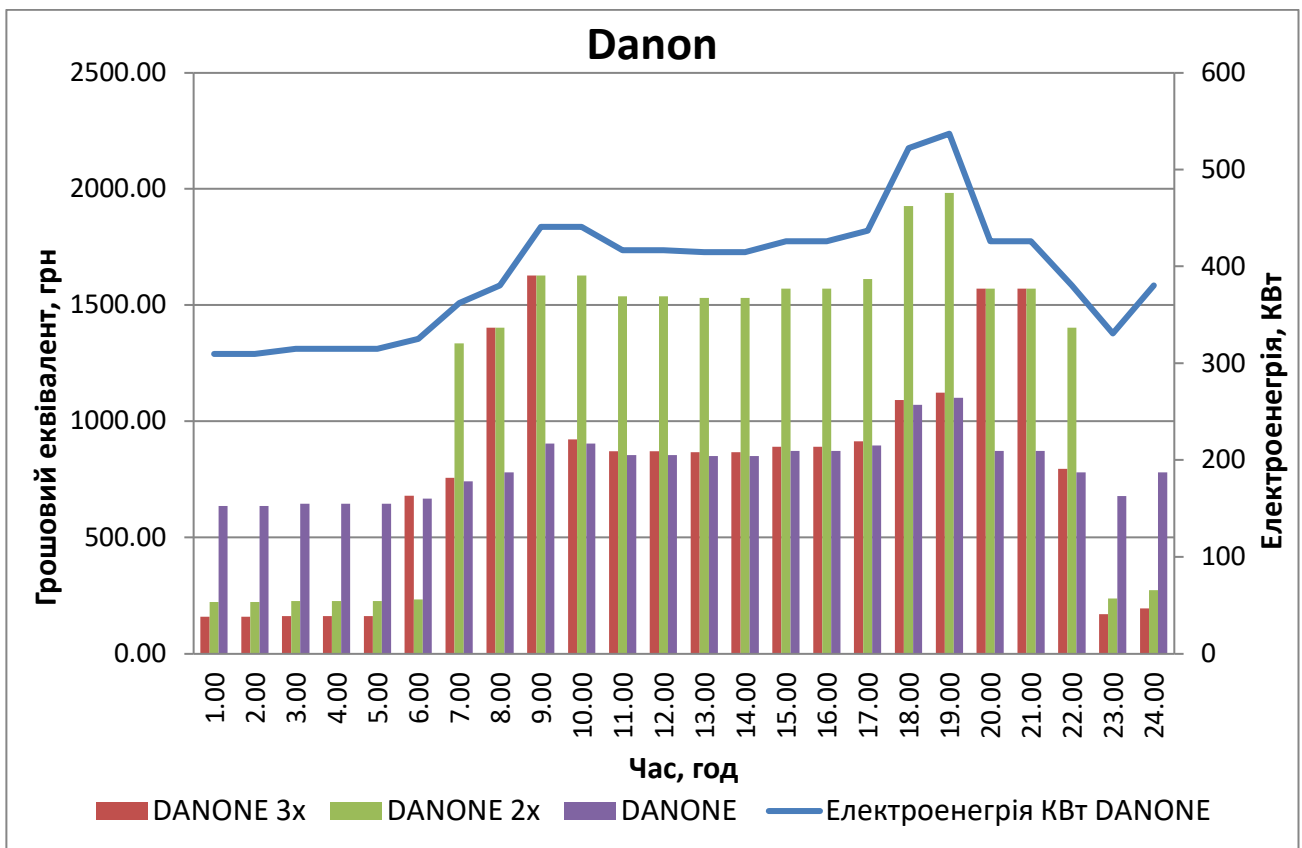
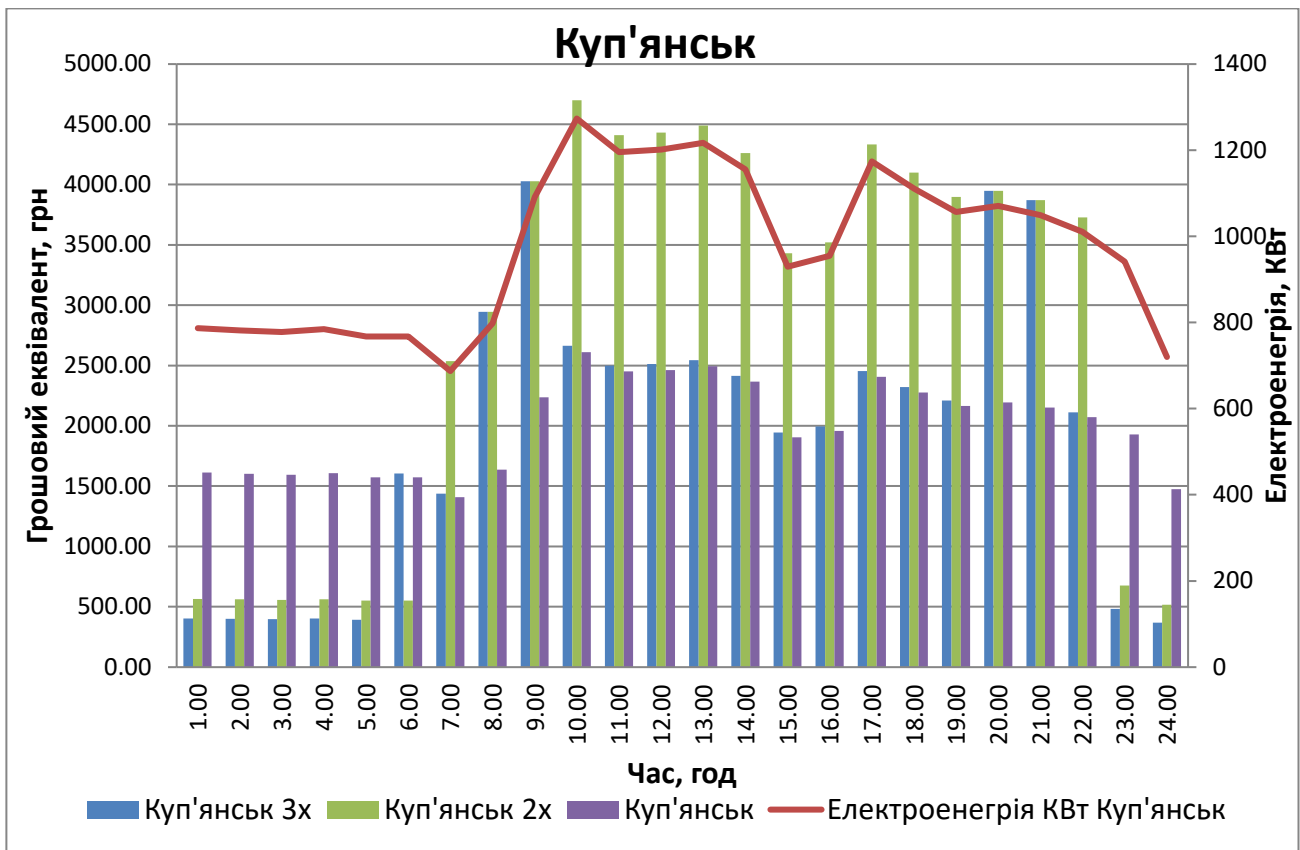


Рис. 4.3 Молокозавод Danon



*Рис. 4.4 Молокозавод Куп'янськ*

## 5. Методика оптимізації теплового навантаження підприємств Варіант перший.

### Шосткінський молокозавод

Для 3х зональної сітки. Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 60 кВт, що складає 12% від електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 386,91 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 357,2 кВт·год.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 8035,86 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.1)

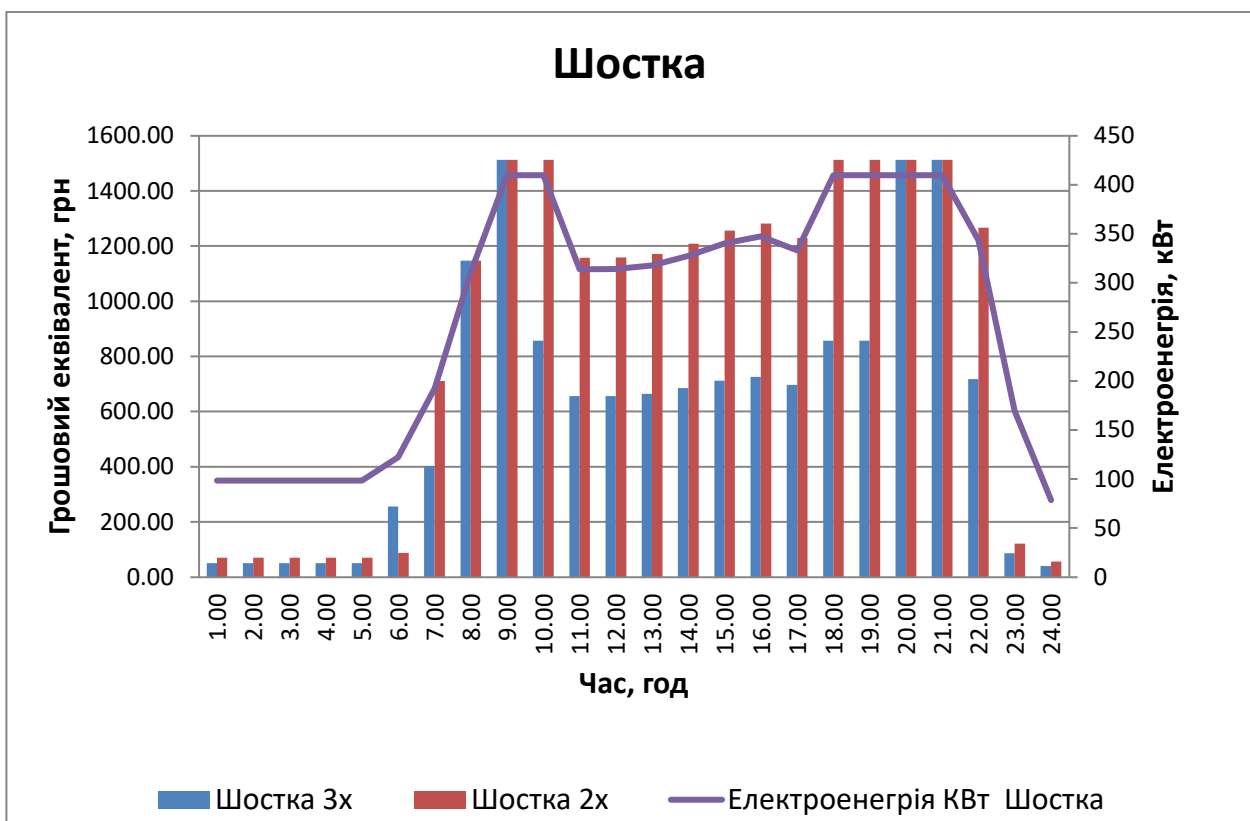


Рис. 5.1. Молокозавод Шосткінський

### Пирятинський сирзавод

Для 3х зональної сітки . Акумулюємо таку кількості холоду, якої достатньо для зняття 114,9 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 2980 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 229,8 кВт·год.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 10805,18 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.2)

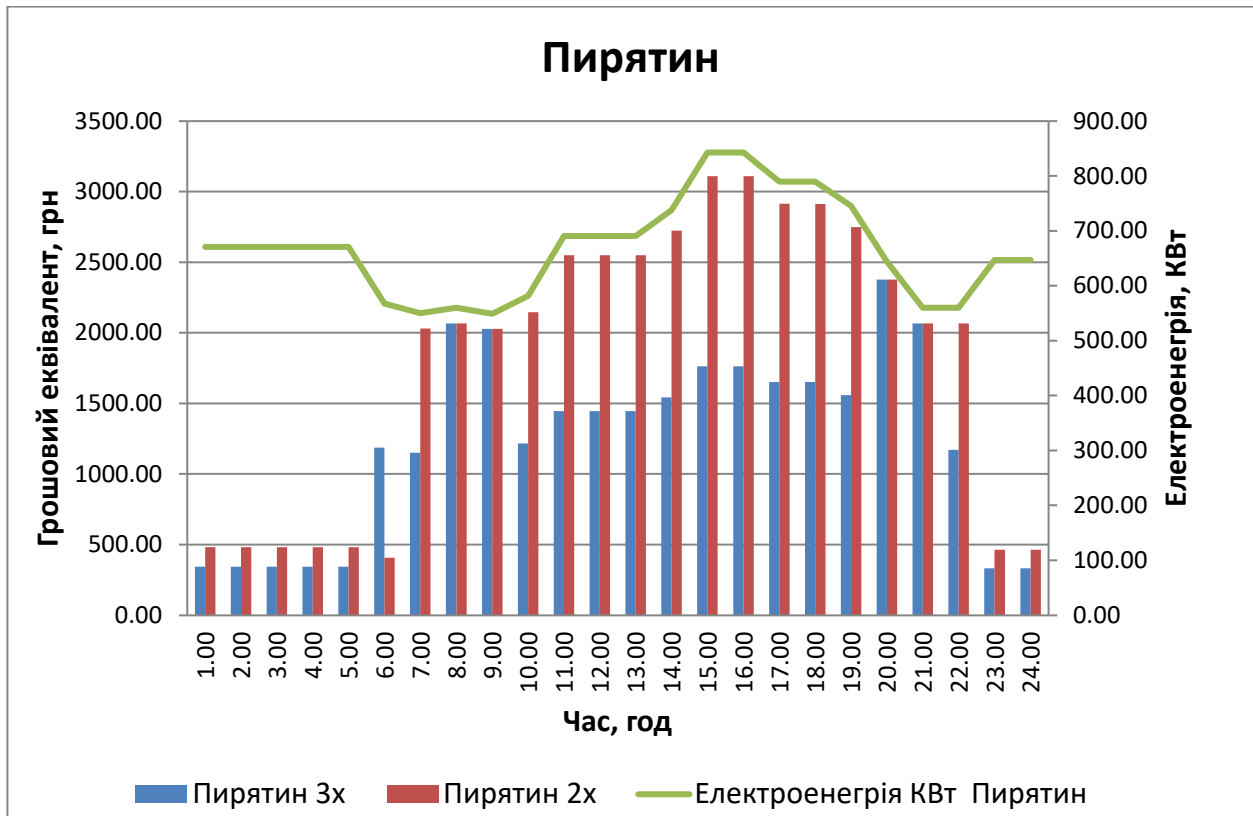


Рис. 5.2 Сирзавод Пирятинський  
Данон

Для 3х зональної сітки. Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 75 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 740,98 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 206,73 кВт·год.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 7394 грн./доб. Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.3)

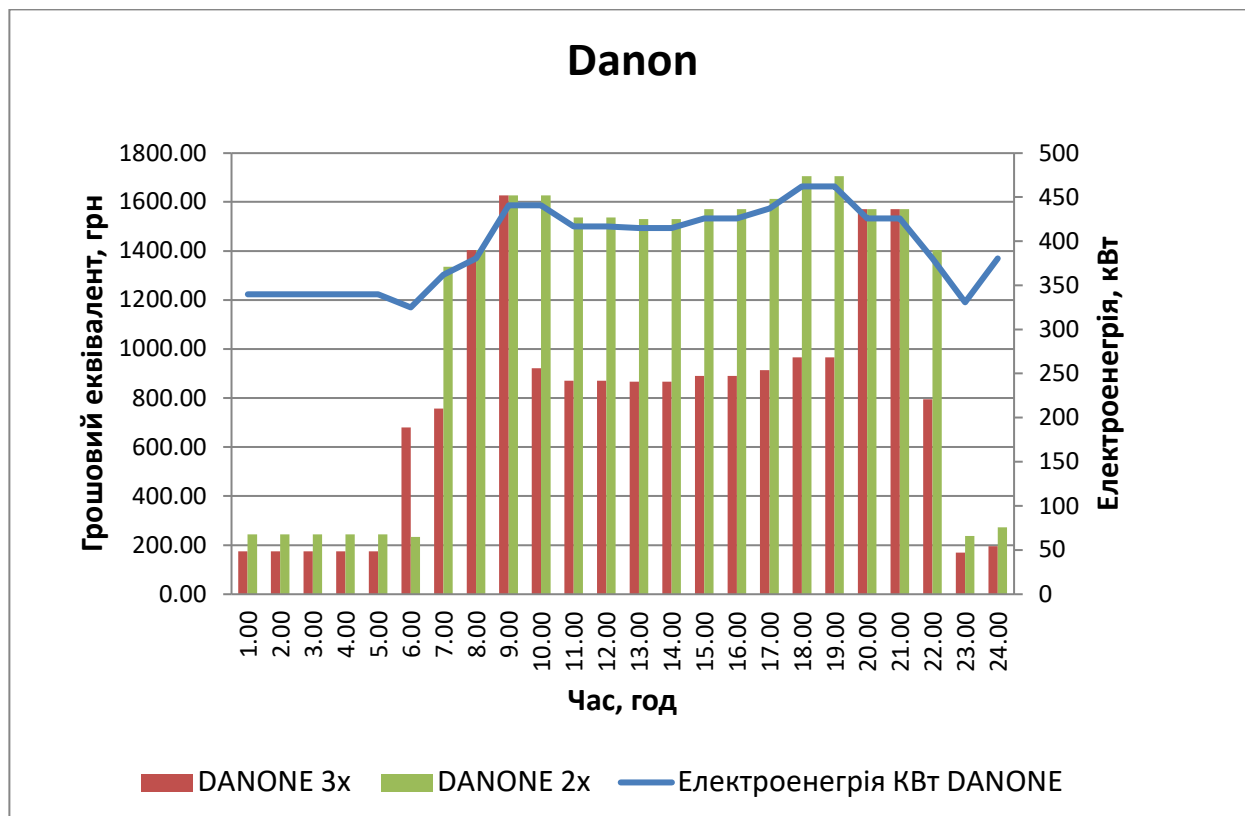


Рис.5.3 Молокозавод Danon

### Куп'янський молокозавод

Для 3х зональної сітки. Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 166 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити

близько 2313,4 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 502,71 кВт·год.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 17703,4 грн./доб. Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.4)

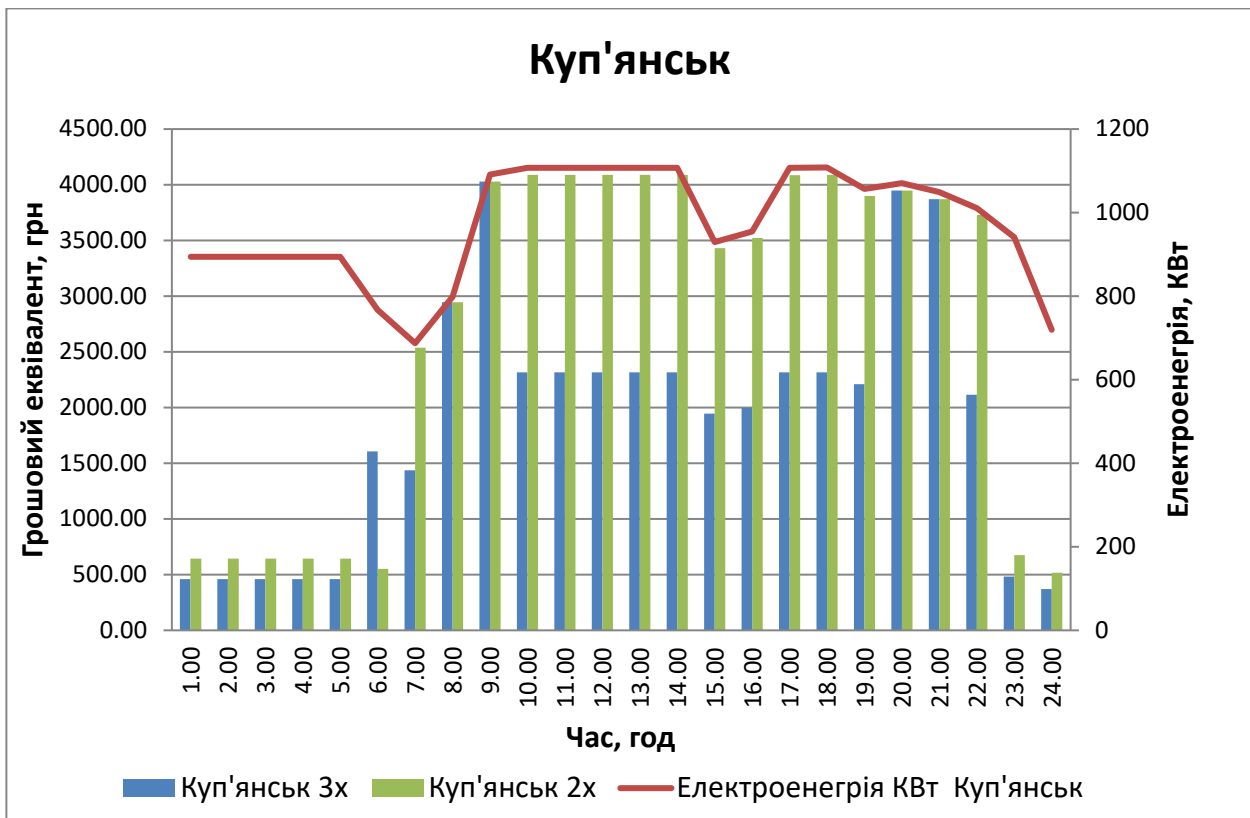


Рис.5.4. Молокозавод Куп'янський

## 5.2 Варіант другий

### Шосткінський молокозавод

**Для 3х зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 100 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 717,2 кВт·год. За даних перетворень ми сплачуємо на 957,61 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 7322,45 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.5)

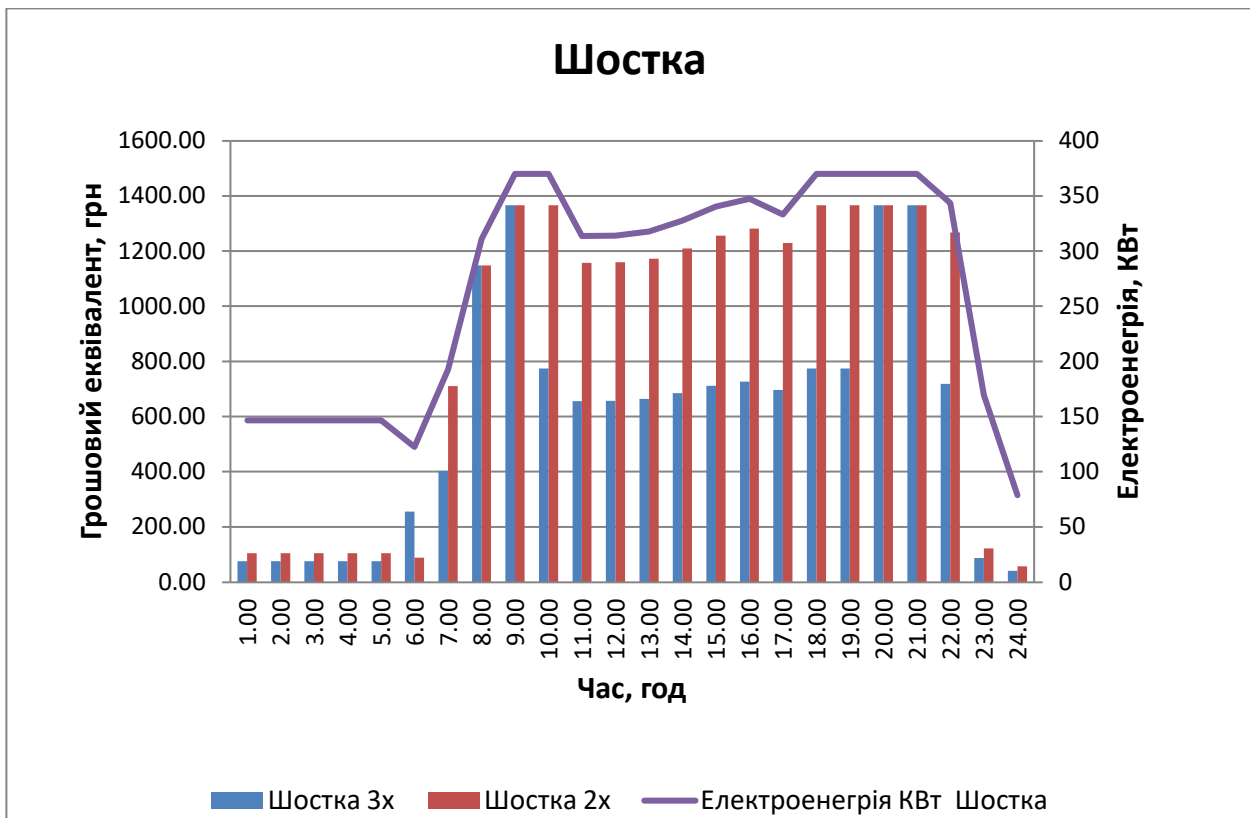


Рис. 5.5. Молокозавод Шосткінський

### Пирятинський молокозавод

**Для 3х зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 201,15 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 468,12 кВт·год. За даних перетворень ми сплачуємо на 3709,11 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 9790,73 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.6)

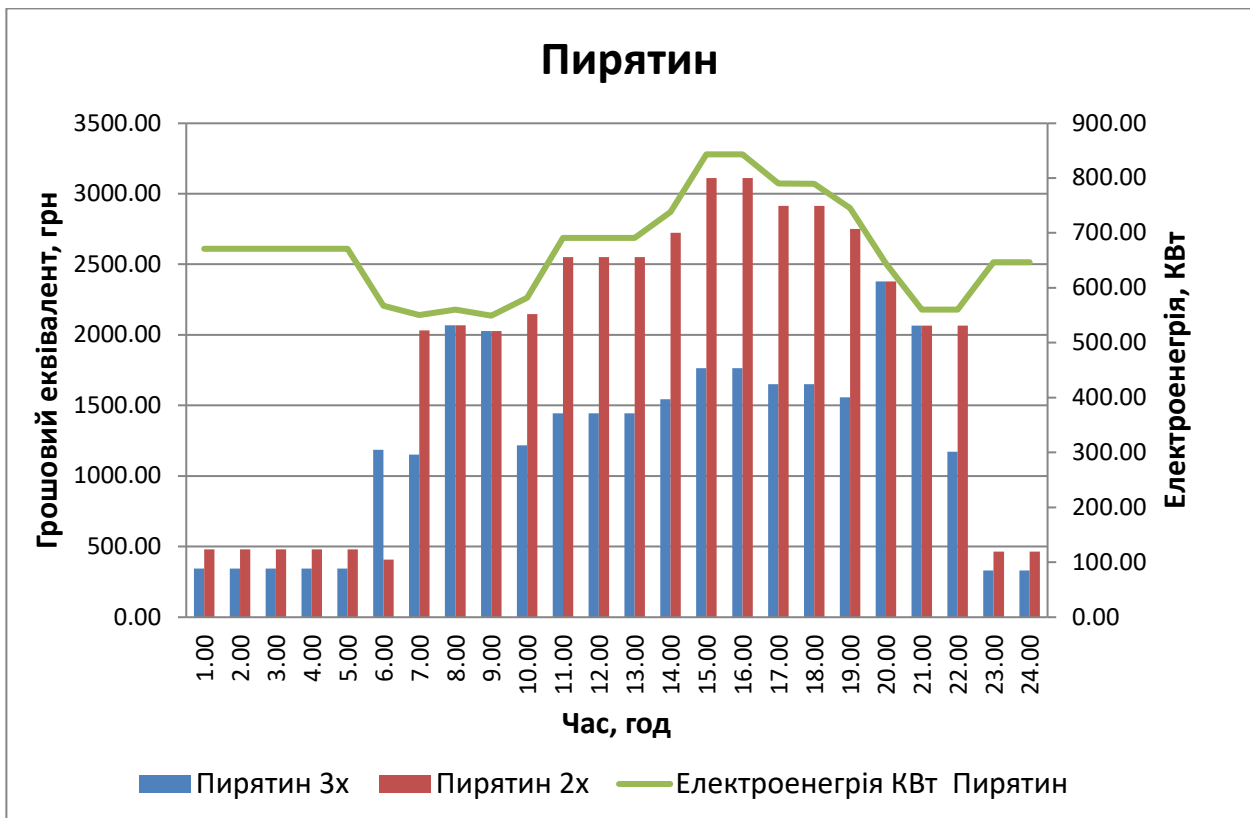


Рис. 5.6. Сирзавод Пирятинський

### Данон

**Для 3x зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 116 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 285,01 кВт·год. За даних перетворень ми сплачуємо на 1021,4 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 6947,55 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.7)

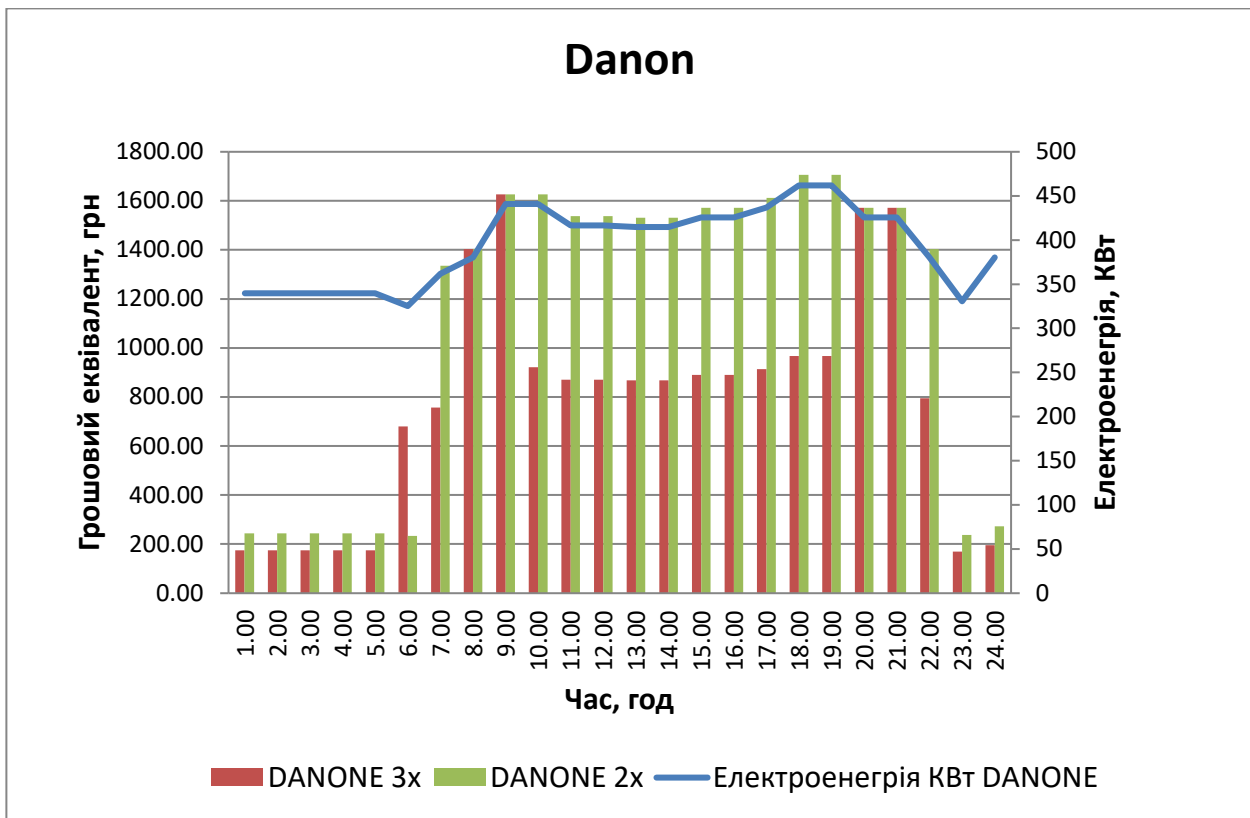


Рис.5.7. Молокозавод Danon

### Куп'янськ

**Для 3x зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 318,73 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 2143,33 кВт·год. За даних перетворень ми сплачуємо на 5343,98 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 13035,56 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.8)

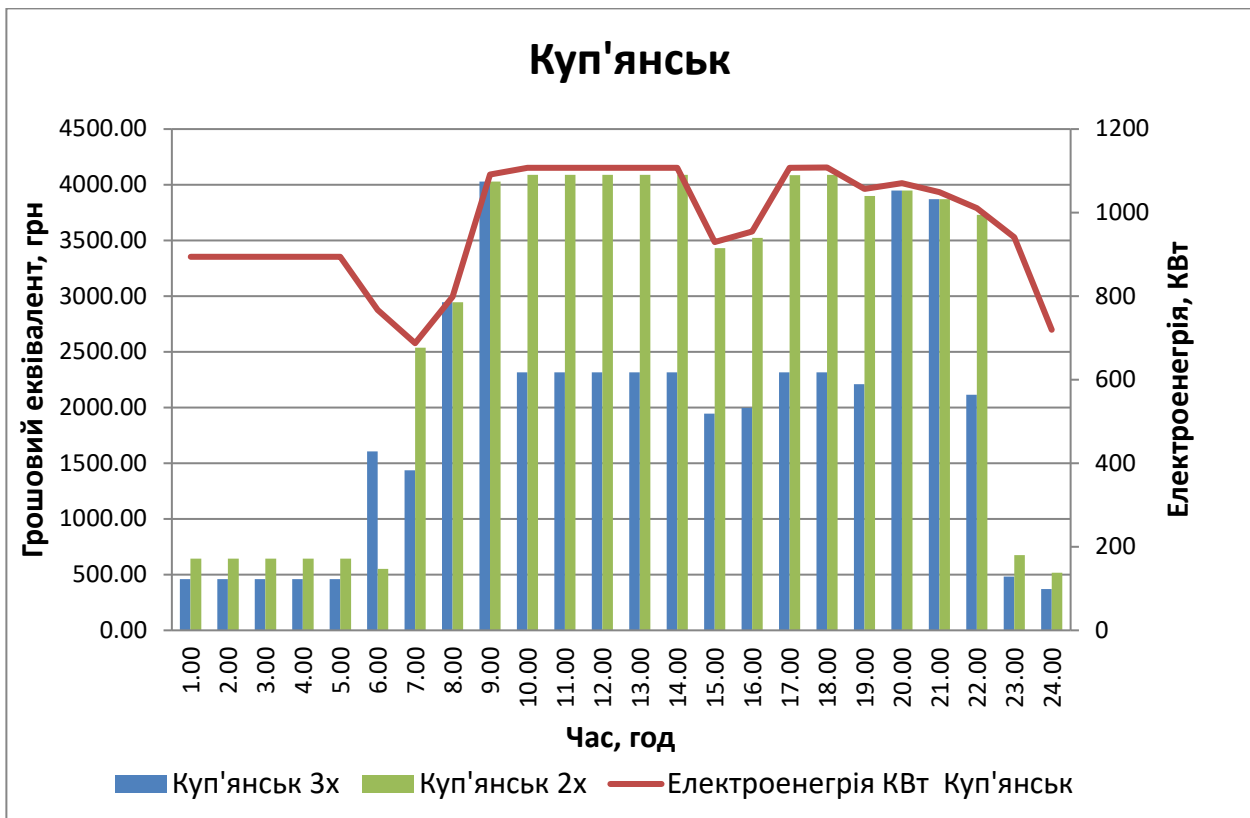


Рис. 5.8. Молокозавод Куп'янський

### 5.3 Варіант третій.

#### Шосткінський молокозавод

Для 3х зональної сітки. Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 150 кВт 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 1162,7 кВт·год, що складає 32%. За даних перетворень ми сплачуємо на 131,6 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 6158,13 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.9)

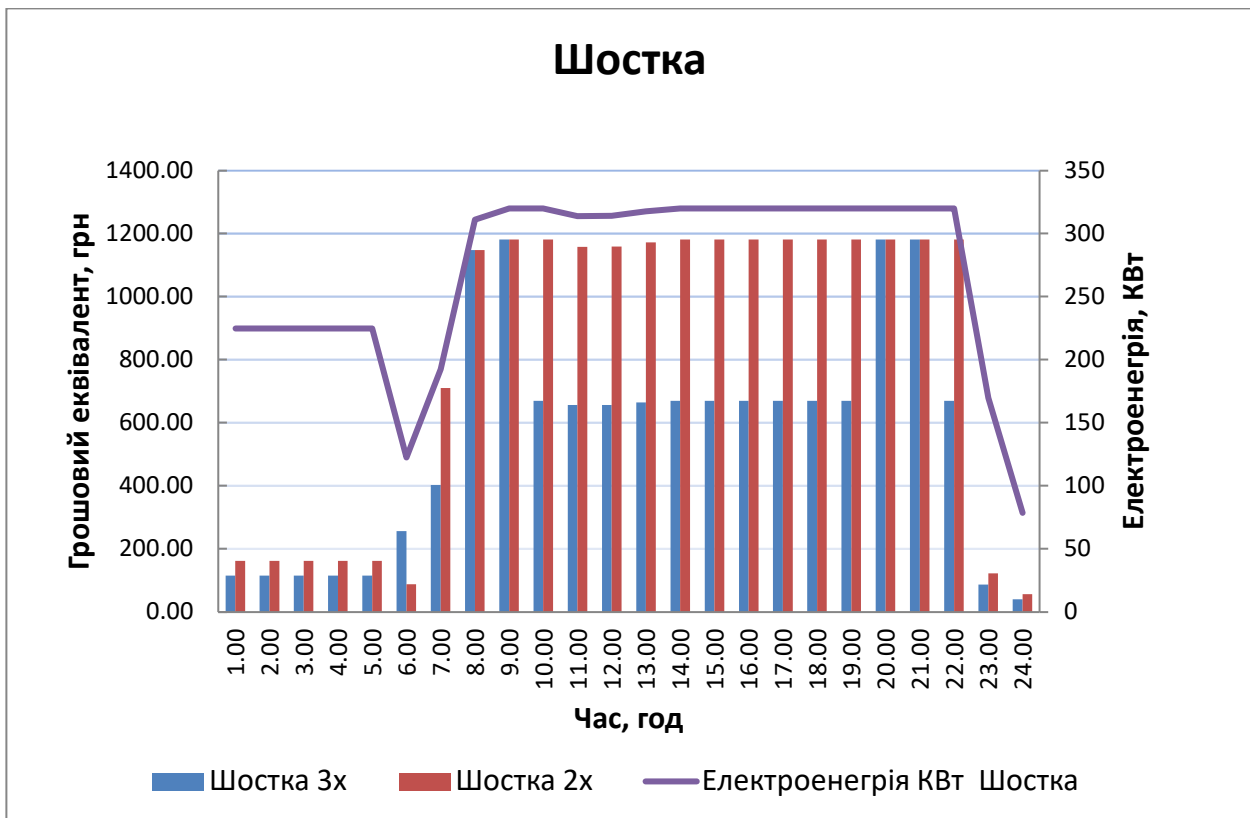


Рис.5.9. Молокозавод Шосткінський

### Пирятинський молокозавод

**Для 3х зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 11:00 – 19:00, тобто – 1181,24 кВт\*год, що складає 32%. За даних перетворень ми сплачуємо на 4482,81 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 7949,75 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.10)

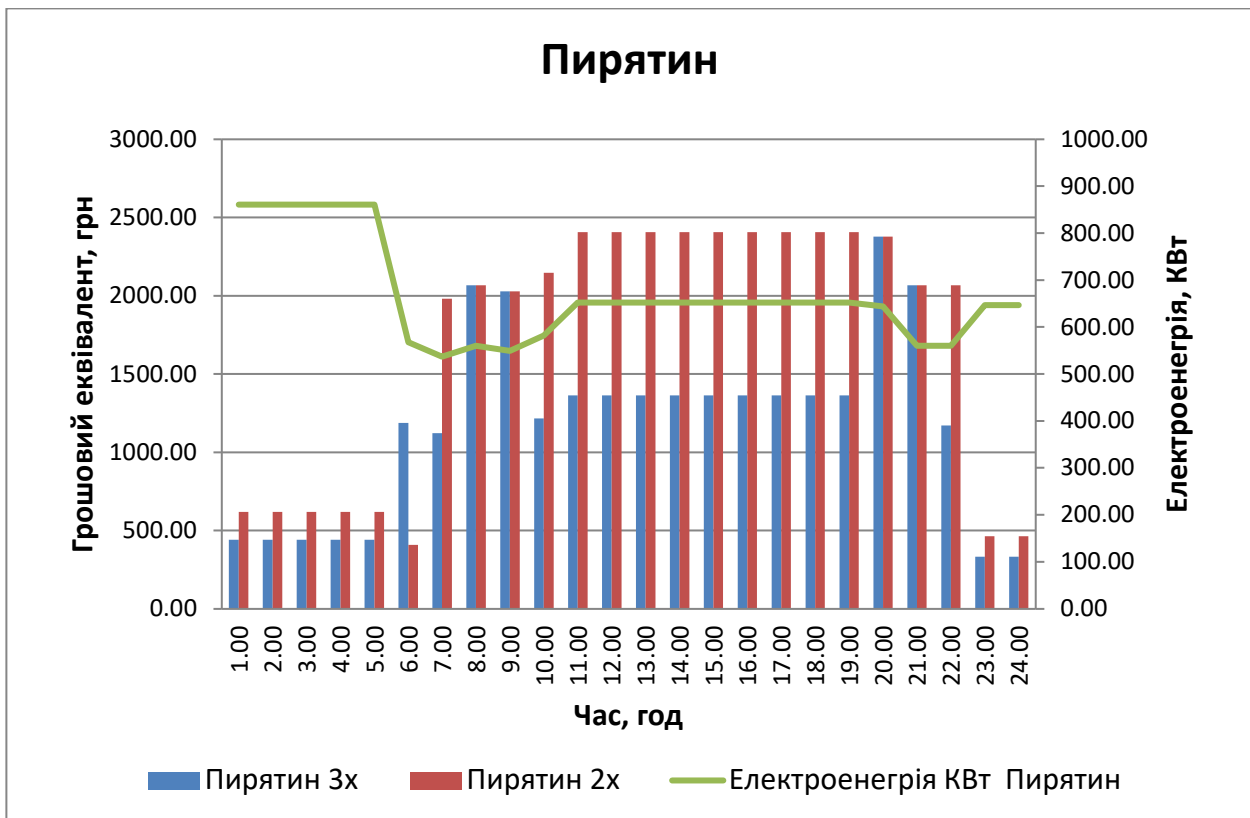


Рис. 5.10. Сирзавод Пирятинський

### Данон

**Для 3x зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 1135 кВт·год, що складає 32%. За даних перетворень ми сплачуємо на 2452,79 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 4751,71 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.11)

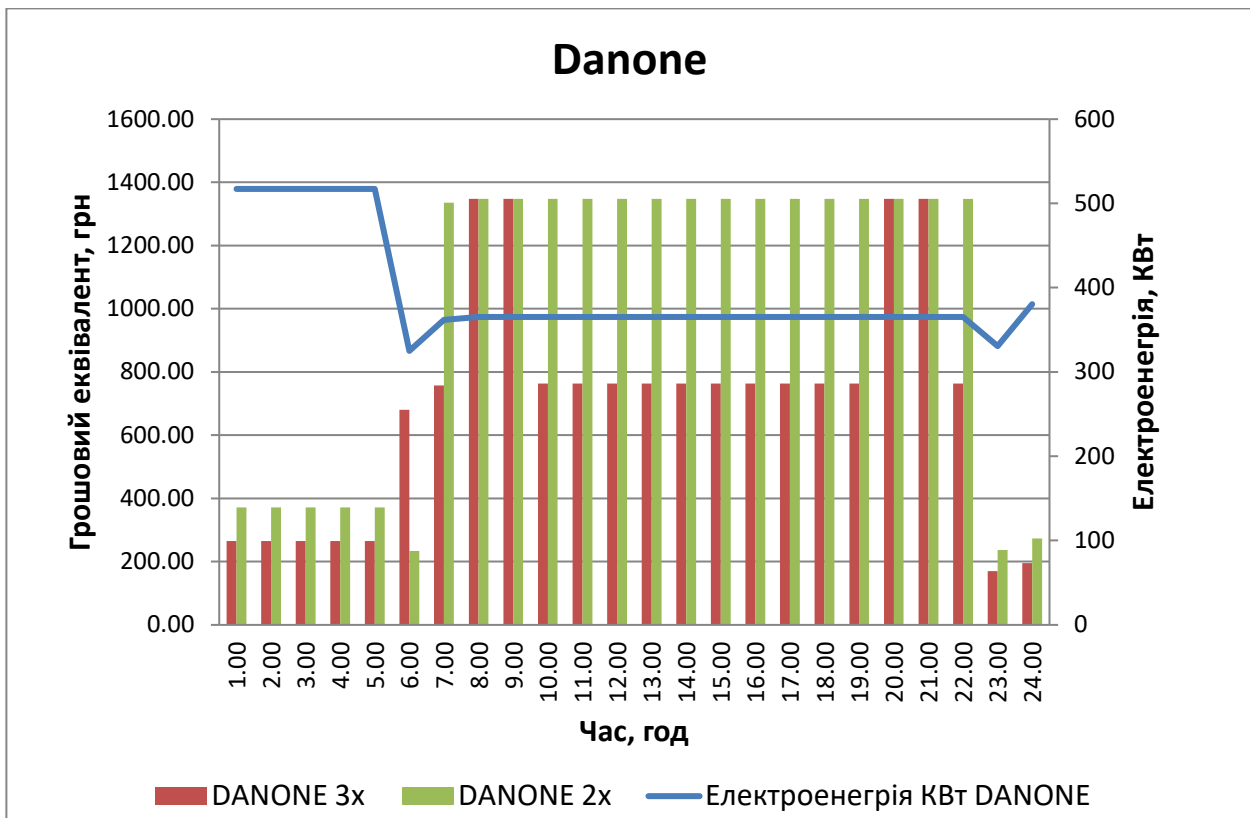


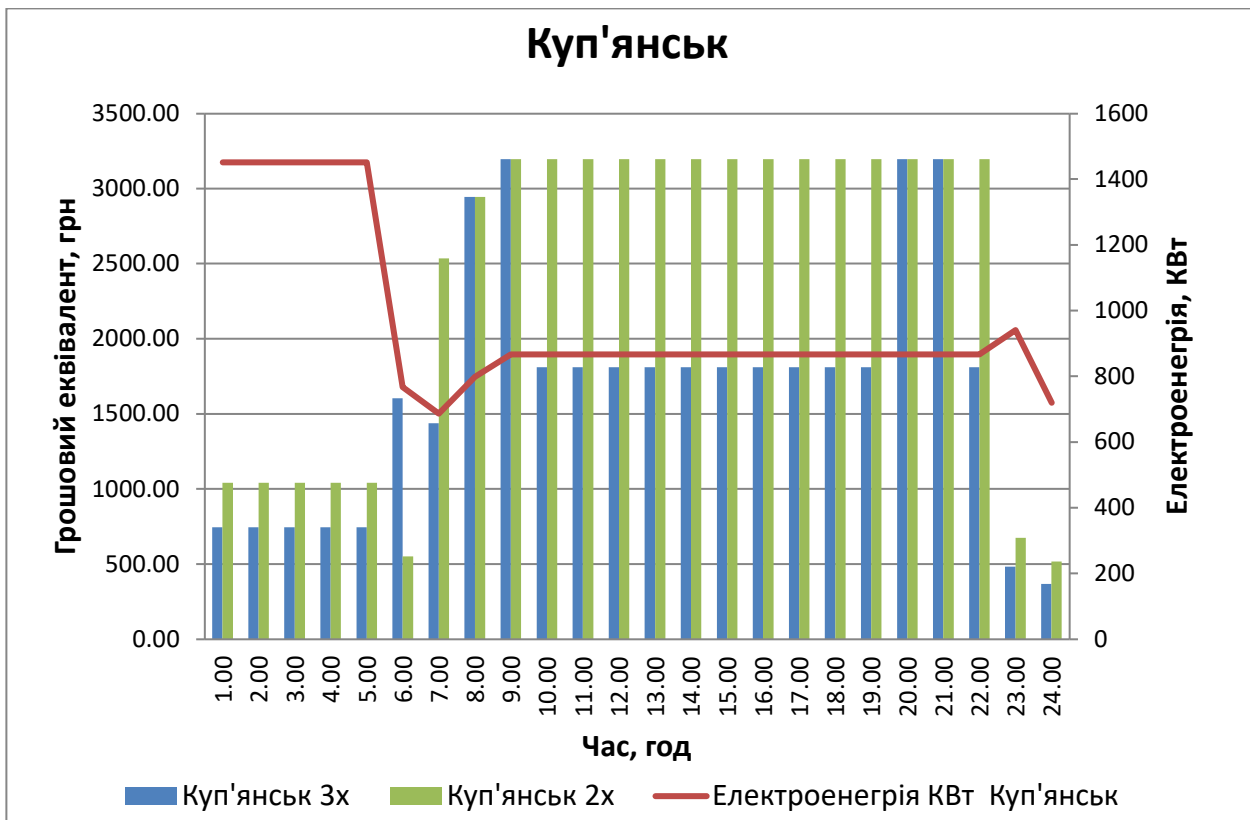
Рис.5.11. Молокозавод Данон

### Куп'янськ

**Для 3x зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 3361.28 кВт·год, що складає 32%. За даних перетворень ми сплачуємо на 7693,3 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 9414,7 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на малюнку (5.12)



*Рис.5.12. Молокозавод Куп'янський*

Кількість зекономлених грошей отримано без урахування добових коливань температури. При тих даних, що ми отримали можливо мати економію приблизно 16%, якщо перерахувати кількість електроенергії яка витрачається в нічний час з урахуванням добових коливань температур.

## 6. Методики заощадження коштів з урахуванням добових коливань температури

### 6.1 Розрахунок робочого циклу з урахуванням добових коливань температури

**Пирятинський сирзавод.** Розрахунковий (робочий) режим ХУ характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування  $t_{вс}$ , і переохолодження  $t_{по}$ .

При проектуванні ХУ з безпосереднім охолодженням аміачними ХМ  $t_0$  приймають на  $5...10^\circ\text{C}$  нижче температури повітря в камері:

$$t_{вс} = t_0 - (5...10) + 5^\circ\text{C} = -10 + 5 = -5^\circ\text{C} \quad (6.1)$$

температура всмоктувальних парів

$$t_4 = t_k - 2^\circ\text{C} = 27 - 2 = 25^\circ\text{C}$$

температура рідкого холодоагенту перед РВ:

Гілка льодяної води з випарними конденсаторами

Температура конденсації відповідна до абсолютного тиску конденсації

$P_k = 10,8$  Бар, при температурі вологого термометра  $t_m = 14^\circ\text{C}$  для м.

Пирятин в літній період року у нічні часи роботи, та інші молокозаводи

[38. 36. 37. 38]

Будуємо холодильний цикл

№ точки	Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, $\text{м}^3/\text{кг}$
1	-10	2,9	1446,9	0,42
2	-5	2,9	1461,9	0,43
3	89,7	10,8	1657	0,17
4	25	10,8	1483,3	0,13
5	25	10,8	319,4	0,001
6	-10	2,9	319,4	0,061

Масова продуктивність:

$$M = \frac{Q_0}{h_1 - h_5} = \frac{670,9}{1446,9 - 319,4} = 0,59 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (6.2)$$

Об'єм парів, відсмоктуваних компресором за одиницю часу

$$V_{Д1} = M \cdot v_2 = 0,59 \cdot 0,43 = 0,25 \frac{M^3}{c} \quad (6.3)$$

Питома теоретична (адіабатна) робота компресора

$$L = i_3 - i_2 = 1657 - 1461,9 = 195,1 \frac{kJ}{kg} \quad (6.4)$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор

$$q_{к_10} = i_3 - i_4 = 1657 - 319,4 = 1337,6 \frac{kJ}{kg} \quad (6.5)$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнт подачі:

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі

$$\lambda_c = \frac{P_0 - \Delta P_{вс}}{P_{вс}} - c \cdot \left[ \left( \frac{P_H + \Delta P_H}{P_{вс}} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{вс})}{P_{вс}} \right] \quad (6.6)$$

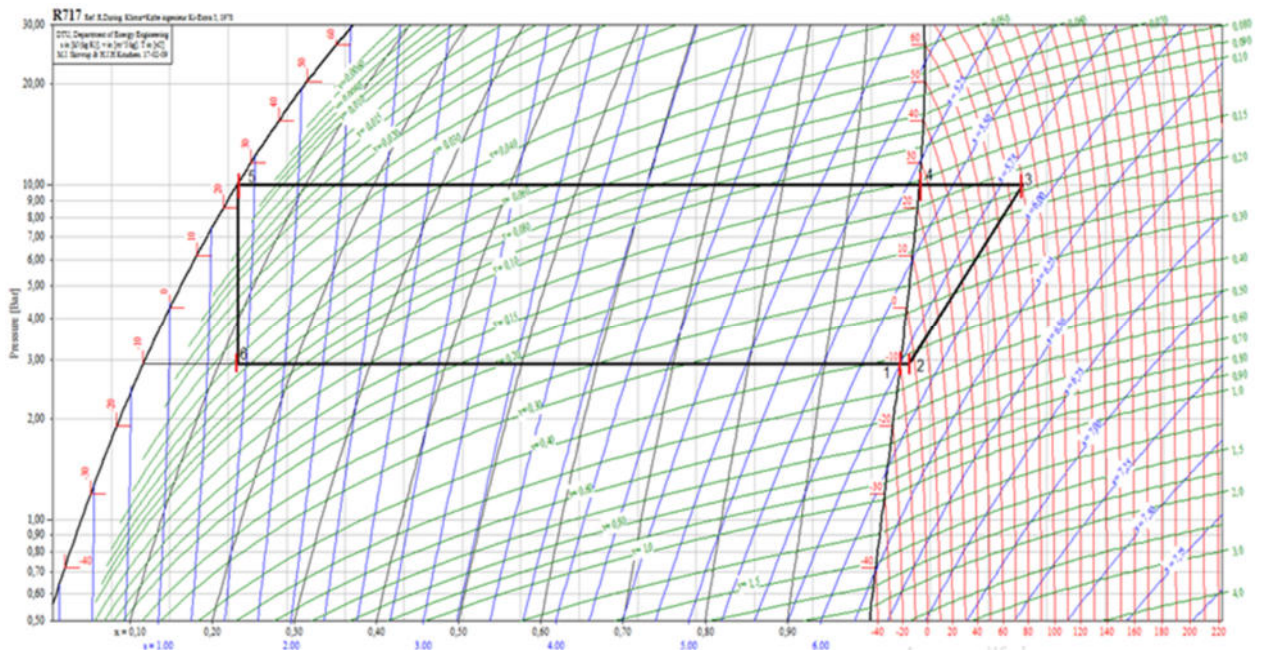


Рис. 6.1. Цикл холодильної машини.

$c = 0,025$  – відносна величина мертвого простору, що приймається від типу і розмірів компресора, конструкції клапанів і режиму роботи. Він приймається рівним  $0,015 \dots 0,04$  ;

$n = 1,15$  – показник політропи;

$\Delta P_{вс} = 0,005$  МПа - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{наг} = 0,098$  МПа - депресія на нагнітанні;

$$\lambda_c = \frac{2,9 - 0,005}{2,9} - 0,03 \cdot \left[ \left( \frac{10,8 + 0,098}{2,9} \right)^{1,15} - \frac{(2,9 - 0,005)}{2,9} \right] = 0,928$$

Коефіцієнт об'ємних втрат:

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{263}{298} = 0,88; \quad (6.7)$$

$$\lambda = \lambda_{i1} \cdot \lambda_{w'} = 0,928 \cdot 0,88 = 0,81 \quad (6.8)$$

Компресорний агрегат MYCOM N250VSD  $V_{KM} = 1200 \frac{M^3}{год}$

Дійсна масова витрата компресорів:

$$M_{KM} = \frac{\lambda \cdot V_{KM}}{\nu_2} = \frac{0,81 \cdot 0,33}{0,43} = 0,62 \frac{кг}{с} \quad (6.9)$$

Реальна холодопродуктивність компресора за даних умов:

$$Q = m_{KM} \cdot q_0 = 0,62 \cdot 1127,5 = 699,05 \text{ кВт} \quad (6.10)$$

Теоретична ( адіабатна ) потужність компресора:

$$N = m_{KM} \cdot L = 0,62 \cdot 195,1 = 120,96 \text{ кВт} \quad (6.11)$$

Знаходимо індикаторний ККД для визначення реальних точок стиснення та реальної маси холодильного агента, що проходить через компресори:

Індикаторна потужність компресора:  $b_0 = 0,001 \frac{1}{^\circ\text{C}}$  для аміака машин

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 \quad (6.12)$$

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 = 0,88 + 0,001 \cdot (-15) = 0,865$$

Потужність, що затрачається на тертя:

$$N_i = \frac{N}{\eta_i} = \frac{120,96}{0,865} = 139,8 \text{ кВт} \quad (6.13)$$

Середній індикаторний тиск, рівний  $(0,5 \dots 0,7) 10^2$  кПа- для аміака, приймаємо:

$$P_{TP} = 50 \text{ кПа}$$

$$N_{TP} = V_{KM} \cdot P_{TP} = 0,62 \cdot 50 = 31 \text{ кВт} \quad (6.14)$$

Ефективна потужність ( потужність на валу компресора):

$$N_E = N_i + N_{TP} = 139,8 + 31 = 170,8 \text{ кВт} \quad (6.15)$$

Електрична потужність:

$\eta_{el} = 0,8$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна, вибирається по каталогу в залежності від його типу і потужності  $\eta_{el} = 0,75 \dots 0,85$ ;

$\eta_{\text{мех}} = 0,97$  – коефіцієнт корисної дії механічної передачі;

$$N_{\text{ЕЛ}} = \frac{Ne}{\eta_{\text{ел}} \cdot \eta_{\text{мех}}} = \frac{170,8}{0,8 \cdot 0,97} = 220,1 \text{ кВт} \quad (6.16)$$

Загальне енергоспоживання трьох компресорів:

$$N_{\text{ЕЛ}_{10}} = 2 \cdot N_{\text{ЕЛ}} = 2 \cdot 220,1 = 440,2 \text{ кВт} \quad (6.17)$$

Інтальпія кінця стискання реальна:

$$i_{3p} = i_2 + \frac{i_3 - i_2}{\eta} = 1461,9 + \frac{1657 - 1461,9}{0,865} = 1687 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6.18)$$

Дійсне навантаження на конденсатор

$$Q_{\text{КД}_{10}} = 3m_{\text{км}} \cdot (i_{3p} - i_4) = 342,7 \cdot (1687 - 1483,9) = 3750 \text{ кВт} \quad (6.19)$$

Аналогічно перераховуємо і для інших підприємств

## 6.2 Оптимізації підприємств з урахуванням добових коливань температур.

### Варіант перший.

**Пирятинський сирзавод Для 3х зональної сітки .** Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 114,9 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 3171 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 229,8 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 373,85кВт год.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 10536,44 грн./доб. Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії явні. Це зображено на рис. 6.1.

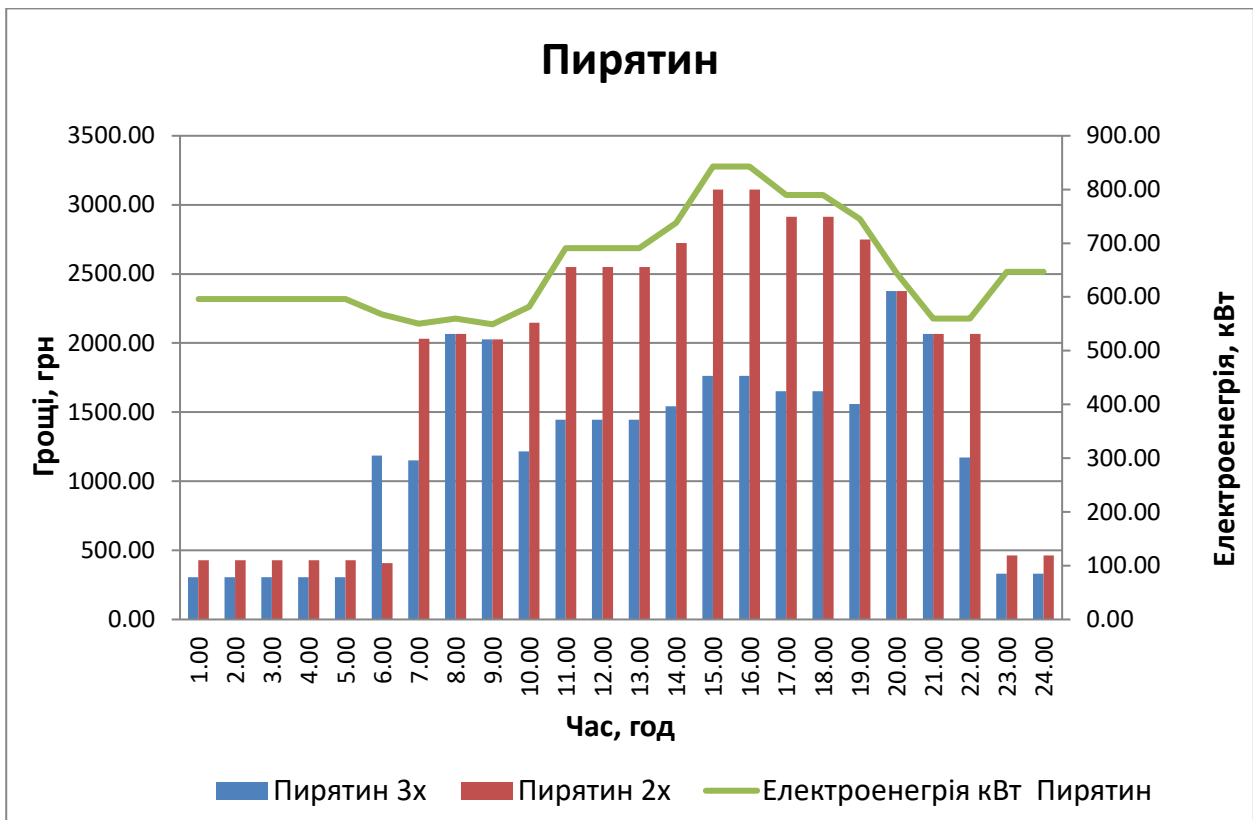


Рис. 6.1 Сирзавод Пирятинський

**Шосткінський молокозавод. Для 3х зональної сітки .** Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 60 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 410 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 357,2 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 55,94 кВт год.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 8610,21 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії явні. Це зображено на рис.6.3.

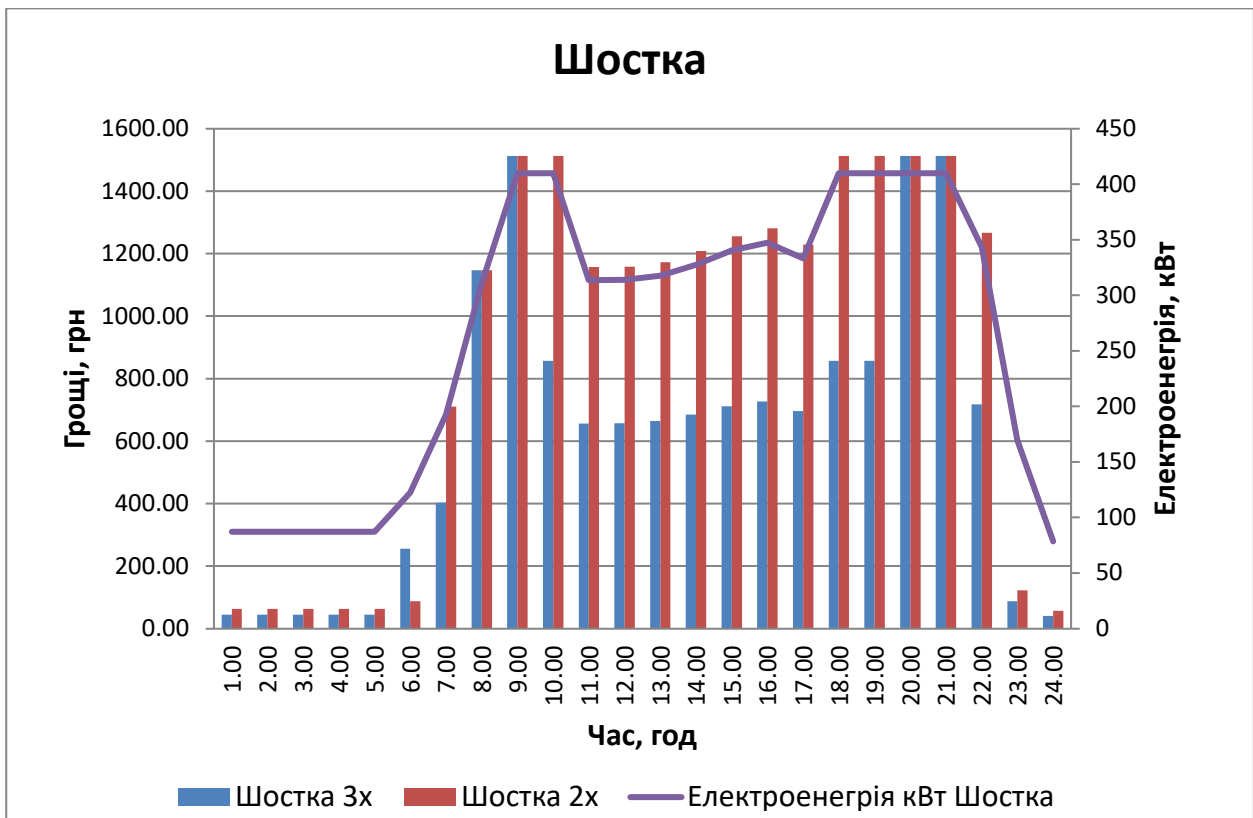


Рис. 6.2. Молокозавод Шосткінський

### Данон

**Для 3x зональної сітки.** Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 75 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 1016,4 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 206,73 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 539,63 кВт год.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 6989,2 грн./доб. Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії явні. Це зображено на рис.6.3.

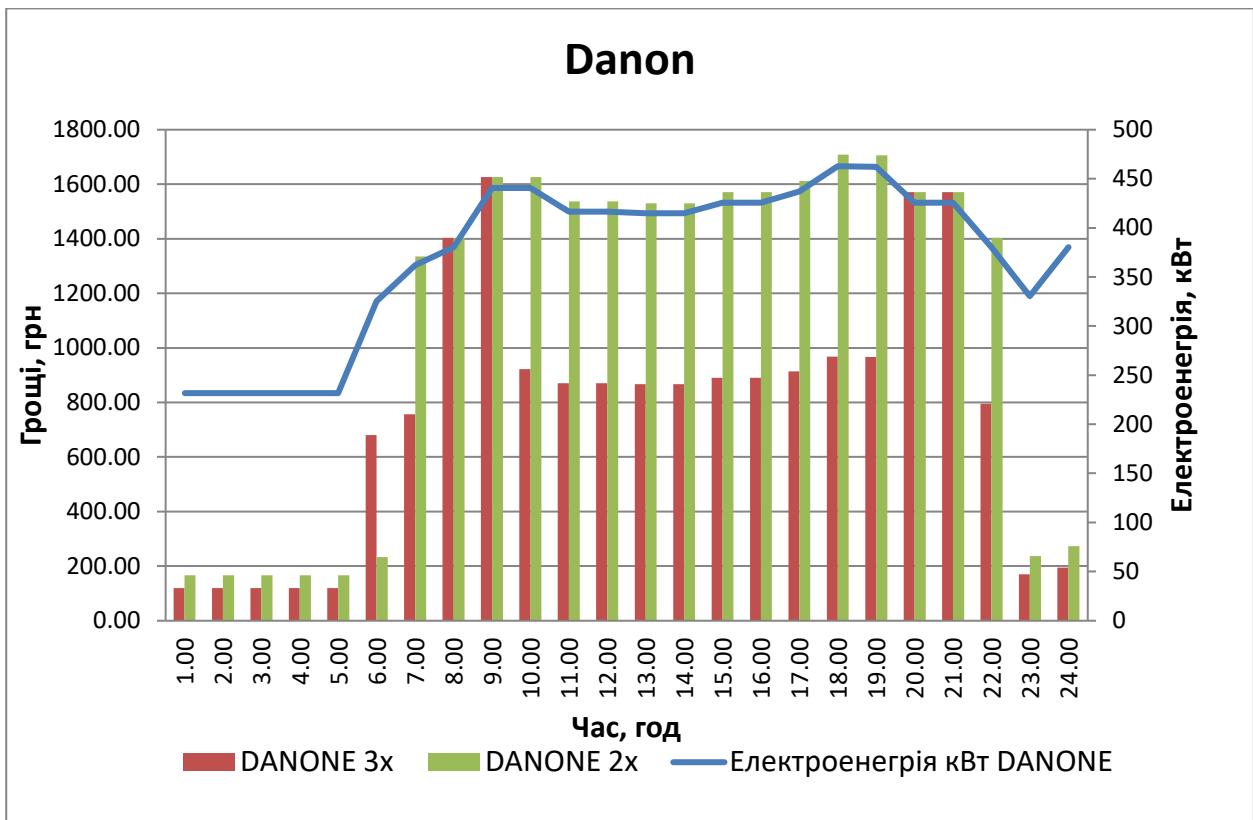


Рис. 6.3. Молокозавод Danon

**Куп'янський молокозавод. Для 3x зональної сітки.** Акумулюємо таку кількість холоду, якої достатньо для зняття 166 кВт, що складає 12% електричної потужності з піку. За рахунок цього можна заощадити близько 3171,75 грн./доб. Загалом було "перекинуто" 502,71 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 1458,53 кВт год.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 16653,37 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії явні. Це зображено на рис.6.4.

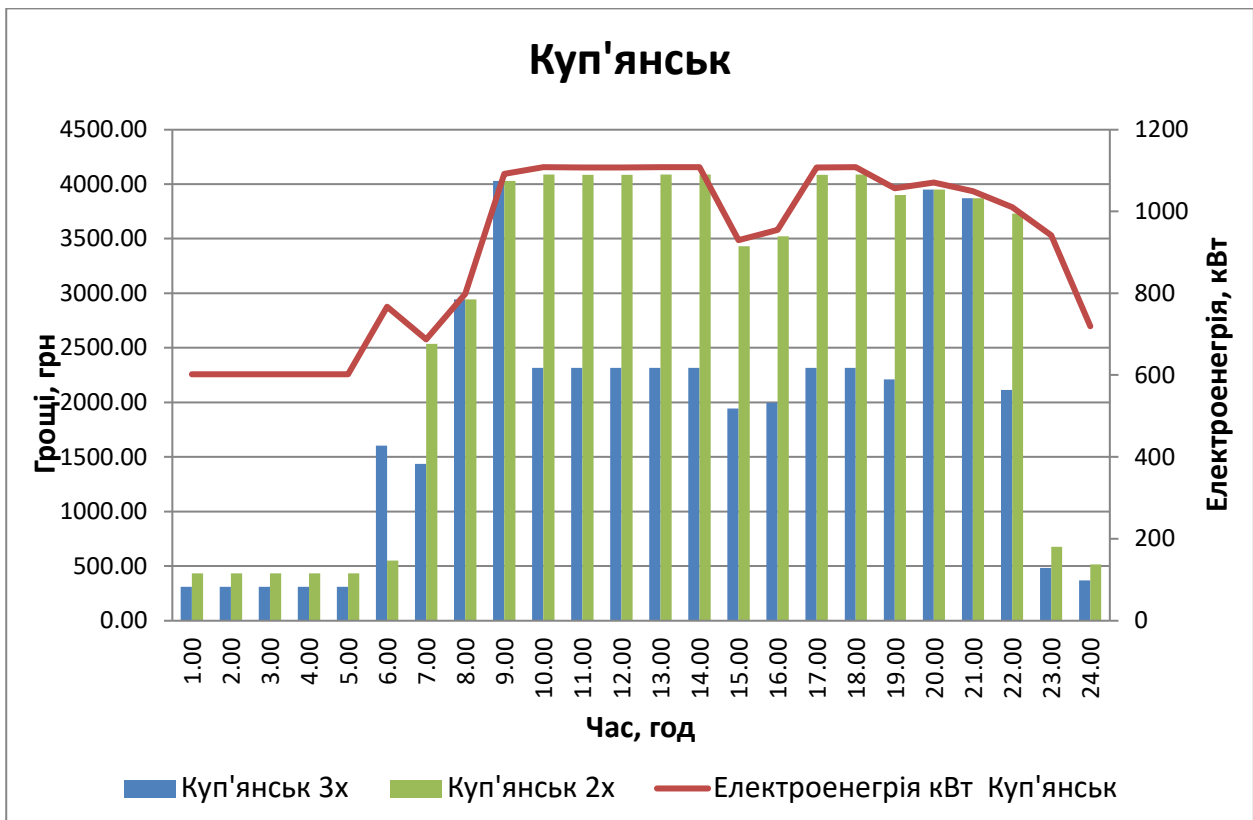


Рис. 6.4 Молокозавод Куп'янськ

### Варіант другий

**Шосткінський молокозавод. Для 3х зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 100 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 717,2 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 230,94 кВт год.

За даних перетворень ми сплачуємо на 1043,79 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 7995,66 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні.

Це зображено на рис.6.5.

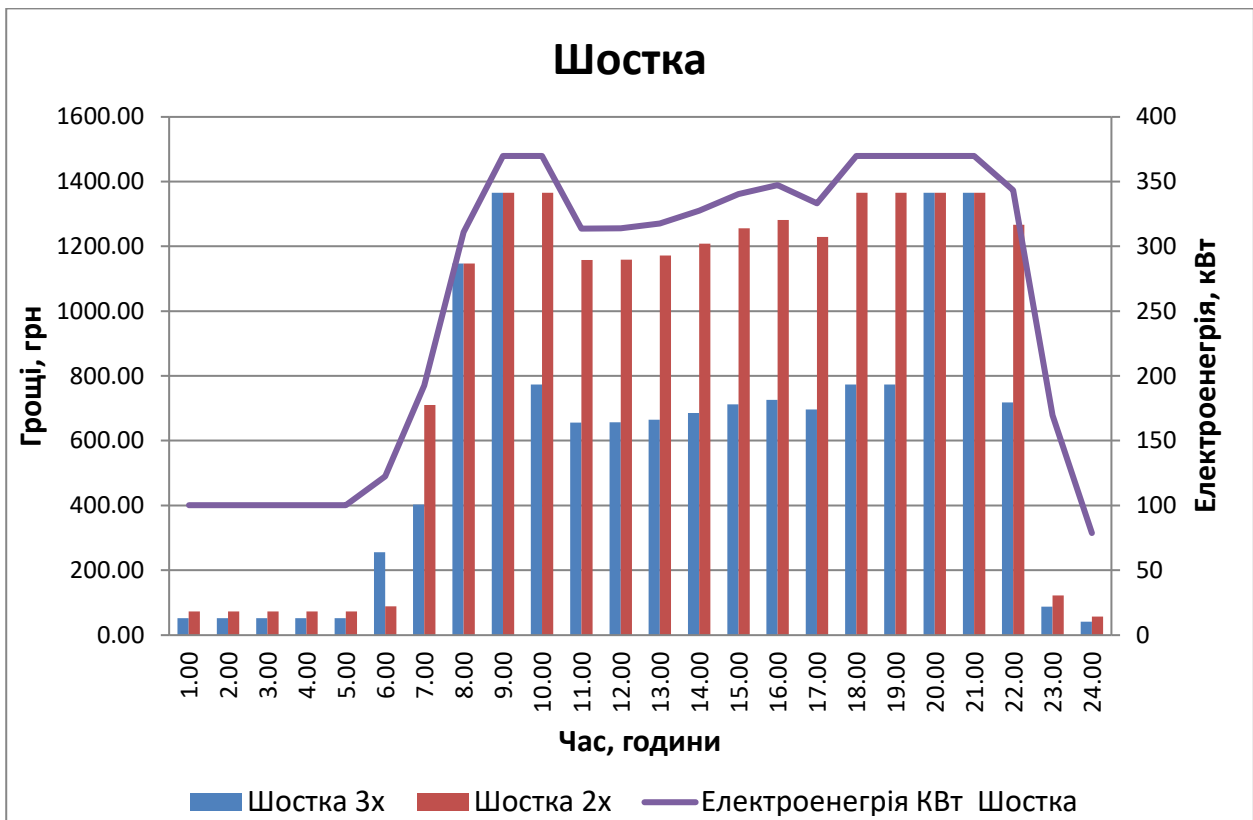


Рис.6.5. Молокозавод Шосткінський

**Пирятинський молокозавод Для 3х зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 201,15 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 468,12 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 373,85 кВт год.

За даних перетворень ми сплачуємо на 3171,75 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 10536,44 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис.6.6.

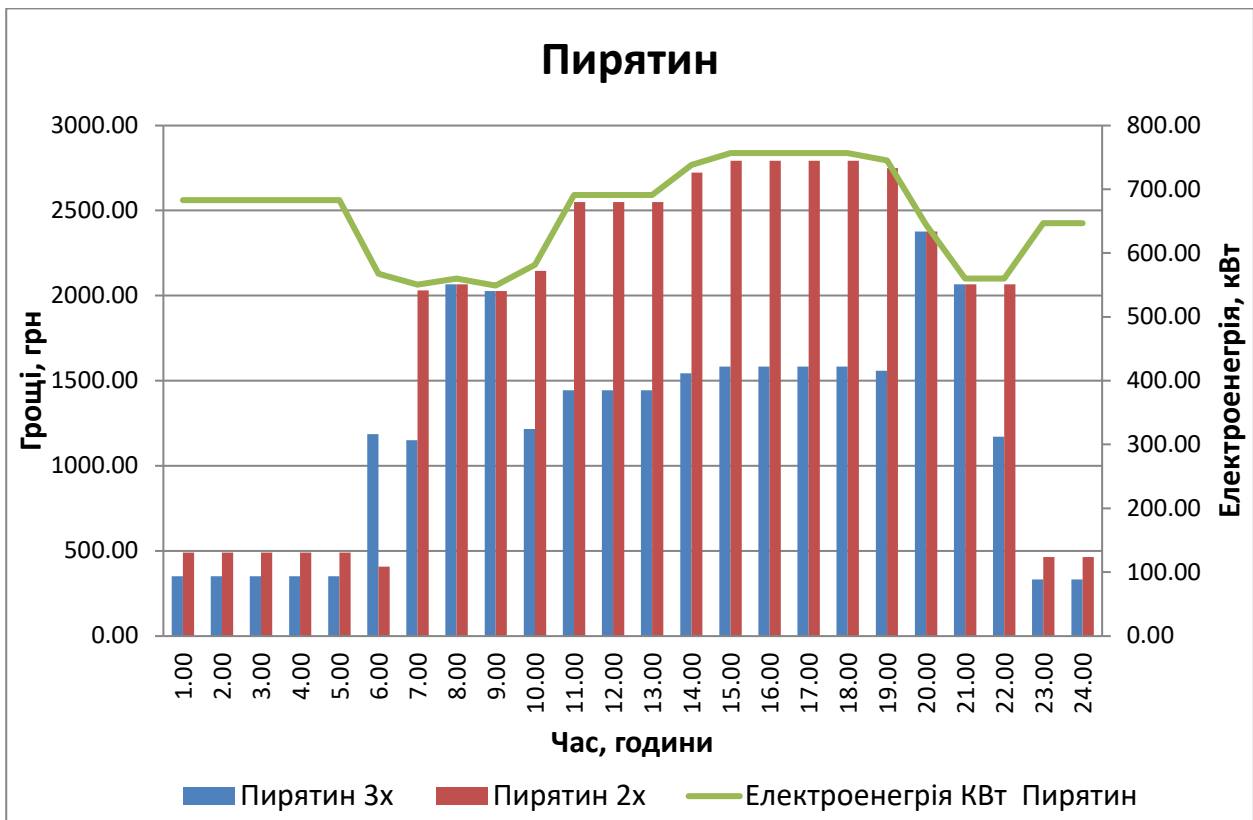


Рис.6.6 Сирзавод Пирятинський

**Данон Для 3х зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 116 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 285,01 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 539,63 кВт год.

За даних перетворень ми сплачуємо на 1016,4 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 6947,55 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис.6.7.

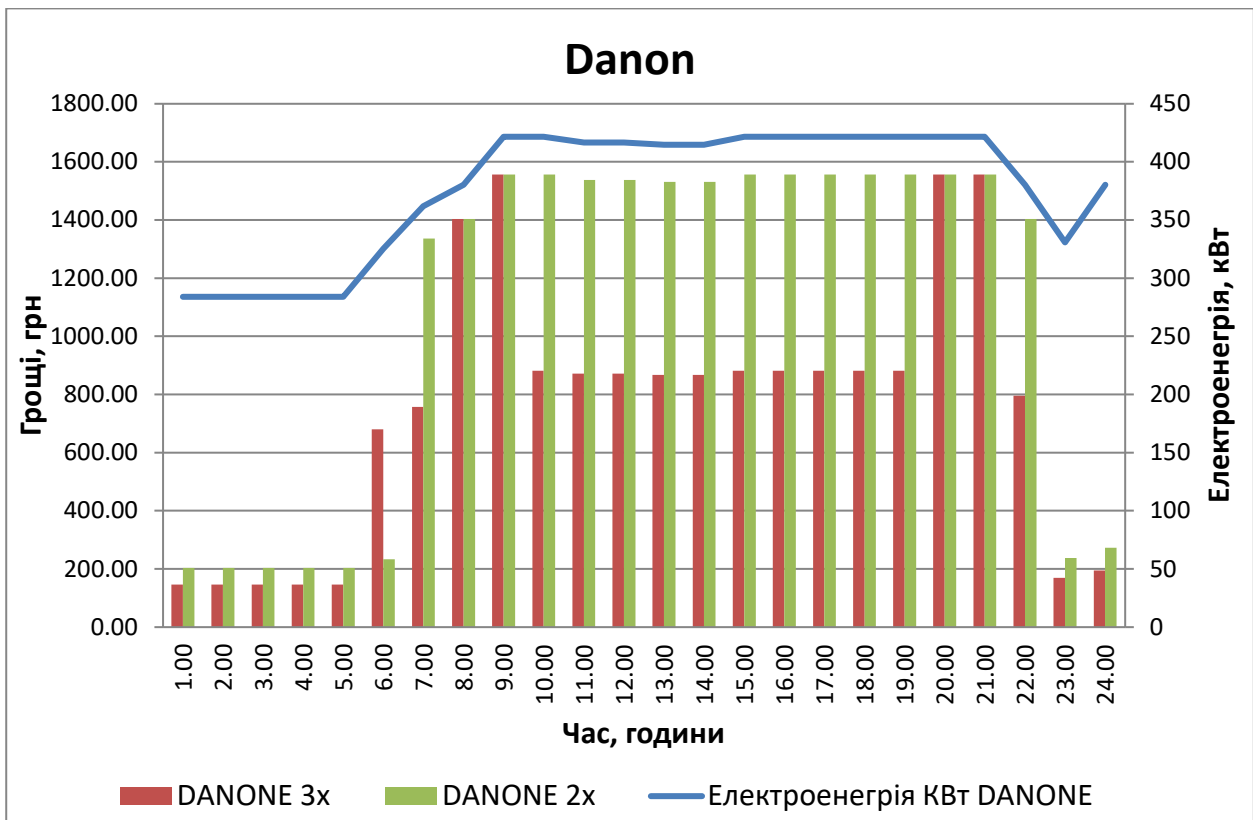


Рис.6.7 Молокозавод Danon

**Куп'янськ Для 3x зональної сітки.** За вказаних вище умов вночі вироблено льоду для зрізання піку електричного навантаження на 318,73 кВт, що складає 21%. За даних умов ми пропускаємо увесь денний період "напівпіку" та дещо зменшуємо споживання електричної енергії у години піку. Загальна кількість "перекинутої" електричної потужності дорівнює 2143,33 кВт·год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 730,86 кВт год. За даних перетворень ми сплачуємо на 5719,13 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 12510,67 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис.6.8.

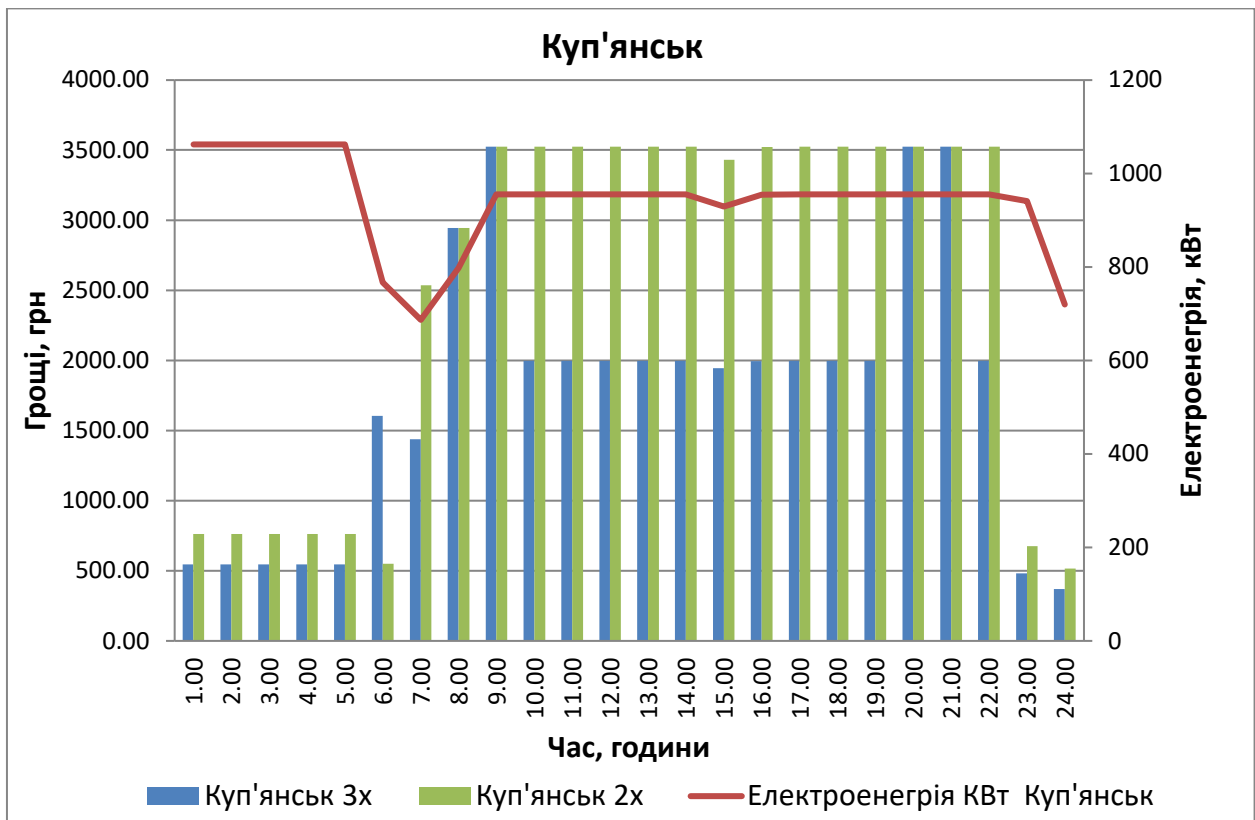


Рис.6.8. Молокозавод Куп'янський

### Варіант третій.

**Шосткінський молокозавод. Для 3х зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 150 кВт, що складає 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 1162,7 кВт·год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 411,74 кВт год. За даних перетворень ми сплачуємо на 1310,6 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 5862,64 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.9.

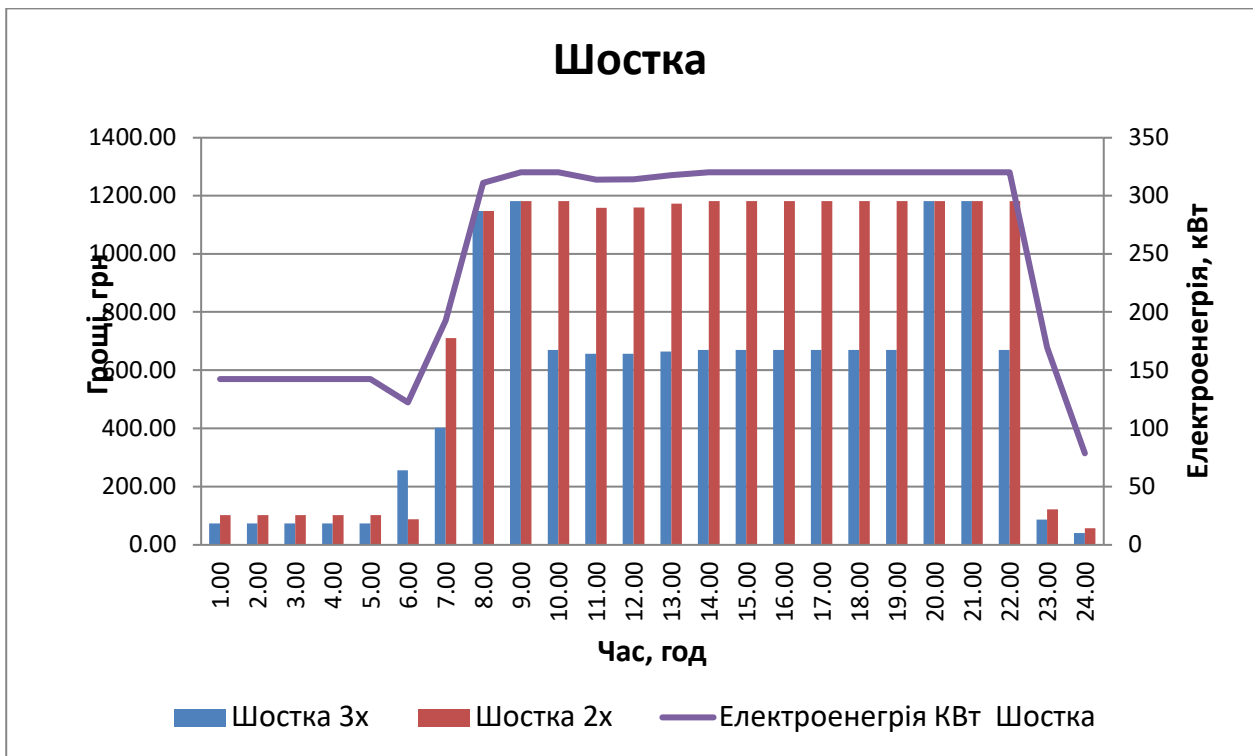


Рис.6.9. Молокозавод Шосткінський

**Пирятинський молокозавод Для 3х зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт, що складає 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 11:00 – 19:00, тобто – 1181,24 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 360,67 кВт год. За даних перетворень ми сплачуємо на 4692,65 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 7669,34 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис.6.10.

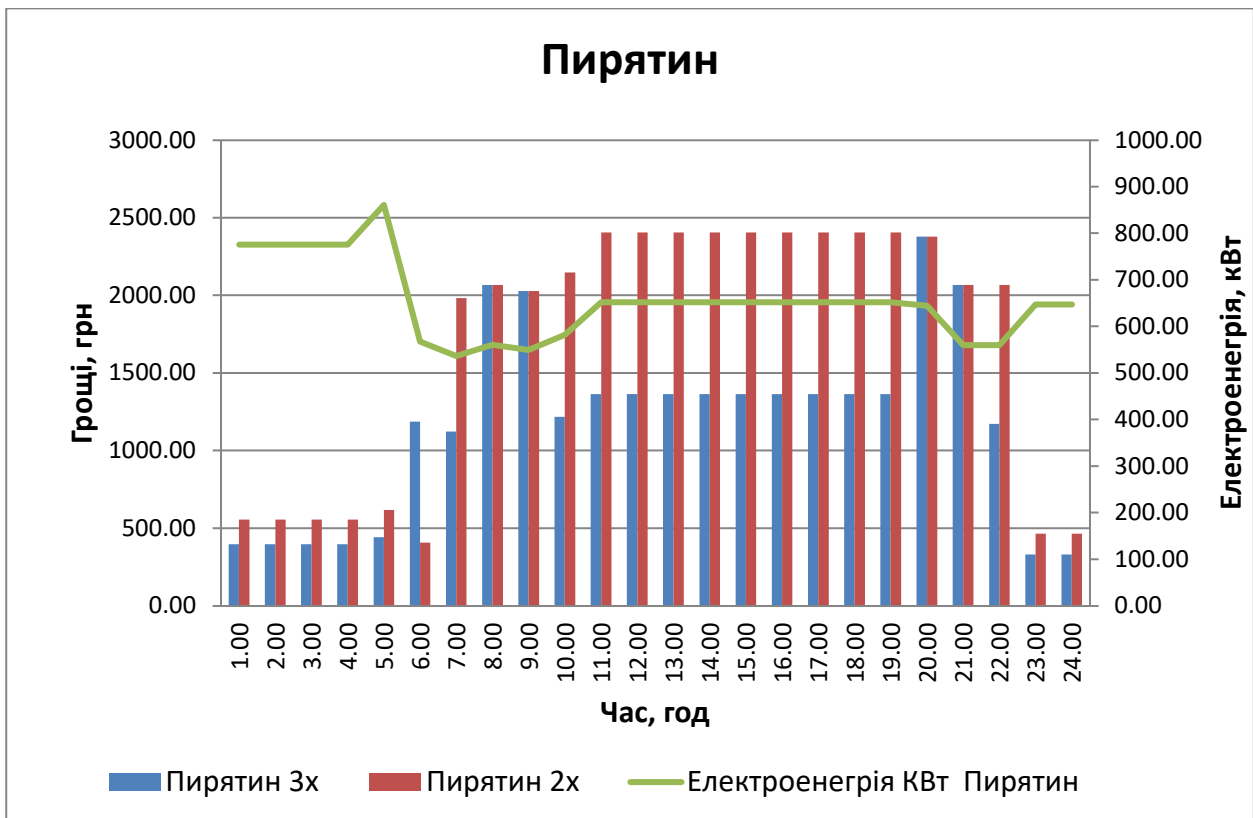


Рис.6.10. Сирзавод Пирятинський

**Даноп.** Для 3х зональної сітки. Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт, що складає 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 1181,24 кВт·год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 696,07 кВт год. За даних перетворень ми сплачуємо на 2841,6 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

Для 2х зональної сітки. Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 4157,9 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.11.

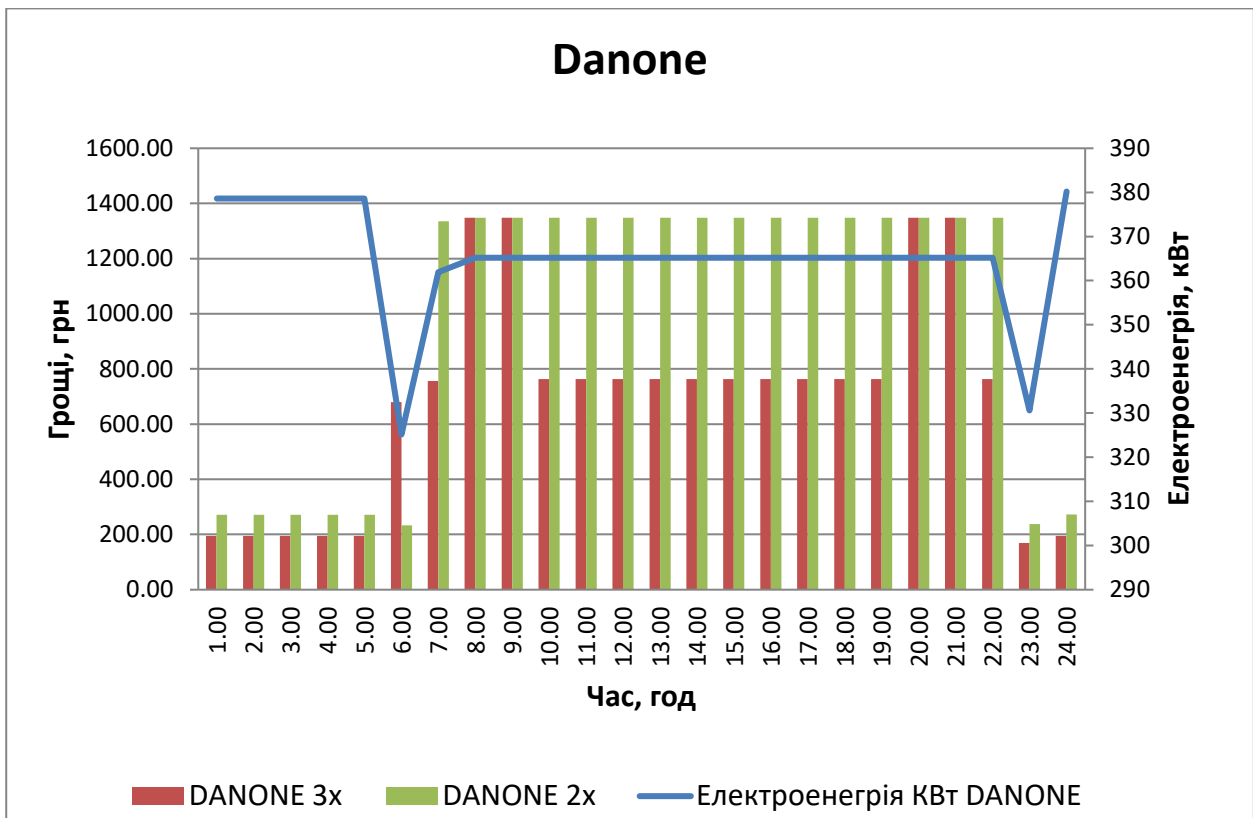


Рис. 6.11. Молокозавод Данон

**Куп'янськ. Для 3x зональної сітки.** Якщо акумулятор холоду генерує кількість льоду, якої достатньо для зняття 306,5 кВт, що складає 32% електричної потужності у години максимального споживання електроенергії та підтримання такого рівня спожитої енергії протягом 9:00 – 22:00, тобто – 1181,24 кВт год, та з переведенням у нічний режим роботи було заощаджено 836,34 кВт год. За даних перетворень ми сплачуємо на 4960,03 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 8814,57 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.12.

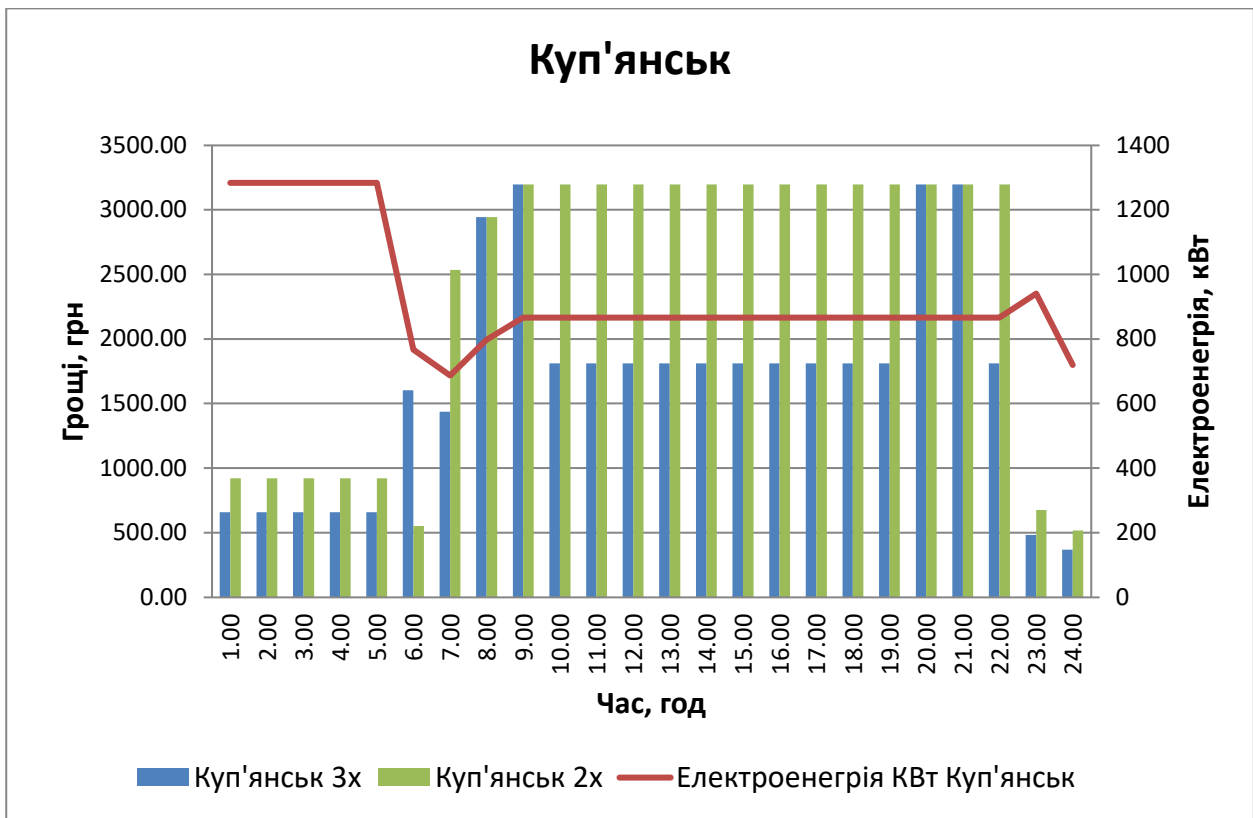


Рис.6.12 Молокозавод Куп'янський

### Варіант четвертий

**Шосткінський молокозавод. Для 3х зональної сітки.** Якщо знімати з 7:00-22:00 кожного часу роботи по 50 кВт год. і перенести цю електроенергію на нічні часи роботи холодильних установок то ми отримаємо 800 кВт перенесеної електроенергії. З перерахуванням на нічних коливань температур. За даних перетворень ми сплачуємо на 1245,3 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 4157,9 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.13.

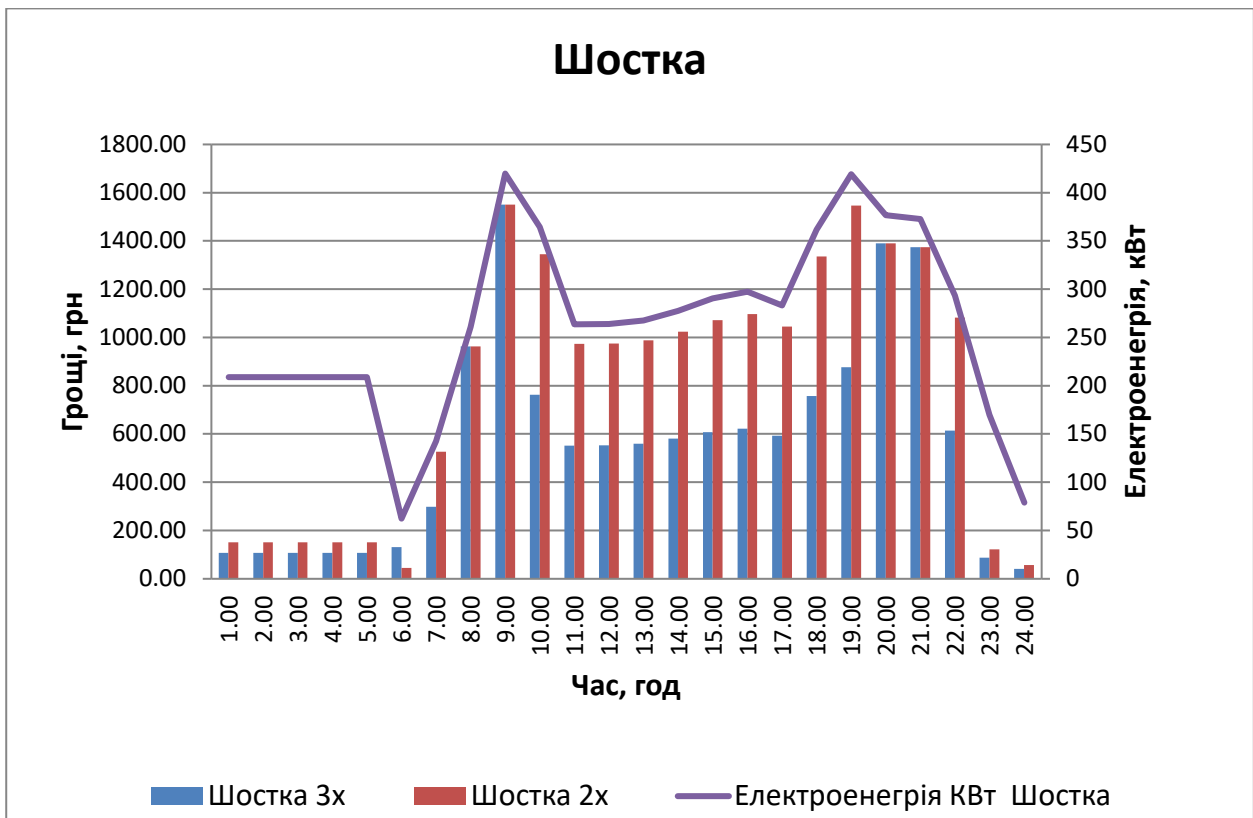


Рис.6.13 Молокозавод Шосткінський

**Пирятинський молокозавод. Для 3х зональної сітки.** Якщо знімати з 7:00-22:00 кожного часу роботи по 50 кВт год. і перенести цю електроенергію на нічні часи роботи холодильних установок то ми отримаємо 1600 кВт перенесеної електроенергії. З перерахуванням на нічних коливань температур. За даних перетворень ми сплачуємо на 7050,95 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 5177,24 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.14.

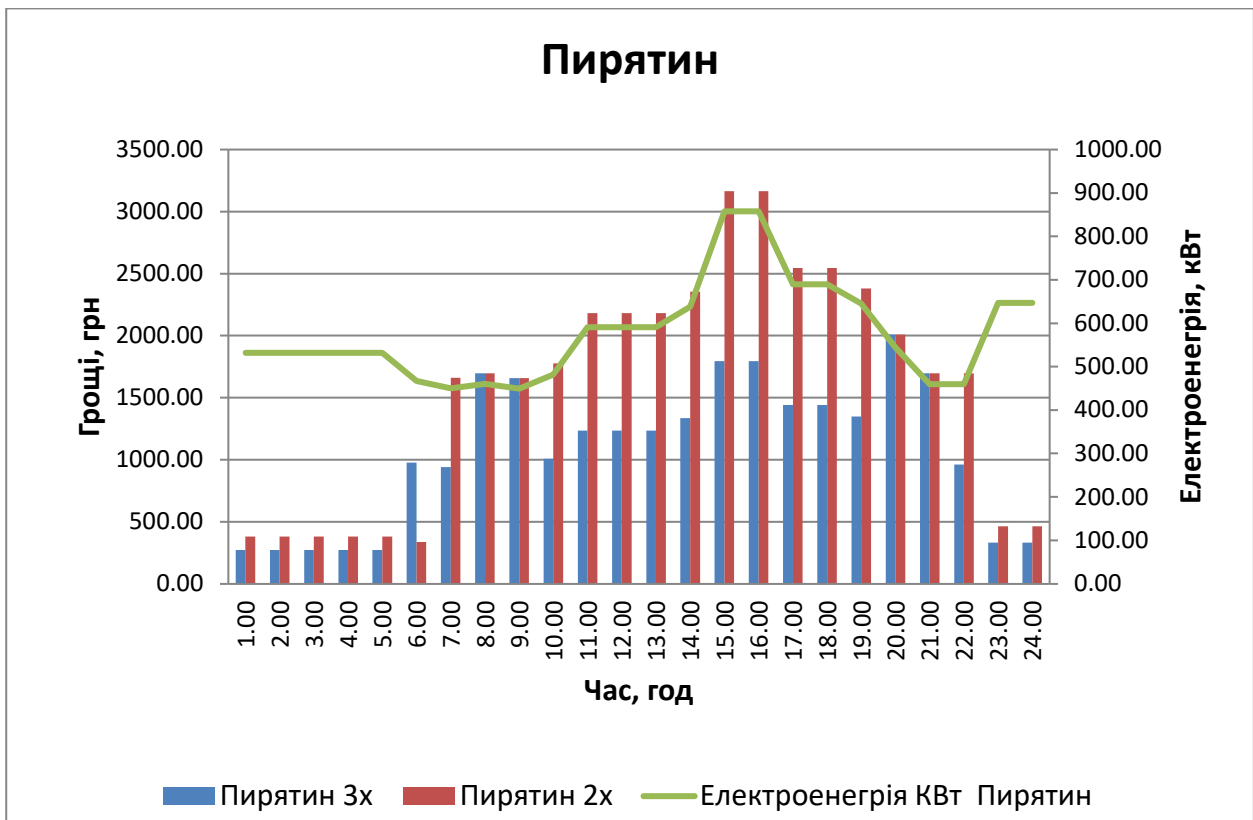


Рис.6.14. Сирзавод Пирятинський

**Даноп молокозавод Для 3х зональної сітки.** Якщо знімати з 7:00-22:00 кожного часу роботи по 50 кВт год. і перенести цю електроенергію на нічні часи роботи холодильних установок то ми отримуємо 1600 кВт перенесеної електроенергії. З перерахуванням на нічних коливань температур. За даних перетворень ми сплачуємо на 3979,5 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 2859,3 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.15.

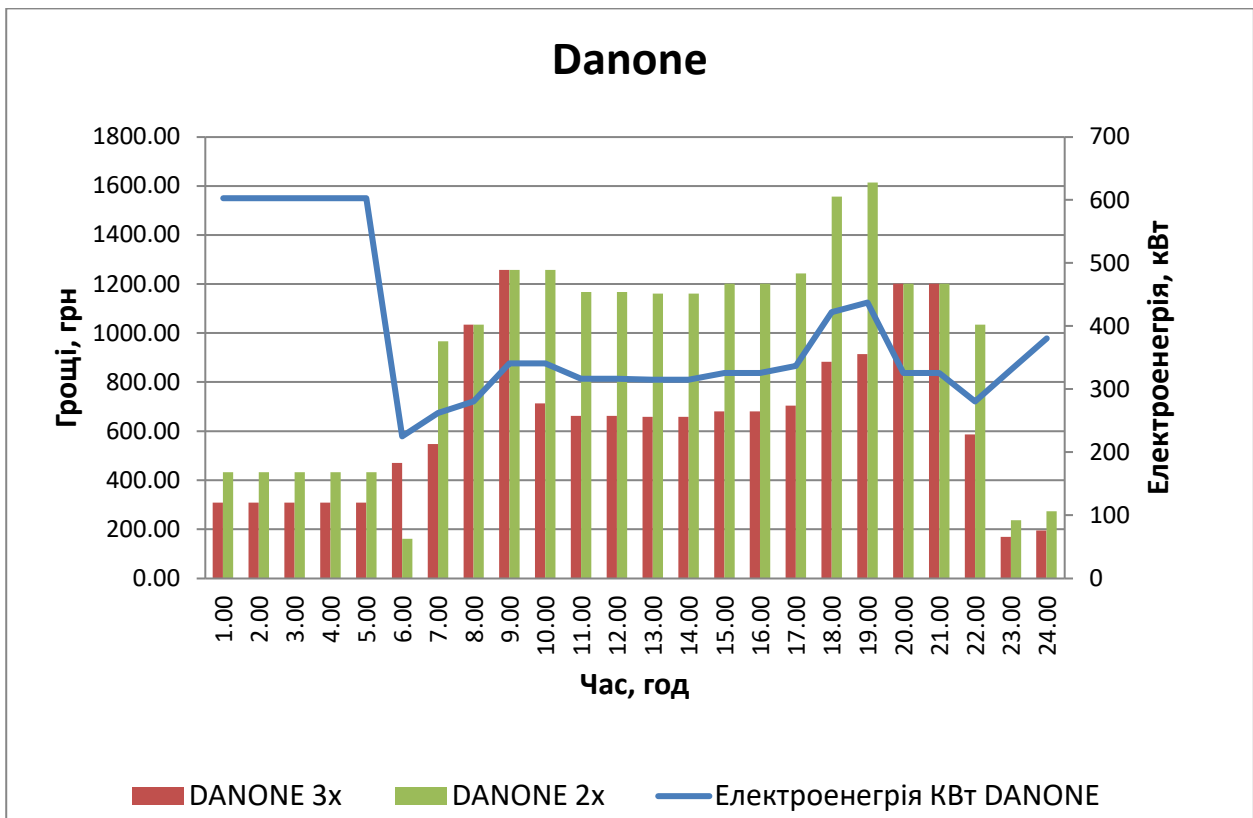


Рис.6.15. Молокозавод Данон

**Куп'янський молокозавод Для 3x зональної сітки.** Якщо знімати з 7:00-22:00 кожного часу роботи по 50 кВт год. і перенести цю електроенергію на нічні часи роботи холодильних установок то ми отримаємо 1600 кВт перенесеної електроенергії. З перерахуванням на нічних коливань температур. За даних перетворень ми сплачуємо на 4960,03 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 14336,87 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Натомість економія витрат на оплату спожитої електричної енергії очевидні. Це зображено на рис. 6.16.

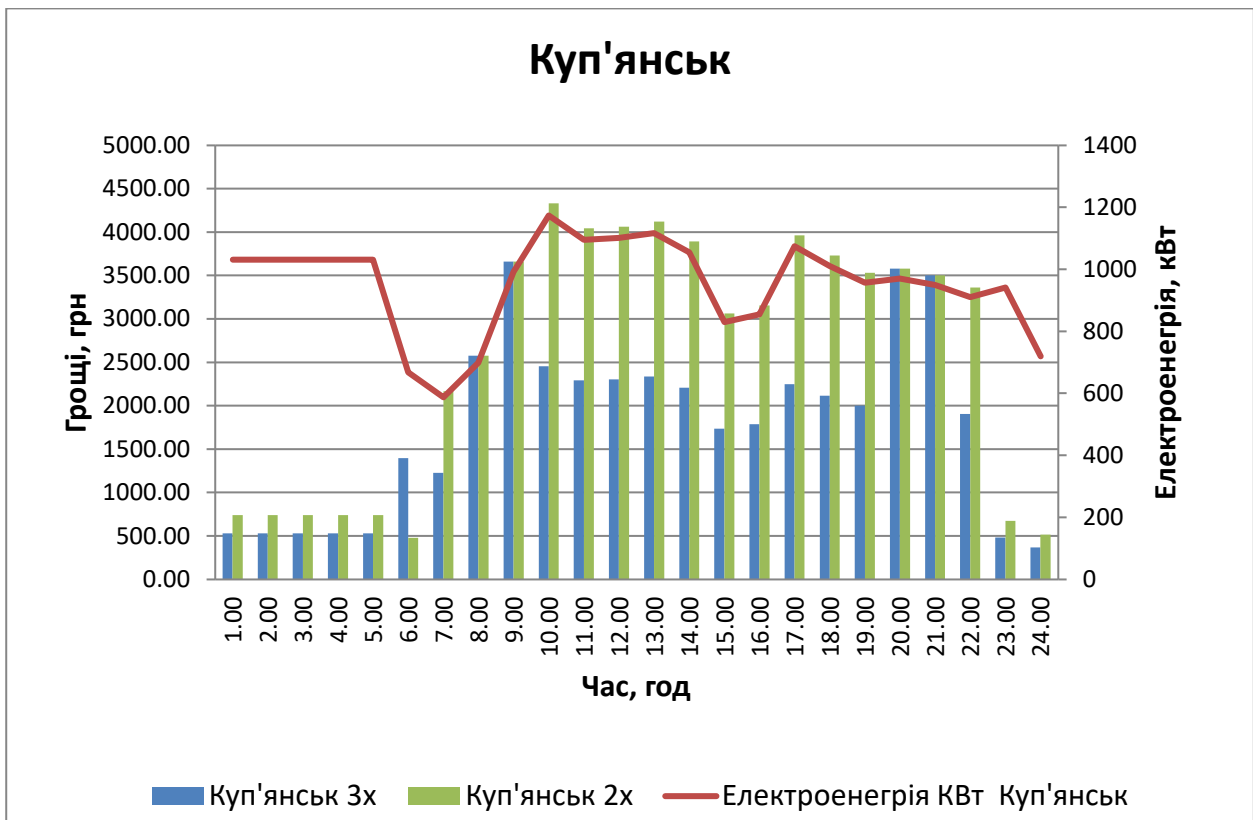


Рис. 6.16. Молокозавод Куп'янський

### Варіант п'ятий

**Шосткінський молокозавод Для 3х зональної сітки.** Вимикаємо ранковий пік і переносимо цю електроенергію на нічний режим роботи. Кількість електроенергії яка знята 780,95 кВт. і при перерахуванні на нічний режим роботи дає заощадити ще 125 кВт. За даних перетворень ми сплачуємо на 2597,69 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2х зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 6085,16 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Порівнюючи 2х і 3х зональні тарифні сітки можна побачити різницю в затрачених коштах. Це зображено на рис.6.17.

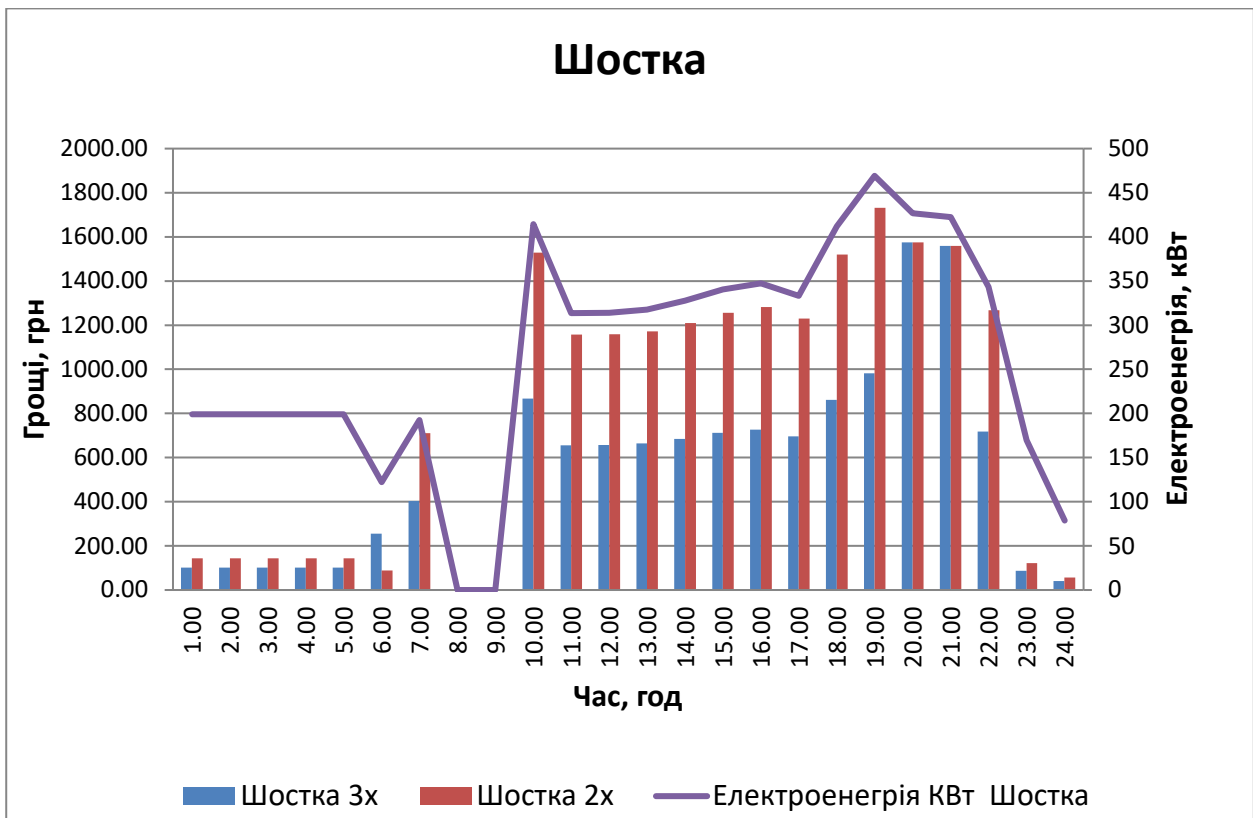


Рис. 6.17 Молокозавод Шосткінський

**Шосткінський молокозавод Для 3x зональної сітки.** Вимикаємо ранковий пік і переносимо цю електроенергію на нічний режим роботи. Кількість електроенергії яка знята 1109,28 кВт. і при перерахуванні на нічний режим роботи дає заощадити ще 465 кВт. За даних перетворень ми сплачуємо на 6273,55 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 8006,52 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Порівнюючи 2x і 3x зональні тарифні сітки можна побачити різницю в затрачених коштах. Це зображено на рис.6.18.

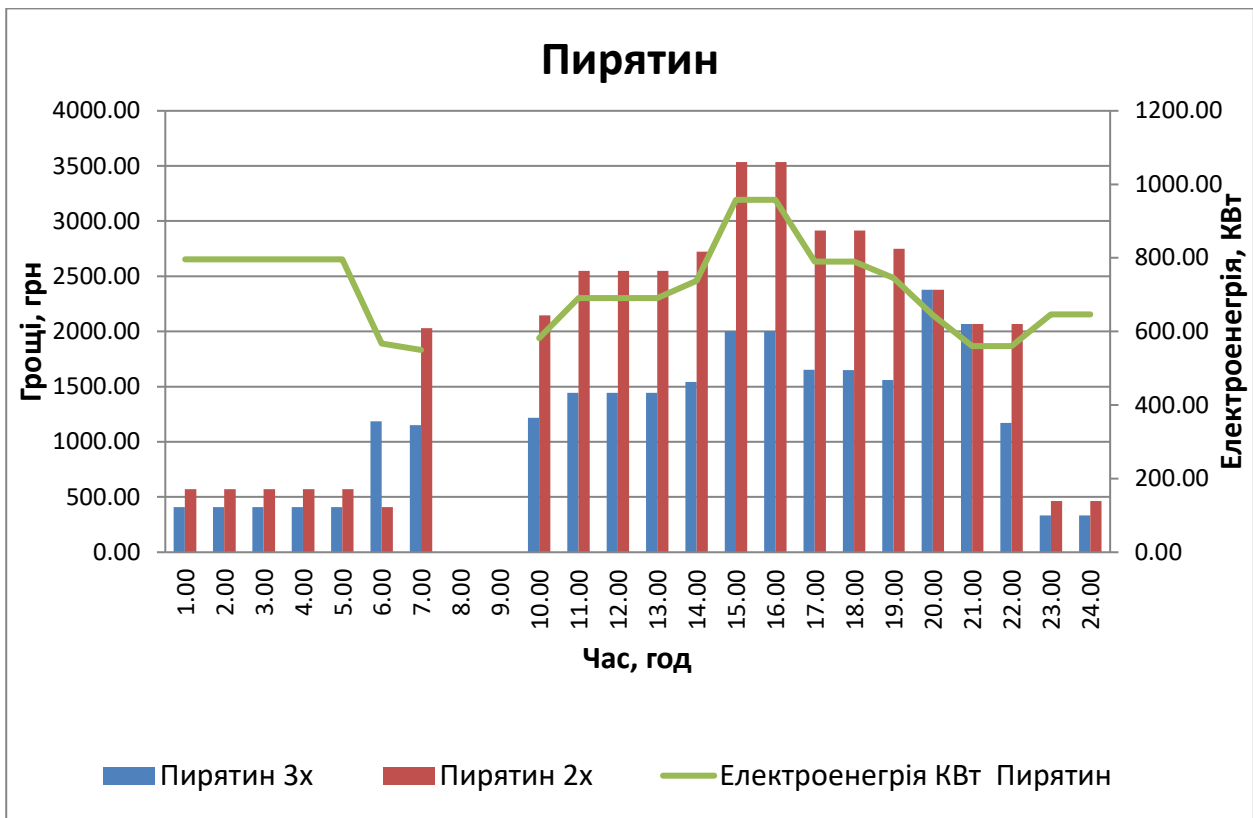


Рис.6.18. Сирзавод Пирятинський

**Данон.** Для 3x зональної сітки. Вимикаємо ранковий пік і переносимо цю електроенергію на нічний режим роботи. Кількість електроенергії яка знята 820,96 кВт. і при перерахуванні на нічний режим роботи дає заощадити ще 319 кВт. За даних перетворень ми сплачуємо на 3300,4 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 5125,6 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Порівнюючи 2x і 3x зональні тарифні сітки можна побачити різницю в затрачених коштах. Це зображено на рис.6.19.

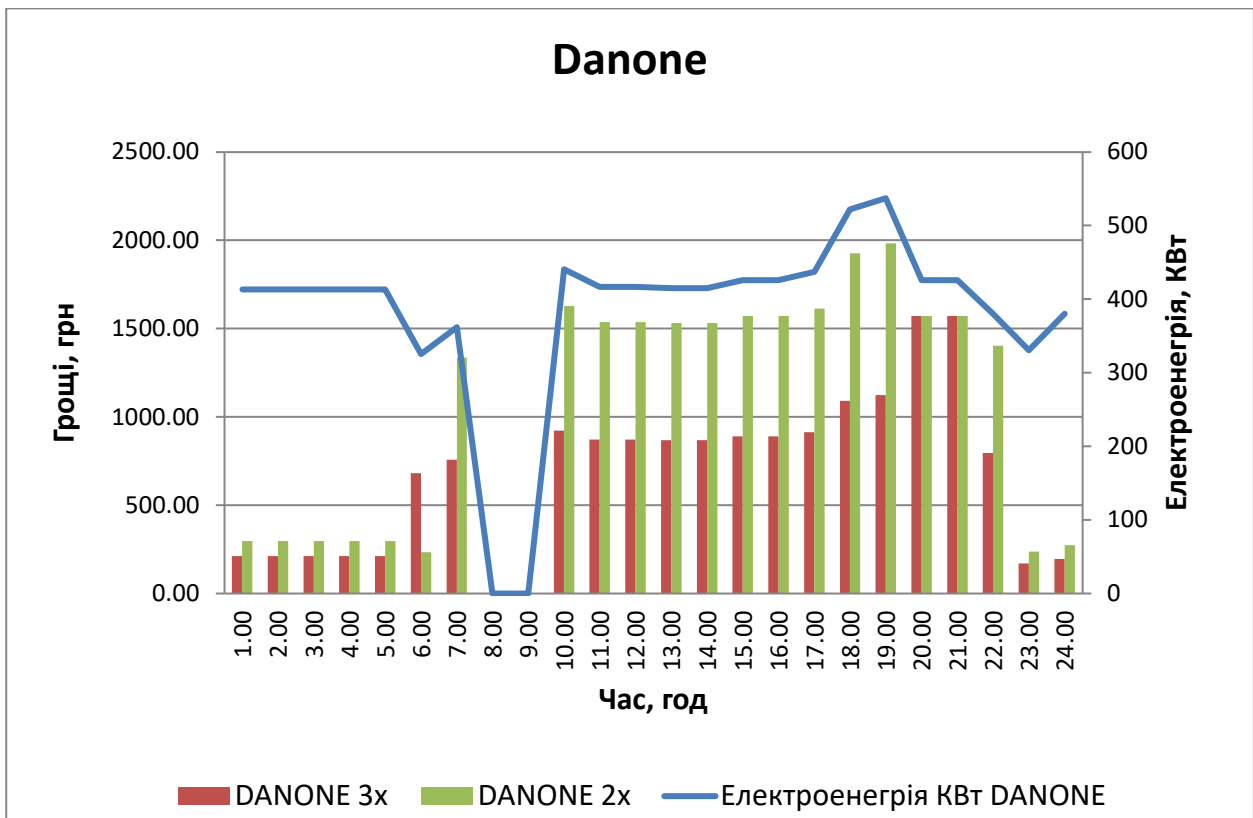
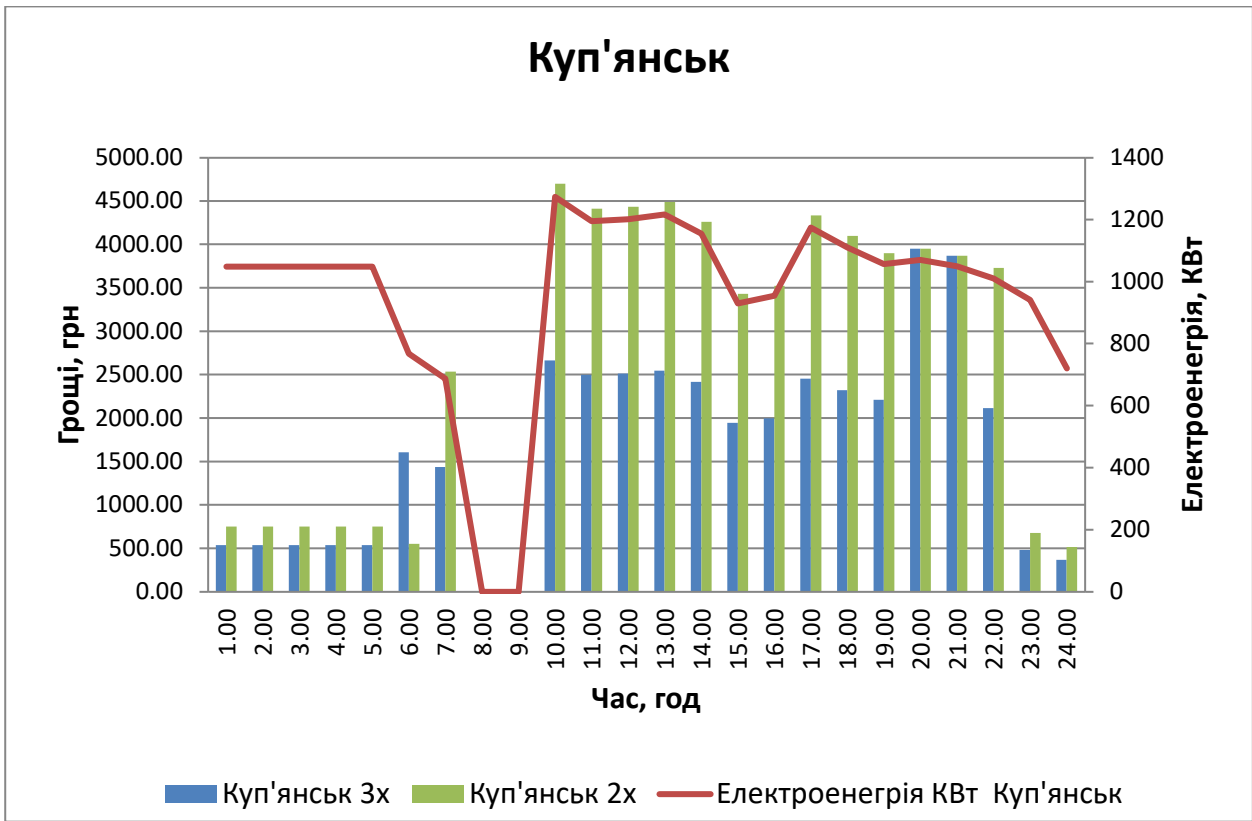


Рис. 6.19. Данон

**Куп'янський молокозавод. Для 3x зональної сітки.** Вимикаємо ранковий пік і переносимо цю електроенергію на нічний режим роботи. Кількість електроенергії яка знята 1889,3 кВт. і при перерахуванні на нічний режим роботи дає заощадити ще 545 кВт. За даних перетворень ми сплачуємо на 7691,43 гривні менше ніж при існуючому режимі роботи.

**Для 2x зональної сітки.** Знімаємо таку саму кількість холоду і переносимо її на нічний режим. За рахунок цього переплачуємо близько 13399,27 грн./доб.

Площі спожитої та заощадженої електричної енергії однакові. Порівнюючи 2x і 3x зональні тарифні сітки можна побачити різницю в затрачених коштах. Це зображено на рис.6.20.



*Рис. 6.20. Молокозавод Куп'янський*

## 7. Аналіз отриманих даних

Економія грошей в кожному з варіантів оптимізації:

1. Зрізання 12% від піку без урахування добових коливань температури:
  - Шостка – 3%;
  - Пирятин – 6%;
  - Куп'янськ- 5%;
  - Danon – 4%.
2. Зрізання 21% від піку без урахування добових коливань температури:
  - Шостка – 4%;
  - Пирятин – 10%;
  - Куп'янськ - 11%;
  - Danon – 6%.
3. Зрізання 32% від піку без урахування добових коливань температури:
  - Шостка – 7%;
  - Пирятин – 14%;
  - Куп'янськ- 16%;
  - Danon – 13%.
4. Зрізання 12% від піку з урахування добових коливань температури:
  - Шостка – 4%;
  - Пирятин – 10%;
  - Куп'янськ- 7%;
  - Danon – 6%.
5. Зрізання 21% від піку без урахування добових коливань температури:
  - Шостка – 7%;

- Пирятин – 11%;
  - Куп'янськ- 12%;
  - Данон – 7%.
6. Зрізання 1600кВт для всіх окрім Шосткінського (800)кВт з урахування добових коливань температури:
- Шостка – 11%;
  - Пирятин – 19%;
  - Куп'янськ- 11%;
  - Данон – 17%.
7. Вимикання ранкового піку:
- Шостка – 13%;
  - Пирятин – 20%;
  - Куп'янськ- 17%;
  - Данон – 18%.

Робимо висновок, що самим вигідним варіантом оптимізації є вимикання ранкового піку. Цей варіант модернізації дає самий високу 18% економію коштів, що складає добовий фонд витрат.

## **8. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **ВСТУП**

В даній магістерській роботі досліджується динаміка танення водного льоду намороженого на вертикальній циліндричній поверхні. Обробка отриманих експериментальних даних здійснюється за допомогою ПЕОМ. Тому основна увага в цьому розділі сконцентрована на організації здорових і безпечних умов праці в науково – дослідній лабораторії з використанням ПЕОМ [35,36,37,38,39,40,41].

#### **8.1. Умови праці**

Умови праці в науково – дослідній лабораторії з використанням ПЕОМ характеризуються наступними шкідливими і небезпечними факторами:

- коливання параметрів мікроклімату;
- вірогідність забруднення повітря;
- шум та вібрація;
- рівень освітлення;
- електромагнітні випромінювання;
- небезпека при експлуатації ПК;
- електронезбезпека;
- пожежонебезпека.

#### **8.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничого приміщення та розташування обладнання робочих місць**

Приміщення науково – дослідної лабораторії та розташування обладнання, відповідає вимогам [35, 36,40] та наведено на рис 8.1

Вибраний стандартний комп'ютерний стіл дозволяє регулювати висоту робочої площини в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечує

можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (1200x800мм). Передбачено робоче крісло - підйомно- поворотне, з плоскою поверхнею сидіння та закругленим переднім краєм. Висота поверхні сидіння регулюється в межах 400...500 мм, а ширина і глибина становить 450 мм. Кут нахилу сидіння регулюється - до 15° вперед і до 5° назад.

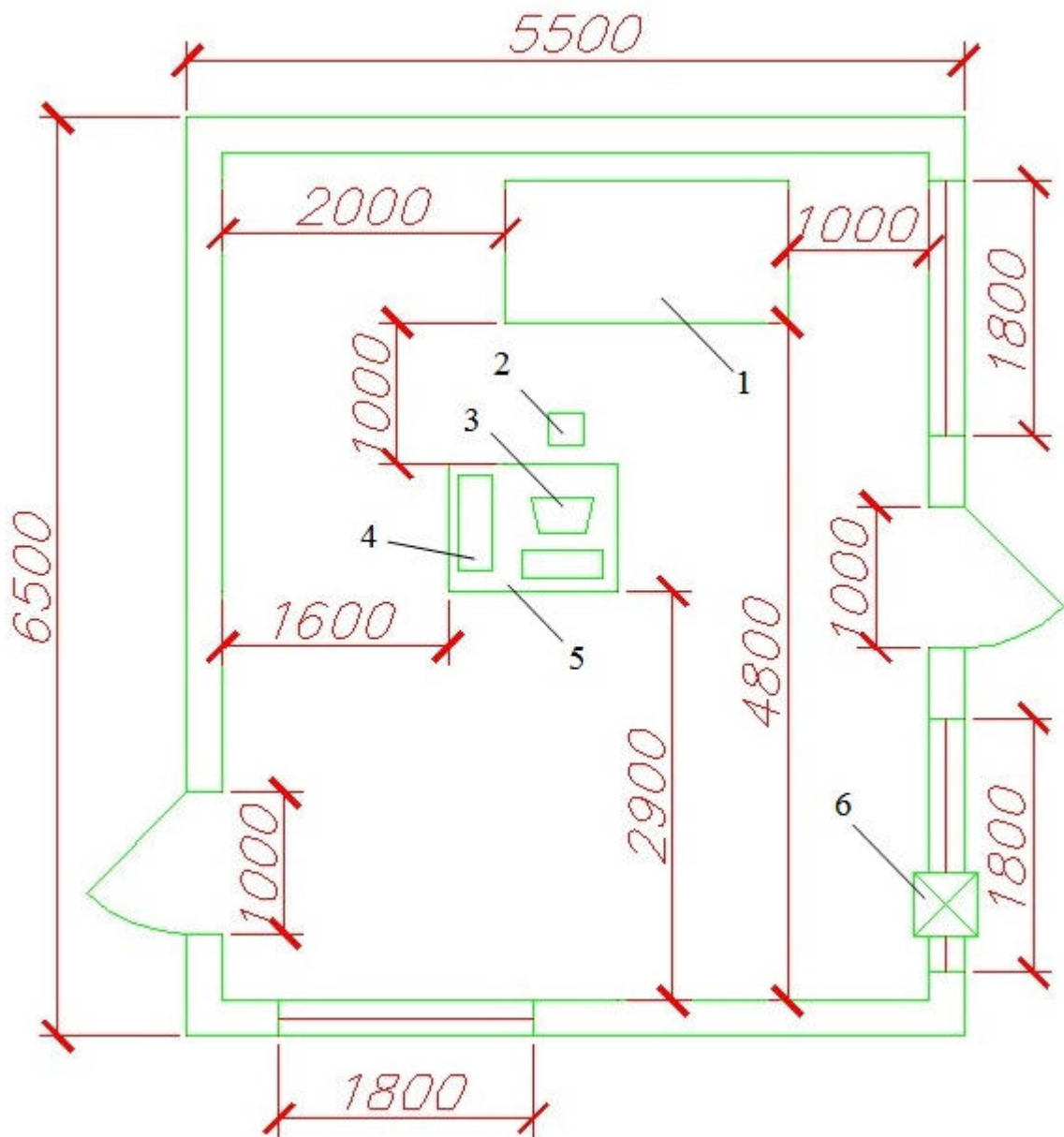


Рис.8.1 Схема плану розташування пункту управління та обладнання:

- 1 – дослідна установка; 2 – крісло для оператора; 3 – ПЕОМ;  
4 – друкуючий пристрій; 5 – робочий стіл; 6 – кондиціонер.

Висота спинки стільця становить 300 мм, ширина - 400 мм, радіус кривизни горизонтальної площини - 400 мм. Кут нахилу спинки регулюється в межах

1...30<sup>0</sup>, від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння регулюється в межах 260...400 мм.

Екран відеодисплейного терміналу (ВДТ) має розмір - 48 см (19") і розташовується на оптимальній відстані від очей користувача 850 мм. Розташування екрана ВДТ забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом 30<sup>0</sup>, до нормальної лінії погляду працюючого. Клавіатура розташовується на відстані 200 мм від краю столу.

### 8.3. Мікроклімат, чистота та іонізація повітря

Параметри мікроклімату, іонний склад повітря, вміст шкідливих речовин на робочих місцях повинен відповідати вимогам [28, 29].

У приміщенні підтримуються наступні параметри.

В холодний період року:

- температура 22—24 °С;
- відносна вологість - 40-60%;
- швидкість руху повітря до 0,1 м/с.

В теплий період року:

- температура 23—25 °С;
- відносна вологість - 40-60%;
- швидкість руху повітря до 0,1 м/с.

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на з ПЕОМ визначені в табл.8.1

Таблиця 8.1 Рівні іонізації повітря

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см повітря	
	n+	n-
Мін. необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Макс. допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату, концентрації позитивних і негативних іонів та чистоти повітря, передбачено кондиціонування повітря, зволожувач повітря та систему опалення у холодний період року.

#### 8.4.Виробничі випромінювання

Візуальний дисплейний термінал на основі TFT-LCD матриці є джерелом декількох видів випромінювань: оптичних (ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного діапазонів), високочастотних і низькочастотних електромагнітних полів.

Реальна інтенсивність кожного виду випромінювання визначається технічною конструкцією конкретного терміналу.

Біологічна дія на оператора електромагнітних випромінювань, та електромагнітних полів залежить від того, наскільки їх рівні та параметри відповідають нормованим значенням наведеним у табл.8.2

Таблиця 8.2. Нормовані випромінювання та параметри полів від ВДТ

Найменування	Діапазо хвиль (частот)	Гранично допустимий рівень
<i>Оптичні випромінювання</i>		
Ультрафіолетовий діапазон	315 - 400 нм	10 Вт/м <sup>2</sup>
Видиме випромінювання	400 - 700 нм	1000 кд/м <sup>2</sup>
Інфрачервоний діапазон	700 нм - 1мм	100 Вт/м <sup>2</sup>
<i>Електромагнітні випромінювання</i>		
Напруженість електромагнітного поля (на відстані 0,5 м навколо ВДТ):  - за електричною складовою	2кГц-400 кГц 5Гц-2КГц	2,5 В/м 25В/м
- щільність магнітного потoku	2кГц-400 кГц 5Гц -2 кГц	25 нТл 250 нТл

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори останніх років випуску, а також дотримуватись регламентованих режимів праці і відпочинку (п'ятиденний робочий тиждень з двома вихідними днями, тривалість робочого часу працівника не може перевищувати 40 год. на тиждень, черех кожні 2 години роботи – 15 хвилини перерви).

### **8.5.Виробниче освітлення**

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці.

Рівень природного та штучного освітлення у науково – дослідній лабораторії відповідає вимогам СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».

Природне світло до приміщення проникає через два односторонніх вікна, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості  $e_{\min} - 1,65 \%$ .

Рекомендовані рівні освітленості у приміщеннях з багатоколірними ВДТ: рівень загальної освітленості — 75-100 лк, рівень комбінованої освітленості — 400 лк.(настільна лампа розжарювання).

Обмеження прямого осліплення регламентується яскравістю джерела природного(штори на вікнах) і штучного освітлення. Як джерела світла при штучному освітленні застосовуються переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. Для загального освітлення використовують світильники з екрануючими решітками серії ЛПО 3б, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА).

Обмеження відбитого світла здійснюється правильним вибором типу світильників, розміщенням робочих місць відносно джерел природного і штучного освітлення, раціональним підбором поверхонь відбиття приладів, інтер'єру приміщення, меблів тощо.

Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ПК слід чистити світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що

перегоріли.

### **8.6.Шум та вібрація**

Джерелом шуму та вібрації у науково – дослідній лабораторії, є таке обладнання:

- ПК;
- обладнання для друку та копіюванням документів;
- мережеве обладнання;
- кондиціонер;
- шум з вулиці;
- шум від роботи дослідної установки.

Під час виконання робіт з ПЕОМ загальний рівень шуму в приміщенні не повинен перевищувати 55-65 дБА, а рівень загальної вібрації – 70-72 дБ, що відповідає вимогам [28, 29].

Для зниження шуму та вібрації у лабораторії використовують такі методи:

- архітектурно – будівельні рішення, в адміністративній будівлі;
- встановлення звукоізолюючого кожуха на дослідну установку і гумових прокладок під компресор;
- винесення кондиціонера за межі приміщення та встановлення на гумові прокладки;
- використання звукоізолюючих віконних рам.

### **8.7.Вимоги техніки безпеки при експлуатації ПЕОМ**

Безпечна експлуатація ПЕОМ повинна відповідати вимогам [35,38]. Користувач ПК слідкує за тим, щоб ВДТ, периферійні пристрої ПК, мережеве обладнання були справними і випробуваними відповідно до чинних нормативних документів. Після закінчення роботи ВДТ та ПК відключаються від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити

ВДТ та ПК від електричної мережі. При появі попереджувальних сигналів на

екрані ВДТ необхідно терміново виключити ПК. Приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

Забороняється робота на ПЕОМ особам, які не пройшли навчання та інструктаж з техніки безпеки.

Неприпустимими є такі дії:

- виконання обслуговування, ремонту та налагодження ПК безпосередньо на робочому місці користувача ПК;

- зберігання біля монітору та ПК паперу, дискет, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

- відключення захисних пристроїв, самочинне проведення змін у конструкції та складі ПК, устаткування або їх технічне налагодження;

- робота з ВДТ, в яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо.

## **8.8.Електробезпека**

Під час експлуатації дослідної установки та ПЕОМ, необхідно дотримуватись вимог [35,38,39], розділів СНиП і ПУЕ, що стосуються штучного освітлення та електротехнічних пристроїв, а також вимог нормативно- технічної і експлуатаційної документації заводу-виробника ПЕОМ.

Основні заходи та засоби електробезпеки:

- Електричне устаткування лабораторії і ПЕОМ мають пристрої захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів (автоматичні вимикачі);

- недоступність струмопровідних частин (прокладення кабелю, проводок в сталевих трубах, в гнучких металевих рукавах, в спеціальних закритих каналах під підлогою);

- заземленні конструкції в приміщенні (батарея опалення) захищена з'ємними щитками від випадкового дотику;

- всі струмоведучі частини ПЕОМ надійно ізольовані ( $R_{i3}$  не менше 1 МОм), а силового ( $R_{i3}$  не менше 0.5 МОм);
- всі та периферійні пристрої ПЕОМ, металеві труби для прокладання проводки заземлені, а штепсельні з'єднання та розетки підключення ПЕОМ — мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Заземлення ПЕОМ та іншого електроустаткування здійснюється різними контурами: для ПЕОМ контур заземлення  $R_3$  не більше 1 Ом, для іншого електроустаткування  $R_3$ , не більше 4 Ом;
- проведення ряду організаційних заходів (навчання, інструктаж, атестація і переатестація працюючого персоналу).

Захист від вторинного прояву атмосферної електрики забезпечується стержньовим блискавковідводом, який захищає адміністративну будівлю де розташована науково – дослідна лабораторія. Виконана конструкція відповідає вимогам РД 34. 21. 122 – 87. «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений».

### **8.9. Пожежна безпека**

Відповідно до ОНТП 24 - 86 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» приміщення науково – дослідної лабораторії відноситься до пожежонебезпечної категорії В.

Пожежна безпека у приміщенні здійснюється згідно вимог ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования», ДНАОП 0.01-1.01-95. «Правила пожежної безпеки в Україні».

Найбільш ймовірною і основною причиною виникнення пожежі в лабораторії є займання електропроводки внаслідок короткого замикання або з інших причин. Тому система запобігання пожежі передбачає наступні заходи:

- виконання правил пожежної безпеки при роботі на дослідній установці та з комп'ютером;
- періодичний контроль цілісності і надійності електроізоляції;
- експлуатація електрообладнання без перевантаження;

- наявність протипожежних інструкцій;
- навчання, атестація і переатестація персоналу з пожежної безпеки;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики;
- не захаращення робочого місця горючими матеріалами;
- заборона куріння в приміщенні.

Система пожежного захисту включає наступні заходи і засоби:

- застосування будівельних конструкцій науково – дослідної лабораторії не нижче II ступеня вогнестійкості;
- наявність пристроїв автоматичного вимкнення електроустаткування та ПЕОМ;
- оснащення лабораторії системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими оповіщувачами;
- наявність первинних засобів пожежогасіння – 2 газових вогнегасника типу ОУ-3.

## Висновки

На основі дослідження, проведеного в даній роботі, можна зробити наступні висновки:

1. Для підприємств молочної промисловості, з їх умовами роботи. Кошти які витрачаються на вироблення штучного холоду. Ці кошти можна заощадити різними методами оптимізації.

2. Сама не вигідна, є 2х зональна тарифна сітка, при такій тарифній сітці витрачається коштів ніж при одно зональній тарифній сітці, при якій працюють всі заводи.

3. При переході на 3х зональну тарифну сітку всі заводи окрім Шосткінського будуть мати економії коштів приблизно 2%. Шосткінській завод при переході на 3х зональну тарифну сітку буде витратити на 3% більше.

4. З урахуванням добових змін температур економія коштів зростає приблизно на 3-4% для різних заводів, і для цього нам не потрібно змінювати нічого в робочому процесі установки.

5. З усіх варіантів оптимізації самий вигідним є варіант з відключенням ранкового піку приблизно 18% від добового фонду коштів.

В цілому в даній роботі було показано, п'ять варіантів оптимізації добових графіків роботи з урахуванням и без урахування зміни добових температур. Для деяких варіантів потрібні додаткові кошти для переходу на 3х зональну тарифну сітку.

## Список використаної літератури

1. **Пилипенко, О. Ю.** Обґрунтування доцільності використання акумуляторів холоду з фазовим переходом [Текст] / О. Ю. Пилипенко, Я. І. Зася-дько // Холодильна техніка і технологія. – 2008. – № 5 (115). – С. 11-15.
2. **Пилипенко, А. Ю.** Экпериментальное и теоритическое изучение образования льда на вертикальной трубе [Текст] / А. Ю. Пилипенко, Я. И. Засядько // Холодильная техника. – 2014. – № 6 (62). С. 42-47.
3. **Пилипенко, О. Ю.** Динаміка кристалізації льоду на вертикальних охолоджуваних трубах в елементах акумуляторів теплової енергії систем охолодження та кондиціонування повітря [Текст] :дисертація ... кандидата технічних наук / О. Ю. Пилипенко – Київ, 2012. – 267с.
4. **Fertelli, A.** Air-conditioning System with Ice Thermal Storage [Текст] : dissert. ... Doctor of Philosophy Mechanical Engineering / Ahmet Fertelli.– Adana, 2008. – 191 p.
5. **Пилипенко, О. Ю.** Динаміка кристалізації льоду на вертикальних охолоджуваних трубах в елементах акумуляторів теплової енергії систем охолодження та кондиціонування повітря [Текст] :дисертація ... кандидата технічних наук / О. Ю. Пилипенко – Київ, 2012. – 41- 46с.
6. **Thermal storage reservoirs** [Текст] : пат. 4205656 США : МКИ F 24 H 7/00, F 24 D 11/00 / R. W. Scarlata, Rb. Heritage, N. J. Moorestown. – № 05/912,961 ; заявл. 06.06.78 ; опубл. 03.06.80. – 6 с.
7. **Пат.** 264128 ГДР, МКИ F 28 D 19/02 / N. S. Kirpas, S. O. Filin, O. V. Sumarnaia. – [б. ном.] ; [б. дат.] ; опубл. 25.01.1989. - [б. ст.].
8. **Холодоакумулюючий** елемент льодогенератора [Текст] : пат. 22422 Україна, МКИ F 25 C 7/10, F 28 D 19/00 / С. О. Філін. – [б. ном.] ; [б. дат.] ; опубл. 03.03.1998. - [б. ст.].
9. **Рекламні** проспекти фірми ITV.
10. **Рекламні** проспекти фірми NUOVE TECNOLOGIE DEL FREDDO S.R.L. (N.T.F.).
11. **Рекламні** проспекти фірми Brema Ice Makers S.p.A.

12. **About** our Ice Machines [Электронный ресурс] / HOSHIZAKI. – Режим доступа : [http://en.hoshizaki-europe.com/product/type/id/1/Ice\\_Machines](http://en.hoshizaki-europe.com/product/type/id/1/Ice_Machines) - 02.04.2012 р.
13. **Official** web site [Электронный ресурс] / SIMAG ice machines. – Режим доступа : <http://www.simag.it/english.htm> - 02.04.2012 р.
14. **Льдогенераторы** – жидкий лед [Электронный ресурс] / ООО —Фабрика ХолодаИ. – Режим доступа : <http://www.fbh.ru/lidogeneratori> - 02.04.2012 г.
15. **Wang, M. J.** Ice Slurry Based Thermal Storage Technology [Текст] / M. J. Wang, V. Goldstein // IEA-Annex 17 : 7th Expert Meeting and Work Shop, 11-12 oct. 2004. – Beijing, 2004. – P. 1-8.
16. **Wang, M. J.** Application of ice slurry in the food industries [Текст] / M. J. Wang, C. Ramuscak, A. Chong, V. Goldstein // Int. Congress of Refrigeration. – Beijing, 2007. – P. 1-7.
17. **SUNWELL** [Электронный ресурс] / Sunwell Technologies Inc. – Режим доступа : <http://www.sunwell.com/> - 02.04.2012 р.
18. **Пузырьковый** жидкий лёд – передовая технология охлаждения рыбы [Электронный ресурс] / AquaMaof Aquaculture Technologies Ltd. – Режим доступа : <http://www.fish1.ru/html/storage.htm#crytec> 02.04.2012 г.
19. **ООО —АстарИ** [Электронный ресурс] / Система «Торговая площадка Пульс цен. Владивосток». – Режим доступа : <http://vladivostok.pulscen.ru/firms/98256106> - 06.06.2012 г.
20. **Рекламні** проспекти фірми Bucu Warmaustauscher International GmbH.
21. **Products** [Электронный ресурс] / Bucu Warmaustauscher International GmbH. – Режим доступа : <http://www.buco-international.com/english/products.php> - 02.04.2012 р.
22. **Рекламні** проспекти ВАТ «ВАКТЕХ-ХОЛОД».
23. **Рекламні** проспекти фірми Baltimor Aircoil.
24. **Ice** thermal storage [Электронный ресурс] / Baltimore Aircoil Company. – Режим доступа : <http://www.baltimoreaircoil.eu/products/ice-thermal-storage> - 04.04.2012 р.

25. **Льдоаккумуляторы** [Электронный ресурс] / ВАТ «ВАКТЕХ-ХОЛОД». – Режим доступа : <http://www.vactekh-holod.ru/ice-akk.shtml> - 04.04.2012г.
26. **Аккумуляторы** холода пленочные, панельные и трубчатые [Электронный ресурс] / ОАО —Орелхолодмашл. – Режим доступа : [http://www.orelholodmash.ru/price2.php?id\\_catalog=32](http://www.orelholodmash.ru/price2.php?id_catalog=32) – 04.04.2012 г.
27. **Аккумуляторы** холода панельные типа АКХ-30...АКХ-160, 2АКХ-30...2АКХ-160 [Электронный ресурс] / Производственная компания "ТЕПЛОХИМ". – Режим доступа : <http://www.teplohimvrn.ru/cat/78.html> - 04.04.2012 г.
28. **Аппараты** теплообмена [Электронный ресурс] / ПАО —Коростенский завод химического машиностроениял. – Режим доступа : [http://www.khimmash.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=155&Itemid=175&lang=ru](http://www.khimmash.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=175&lang=ru) – 04.04.2012 г.
29. **Льдоаккумулятор**, аккумулятор льда [Электронный ресурс] / ООО НПП «Компрессор». – Режим доступа : [http://kriopol.com.ua/viewpage.php?page\\_id=9](http://kriopol.com.ua/viewpage.php?page_id=9) – 04.04.2012 г.
30. **Явнель, Б. К.** Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирование воздуха [Текст] : учеб. пособие / Б. К. Явнель. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 223 с.
31. Тарифы на Электроенергію «Київ облэнерго»: <http://kyivenergo.ua/ru/ee-company/tarifi>
32. Тарифы на Электроенергію «Потаваобленерго»: <http://www.poe.pl.ua/index.php?r=customers/tariff&id=110>
33. Тарифы на Электроенергію «Херсонобленерго»: [http://ksoe.com.ua/tariffs/tariffs\\_yurlic/](http://ksoe.com.ua/tariffs/tariffs_yurlic/)
34. Тарифы на Электроенергію «Харьківобленерго»: <http://www.oblenergo.kharkov.ua/consumers/tarifs/tarifi-na-lyutiy-2017-roku>
- Державні** санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно – обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007 - 98.

35. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно – обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007 - 98.

36. **ДНАОП 0.00 - 1.31 - 99** “Правила ОП під час експлуатації електронно – обчислювальних машин”.

37. **Охорона** праці в галузі: Метод. Вказівки до вивч. дисципліни, викон. контрол. роботи та розділу диплом. проекту для студ. спец. 7.090520 “Холодильні машини та установки” ден. та заоч. форм навч. / Укладач.: В.М. Фалес, А.М. Литвиненко – К. : НУХТ, 2009. – 58 с.

38. Директива № 2009/105/ЄС «Про посудини, що перебувають під тиском»

39. EN 61010-1:2010 Вимоги безпеки для електричного обладнання для вимірювання, контролю та лабораторного застосування - Частина 1: Загальні вимоги

40. Директива № 90/270/ЄС “Про мінімальні вимоги до безпеки робіт з відеодисплейними терміналами”

41. Директива 95/63/ЄС про зміни Директиви 89/655/ЄС «Про мінімальні вимоги щодо безпеки і захисту здоров’я при застосуванні працівниками робочого обладнання під час роботи»