

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Формування плану заходів з підвищення енергоефективності підприємства молочної галузі»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОН-72

*Поплигіна Вероніка Сергіївна* \_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Бориченко О.В.* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина

(назва розділу)

к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков О.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф. Третякова Л.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

ас. Прокопенко І.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студентці**

**Поплігіній Вероніці Сергіївні**

**1. Тема проєкта:** «Формування плану заходів з підвищення енергоефективності підприємства молочної галузі»,

керівник проєкта *к.т.н., доц. Бориченко О.В.*, затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. № 1353-с

**2. Термін задачі студентом закінченого проєкта** “11” червня 2021 р.

**3. Вихідні дані до проєкта:** загальний опис підприємства молочної галузі, обсяги виробництва продукції, динаміка споживання ПЕР, схема електро- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз, загальна характеристика та перелік обладнання.

**4. Перелік розділів, які мають бути розроблені**

а) електрична частина: - схема електропостачання об'єкта та її аналіз, визначення суттєвих споживачів електроенергії, розрахунок навантажень цеху по виготовленню сирів, складання балансу споживання електроенергії цеху та розроблення заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії;

б) теплова частина: - система паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз, обстеження огорожувальних конструкцій цеху по виготовленню

сирів, розрахунок максимальних тепловтрат та розроблення заходів з енергоефективності для цеху підприємства молочної галузі;

в) охорона праці та пожежна безпека:- охорона праці та пожежна безпека під час експлуатації компресорів стисненого повітря.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті.
2. Результати енергетичного аудиту електропостачальної системи об'єкту.
3. Аналіз ефективності використання теплової енергії на об'єкті.
4. Результати енергетичного аудиту теплопостачальної системи об'єкту.

## 6. Консультанти розділів проєкта

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ас. Прокопенко І.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання “17” травня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

### виконання дипломного проєкта

студенткою Поплигіною Веронікою Сергіївною

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкта	Строк виконання етапів проєкта	Позначки керівника про виконання завдань
1	Розрахунок електричної частини	20.05.-26.05.21	
2	Розрахунок теплової частини	26.05.-31.05.21	
3	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	31.05.-06.06.21	
4	Підготовка графічного матеріалу	06.06.-08.06.21	
5	Захист бакалаврського проєкта	16.06.21	

Студент

В.С. Поплигіна

Керівник проєкта

О.В. Бориченко

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкта складається з шести розділів, пояснювальна записка містить 109 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 27 ілюстрацій, 36 таблиць та 22 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Мета даного проєкта полягала у формуванні плану заходів з підвищення енергоефективності підприємства молочної галузі. Впровадження усіх зазначених в дипломному проєкті заходів з енергоефективності, дозволить отримати значну економію в грошовому еквіваленті, а також зменшити споживання енергоресурсів на підприємстві.

Ключові слова: ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОРЕСУРС, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ВИТРАТИ, ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, СПОЖИВАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ПОТУЖНІСТЬ, ЦЕХ.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

## ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of six sections, the explanatory note contains 109 pages of the main text. The main text of the work contains 27 illustrations, 36 tables and 22 bibliographic names according to the list of references.

The aim of the project was to form a plan of measures to improve the energy efficiency of the dairy industry. The implementation of all the energy efficiency measures specified in the diploma project will allow to obtain significant savings in monetary terms, as well as to reduce energy consumption at the enterprise.

Keywords: ENERGY, ENERGY RESOURCE, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, COSTS, LOSSES, SAVING, CONSUMPTION, LOAD, POWER, SHOP.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА .....	11
1.1 Короткий опис об'єкта.....	11
1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки .....	11
1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки.....	15
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР .....	19
1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкта у сфері енергоефективності.....	20
Висновки до розділу 1 .....	20
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....	21
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз.....	21
2.2 Коротка характеристика споживачів електричної енергії цеху .....	22
2.3 Повірочний розрахунок навантажень цеху .....	25
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення цеху .....	28
2.5 Оцінка завантаженості ТП (ввідних кабельних ліній).....	30
2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта.....	33
2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу .....	35
споживання електричної енергії цеху у аналітичній формі.....	35
2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті .....	37
2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії.....	37
2.9.1 Заміна внутрішнього освітлення цеху .....	37
2.9.2 Впровадження АСЕМ .....	43
2.9.3 Оптимізація системи охолодження компресорних установок .....	44
Висновки до розділу 2 .....	47

						НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
							5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата			



6.2	Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкта.....	90
6.3	Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях .....	91
6.4	Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків .....	93
6.5	Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці.....	93
6.6	Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпек .....	95
6.7	Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів.	96
6.8	Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації .....	97
	Висновки до розділу 6 .....	98
	ВИСНОВКИ .....	99
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	101
	ДОДАТКИ .....	104
	Додаток А .....	104
	Додаток Б.....	107
	Додаток В .....	109

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧНЬ, ТЕРМІНІВ

СЗМ – сухе знежирене молоко;  
СЗС – суха знежирена сироватка;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;  
у.п. – умовне паливо;  
ТМ – трансформатор масляний;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
ВН – висока напруга;  
НН – низька напруга;  
ЛД (ЛБ) – люмінесцентні лампи;  
LED – світлодіодні лампи;  
Пн – північ;  
Пд – південь;  
Зх – захід;  
Сх – схід;  
ДСТУ – державний стандарт України;  
ДБН – державні будівельні норми;  
ДСН – державні санітарні норми;  
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;  
ЕП – електроприймачі;  
АСЕМ - автоматизована система енергомоніторингу;  
КЛ – кабельна лінія;  
ЕУ – електроустановка;  
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;  
ЕЗЗ - електрозахисні засоби;  
СЕНМ – система енергетичного менеджменту.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

На сьогодні питання енергозбереження в Україні є нагальними. Проблеми енергозбереження тісно пов'язані з проблемами енергетики, екології, економіки і тд. Розглянемо, про які саме проблеми йде мова:

- недостатня забезпеченість власними ПЕР і значна частка імпортованих ресурсів;
- недостатній рівень застосування вторинних та відновлювальних джерел;
- значний рівень втрат енергоресурсів під час їх споживання, виробництва і тд;
- різке зростання цін на енергоресурси, низька ефективність технологій їхнього використання;
- шкідливий вплив на оточуюче середовище;
- недостатня забезпеченість енергоефективним обладнанням, технологіями;
- недостатня повнота нормативної та законодавчої баз.

Виходячи з перелічених проблем, можемо запропонувати шляхи їх вирішення. А саме:

- застосування альтернативних джерел енергії,
- впровадження систем енергетичного менеджменту на підприємствах;
- фінансове стимулювання з боку держави суб'єктів господарювання до підвищення ефективності використання енергоресурсів;
- зміни в законодавчій базі щодо енергетичного ринку та питань енергозбереження;
- заохочення щодо проведення заходів охорони оточуючого середовища;
- використання на підприємствах енергозберігаючого та енергоефективного обладнання та технологій.

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата						

В даному дипломному проєкті метою було формування плану заходів з підвищення енергоефективності підприємства молочної галузі.

Було проаналізовано ефективність використання електричної та теплової енергії на об'єкті. Запропоновано відповідні заходи з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії, а також ряд заходів щодо огорожувальних конструкцій об'єкта. Було оцінено існуючий стан системи енергетичного менеджменту на об'єкті, а також його відповідність вимогам ДСТУ ISO 50001:2020 та було визначено базовий рівень споживання електроенергії та показників енергоефективності.

Також, в даному проєкті було запропоновано використання відновлювальних джерел енергії, а саме впровадження геліоколекторної системи. Та розглянуто питання щодо охорони праці та пожежної безпеки під час експлуатації компресорних установок.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА

## 1.1 Короткий опис об'єкта

Об'єктом даного дослідження є молокозавод.

До складу підприємства входять: виробничий корпус, цех по виробленню сухого молока, парова котельня, цех по виготовленню сирів, компресорна, адміністративно-побутовий корпус, транспортний цех. Основна продукція молокозаводу: сири тверді, м'які, копчені, масло, а також спреди, СЗМ. Підприємство працює в двозмінному режимі. Кількість робочих годин і змін на добу – 8 год/2 зміни (перша зміна з 7:00 до 15:00, друга зміна – з 15:00 до 23:00). Загальна кількість працівників: 500 чол.

## 1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки

На даний час завод працює з переробкою молока на рівні 300 т/добу. По різним оцінкам заплановано збільшення виробництва на 100%. Деякі підготовчі етапи вже проведені. Нижче приведені варіанти розподілу молока між цехами, надана 12.10.2020 року.

Середньодобове приймання молока складає 280 т, з них 96,6 т іде на виробництво кисломолочного сиру в асортименті. Середня норма на кисломолочний сир складає 5,8.

Решта кількість молока (183,4т):

– 1 варіант – на сепарування, де отримуємо знежирене молоко для виробництва сухого знежиреного молока (166,9 т) з нормою виходу 11,35 та вершки 40% (16,5 т), які ідуть на виробництво масла, спреду та суміші рослинно-вершкової.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Поплигіна В.С.			Загальний опис об'єкту	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бориченко О.В.					11	10
Реценз.						ІЕЕ, зр. ОН-72		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Із даної кількості вершків можна отримати:

- масло із жиром 72,6% - 9094 кг та залишковий продукт - маслянка в кількості 7412 кг.
- масло із жиром 82,5% - 8002 кг та залишковий продукт - маслянка в кількості 8503 кг.
- масло із жиром 82,0% - 8082 кг та залишковий продукт - маслянка в кількості 8454 кг.
- масло із жиром 63,0% - 10480 кг та залишковий продукт - маслянка в кількості 6026 кг.

Найбільше виготовляється масло із жиром 72,6 % та 82,5 %. Відсоток решти не великий (виробництво 1 раз на тиждень).

Із маслянки виробляється продукт - напівфабрикат білковий, норма виходу, якого складає 12,0.

– 2 варіант - із них 60 т іде на виробництво сиру жирного, норма виходу, якого складає 9,5; на сепарування, де отримуємо 60 т знежиреного молока на виробництво сиру нежирного, норма виходу, якого складає 14,0 та решта кількість знежиреного молока (52,3 т) резервується для подальшого виробництва сухого знежиреного молока. Отримані вершки в кількості 11,1 т з жиром 40% направляються на виробництво масла.

Виробництво сирків солодких, сирів плавлених та сиру вершкового відбувається згідно затверджених рецептур. На сир плавлений закладка в котел-плавитель складає 250-160 кг, в залежності від виду сиру; на сир вершковий – 120 кг.

В таблиці 1.1 наведено дані щодо обсягів виробництва продукції на підприємстві молочної галузі за 2020 рік.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Таблиця 1.1 – Обсяги виробництва продукції за 2020 рік

Період (місяць, рік)	Вироблена продукція, т/міс					
	Масло	Сир	Плавлений сир	Плавлене масло солодко-вершкове	Спред	Сухе молоко
жовтень 2020 р.	299	244	73	13	16	287
листопад 2020 р.	263	263	72	11	11	284
грудень 2020 р.	145	290	79	14	19	152
січень 2020 р.	206	365	58	12	7	230
лютий 2020 р.	213	365	54	8	14	25
березень 2020 р.	325	423	78	18	19	336
квітень 2020 р.	392	373	34	7	4	379
травень 2020 р.	324	397	50	11	9	432
червень 2020 р.	310	360	47	10	12	429
липень 2020 р.	265	405	53	10	12	419
серпень 2020 р.	253	452	54	10	6	384
вересень 2020 р.	271	447	65	12	12	209
Загалом, т/рік	3265	4384	717	138	141	3566

Помісячна зміна загального відпуску продукції показана на рисунках 1.1 – 1.2.

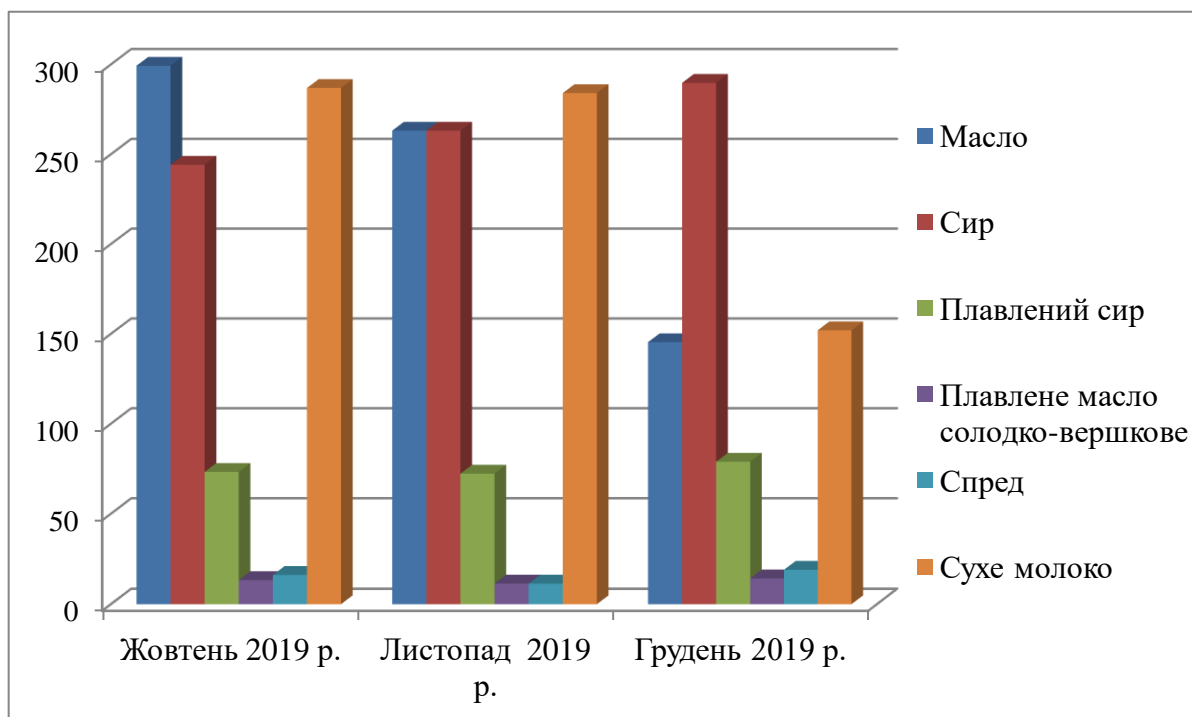


Рисунок 1.1 – Динаміка помісячних обсягів загального виробництва продукції за 2019 рік

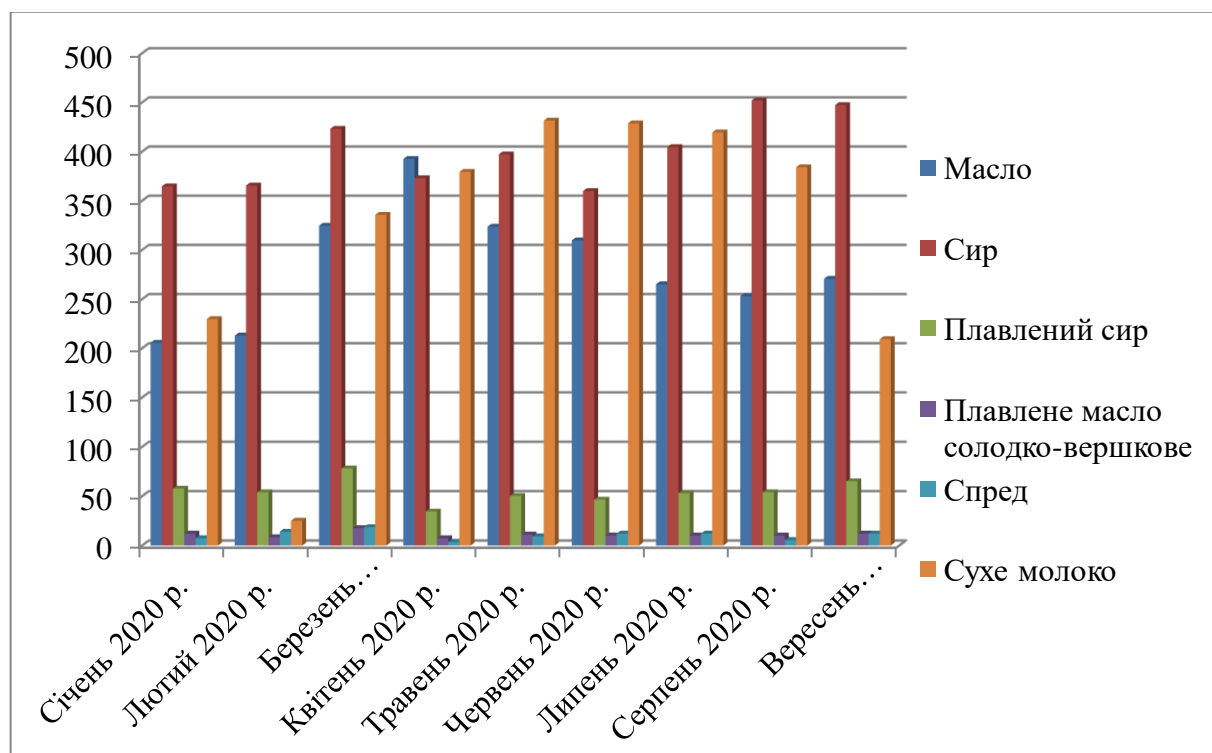


Рисунок 1.2 – Динаміка помісячних обсягів загального виробництва продукції за 2020 рік

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

Представимо річне споживання ресурсів на підприємстві за 2018 – 2020 роки у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Споживання ресурсів за 2018 - 2020 рр.

Місяць	Теплова енергія, Гкал	Електрична енергія, кВт·год/міс	Холодна вода, м <sup>3</sup>	Гаряча вода, м <sup>3</sup>	Газ, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
січень 2018р.	1848	512724	10502	-	292754
лютий 2018р.	1619	558690	9644	-	254817
березень 2018р.	1589	476549	11256	-	254574
квітень 2018р.	1452	560578	8600	-	235501
травень 2018р.	1241	584914	9741	-	205470
червень 2018р.	1321	683293	5940	-	215350
липень 2018р.	1528	629013	6204	-	252545
серпень 2018р.	1468	661529	7105	-	242258
вересень 2018р.	1281	535278	5601	-	211460
жовтень 2018р.	882	609421	5623	-	145320
листопад 2018р.	1017	433277	4174	-	121315
грудень 2018р.	1590	356211	4330	-	254269
Загалом 2018р.	16836	6601479	88720	-	2685632
січень 2019р.	1354	455793	4736	988	228727
лютий 2019р.	608	333738	4002	1165	106313
березень 2019р.	868	327448	5543	1237	152001
квітень 2019р.	1444	476506	5323	924	248416
травень 2019р.	1416	536499	6641	1096	233511
червень 2019р.	1311	545766	7598	1227	222763
липень 2019р.	1108	545616	7037	1233	188338
серпень 2019р.	918	714944	8822	1259	168210
вересень 2019р.	1055	374363	7119	1139	191241
жовтень 2019р.	1171	447649	7391	1117	192817
листопад 2019р.	1349	466230	10436	1170	224772
грудень 2019р.	1024	419720	7775	1390	80575
Загалом 2019р.	13626	5644271	82422	13946	2237682

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
січень 2020р.	1417	459923	7105	1490	160693
лютий 2020р.	1054	377724	7506	1426	34394
березень 2020р.	1477	430913	10979	1482	161112
квітень 2020р.	962	505406	11470	964	99592
травень 2020р.	968	556687	10411	833	137131
червень 2020р.	856	584374	9301	915	129047
липень 2020р.	735	610837	10670	987	108400
серпень 2020р.	836	613508	10105	881	96585
вересень 2020р.	894	696130	8590	1226	163783
жовтень 2020р.	777	536871	7197	1088	160693
листопад 2020р.	896	381697	10161	1140	34394
грудень 2020р.	1400	313805	7570	1353	161112
Загалом 2020р.	12273	6067875	111064	13784	1446936

Графіки річного споживання ресурсів на підприємстві за 2018 – 2020 роки представлено на рисунках 1.3 – 1.7.

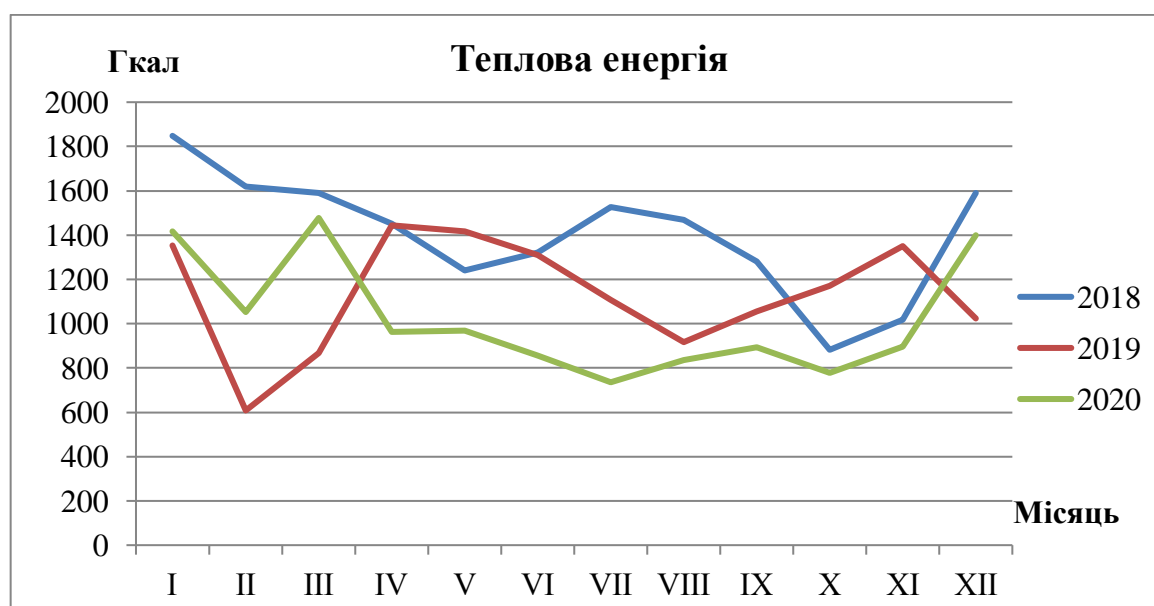


Рисунок 1.3 – Споживання теплової енергії за 2018 - 2020 рр

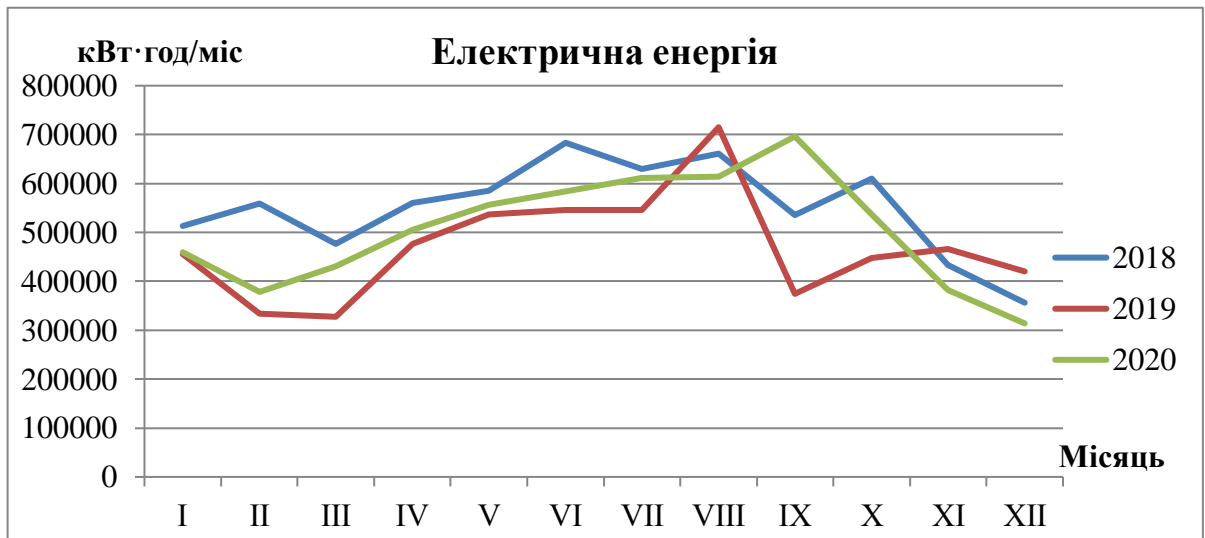


Рисунок 1.4 – Споживання електричної енергії за 2018 - 2020 рр

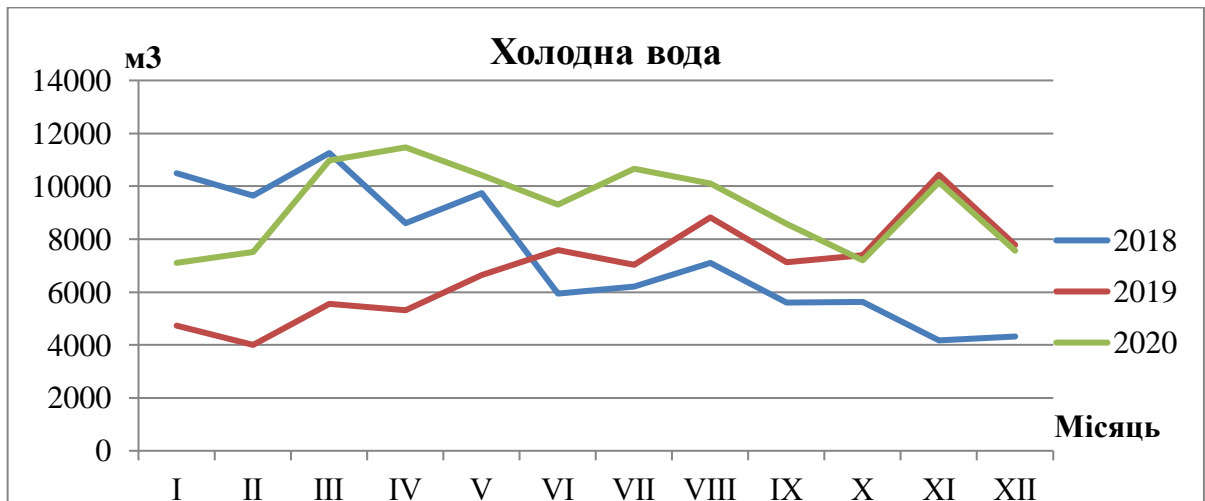


Рисунок 1.5 – Споживання холодної води за 2018 - 2020 рр

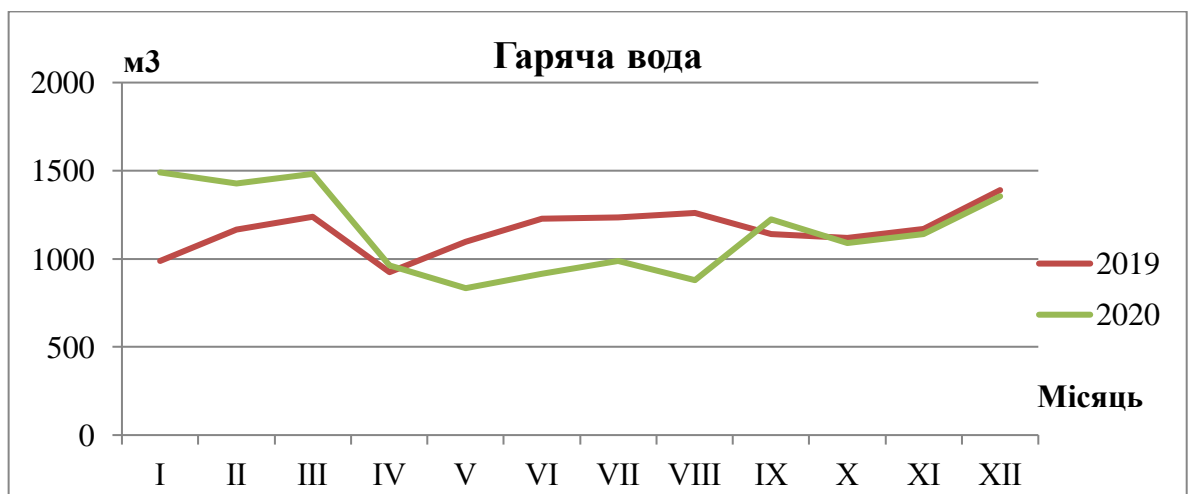


Рисунок 1.6 – Споживання гарячої води за 2019 - 2020 рр

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

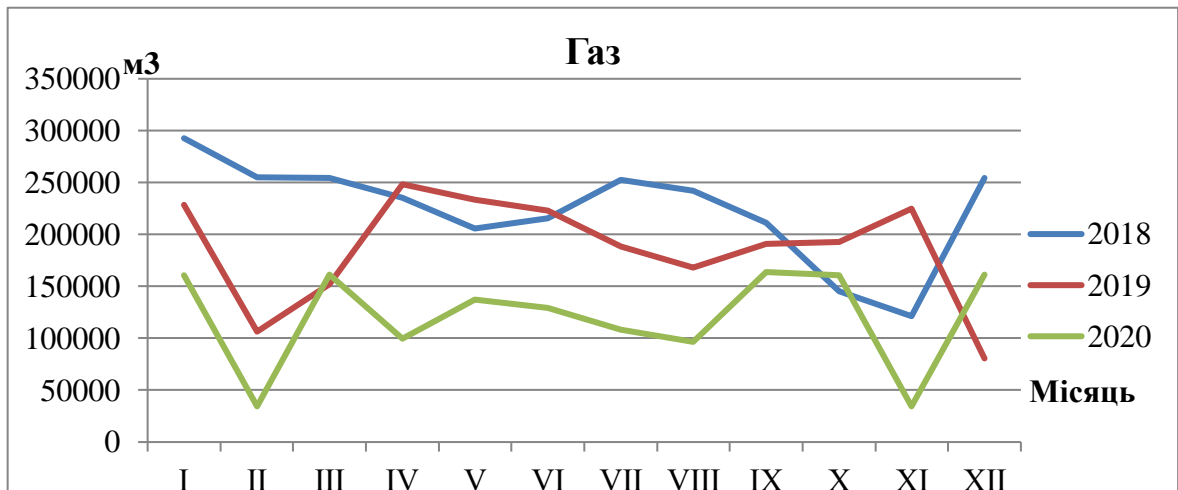


Рисунок 1.7 – Споживання газу за 2018 - 2020 рр

Загальне споживання енергоресурсів за 2018 - 2020 рр представлено в таблиці 1.3 та на рисунках 1.8 - 1.10.

Таблиця 1.3 – Загальне споживання енергоресурсів за 2018 - 2020 рр

Найменування	2018		2019		2020	
	т у.п.	%	т у.п.	%	т у.п.	%
Теплова енергія, Гкал	2408	38	1948	37	1755	42
Електрична енергія, кВт·год/міс	6601479	13	5644271	13	6067875	18
Газ, м³	2685632	49	2237682	50	1446936	40

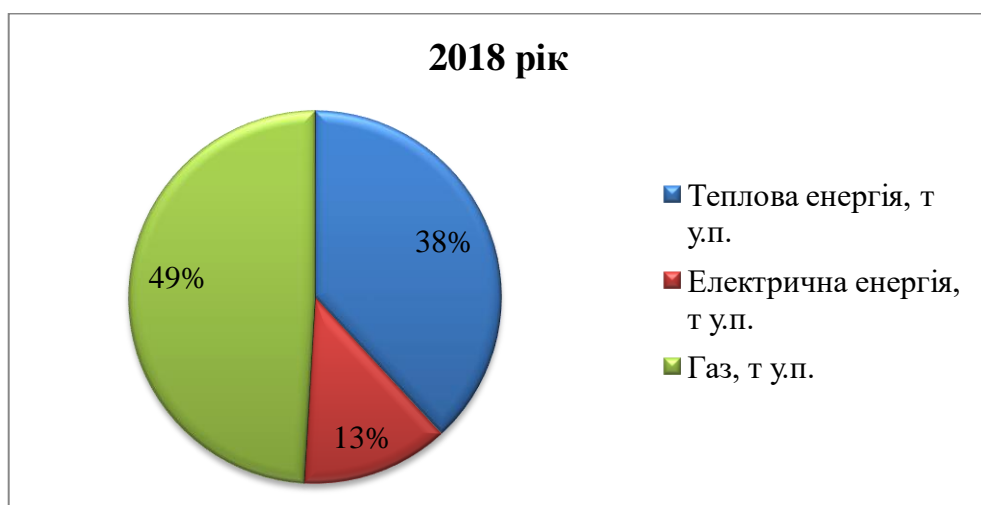


Рисунок 1.8 – Загальне споживання енергоресурсів за 2018 рік

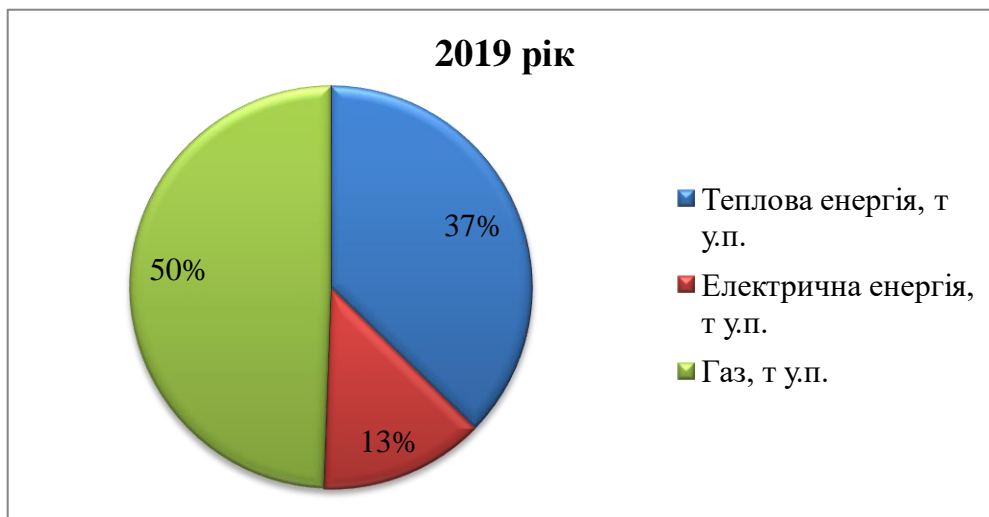


Рисунок 1.9 - Загальне споживання енергоресурсів за 2019 рік

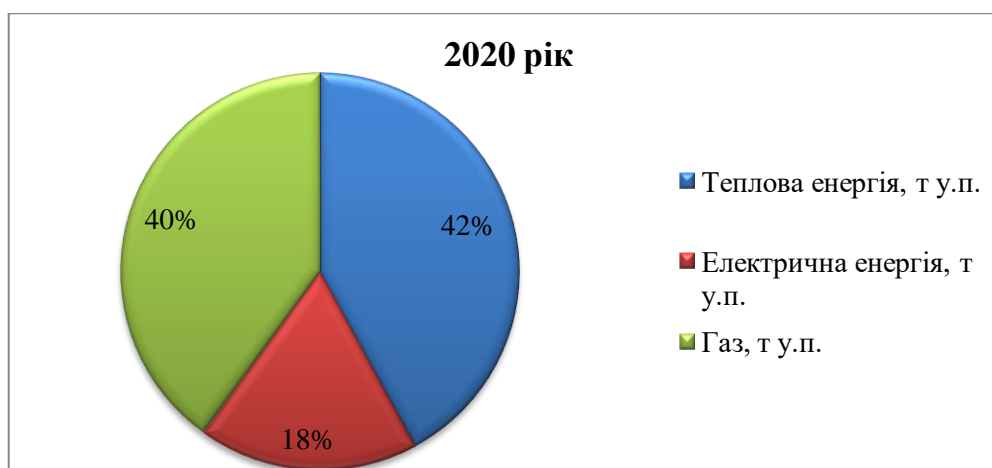


Рисунок 1.10 - Загальне споживання енергоресурсів за 2020 рік

#### 1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Річні ціни на енергоресурси за 2018 – 2020 рр наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Щорічна динаміка цін на енергоресурси за 2018 – 2020 рр

Рік	Енергоресурс	
	Газ, грн/м <sup>3</sup>	Електрична енергія, грн/кВт·год (без ПДВ)
2018	12,806	1,69
2019	13,005	2,28
2020	13,000	1,79

Аналіз вартості 1 Гкал, отриманої від різних джерел таких, як газові котли, електричних нагрівачів, теплових насосів і тд показав, що розрахункова вартість тепла для котельної становить 1200 грн/Гкал.

Розглянемо існуючі тарифи для даного підприємства. Дане підприємство платить за теплову енергію по тарифу 1506,95 грн./Гкал за електроенергію 3,9 грн./кВт·год., за газ по тарифу – 14 грн/м<sup>3</sup>.

### **1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкта у сфері енергоефективності**

- На даному підприємстві регулярно проводяться розрахунки по нормам енергоспоживання. Проводяться обрахунки по питомим показникам та формуються шляхи розвитку діяльності даного підприємства. Тобто, по факту, на підприємстві наявні первинні елементи енергоменеджменту.
- Переведення обліку електроенергії з 2 на 1 клас (сторона 35 кВ) з виведенням інших точок обліку в гарячий резерв.
- Постійну продувку скидають в обсягах в 3 рази більшої від необхідно не в атмосферу, а через теплообмінник для нагріву води на потреби ГВП.

### **Висновки до розділу 1**

Проаналізувавши графіки річного споживання електроенергії за 2018-2020 роки (рисунки 1.3 - 1.7), можна спостерігати їх нерівномірність. Графіки мають зростаючий характер переважно з квітня по вересень, це пов'язано з тим, що в теплі місяці маємо більше споживання енергії холодильними установками. Спадаючий характер маємо переважно з листопада по грудень.

Проаналізувавши графіки загального споживання енергоресурсів за 2018 – 2020 роки (рисунки 1.8 - 1.10), було виявлено, що найбільшу частку становить газ (близько 40-50%), трохи менше теплова енергія (близько 40%), та найменшу частку становить електрична енергія (близько 20 %).

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

На рисунку 2.1 зображено схематичне представлення однолінійної схеми електропостачання молокозаводу.

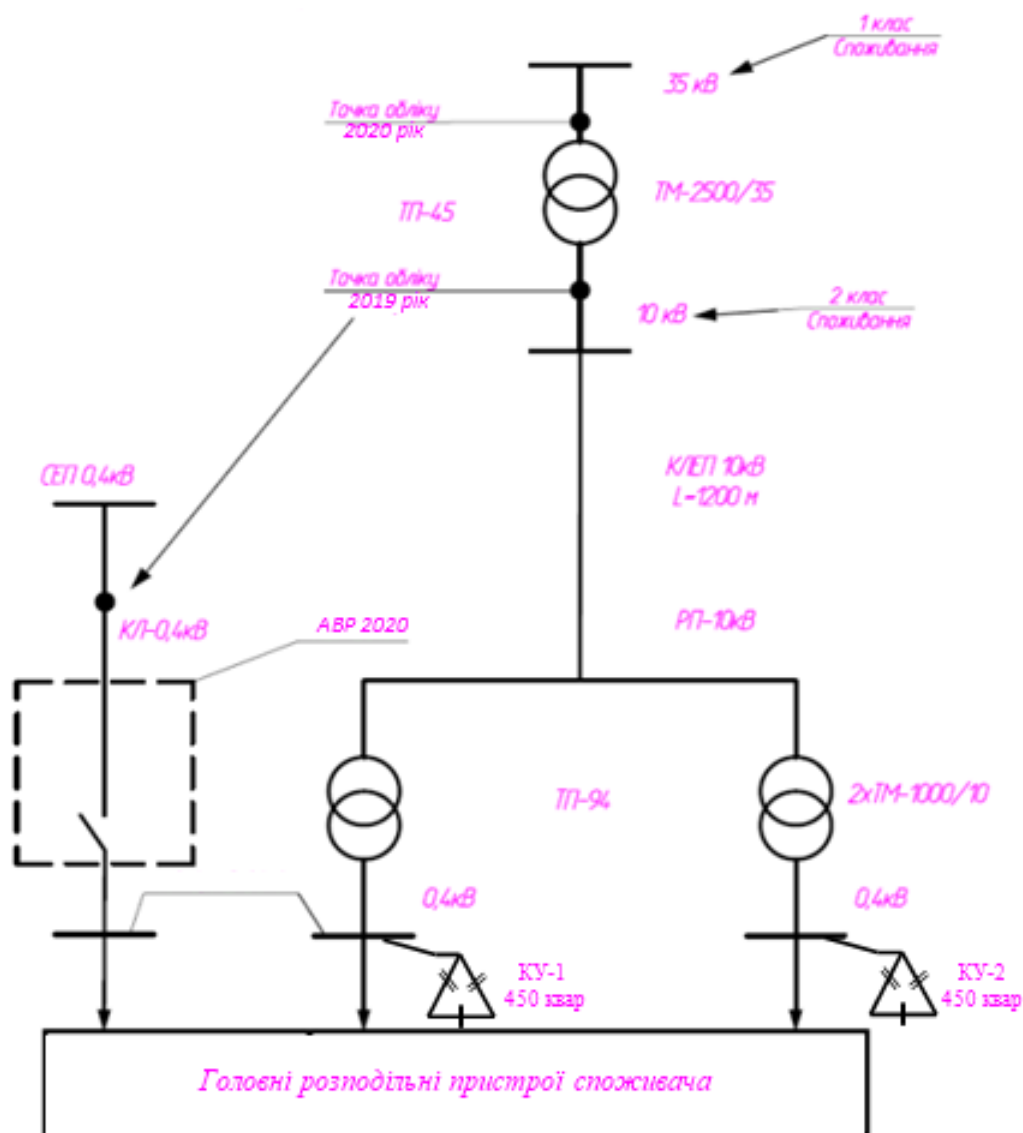


Рисунок 2.1 – Схематичне представлення однолінійної схеми електропостачання об'єкта

НТУУ.001.7209.081 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Поплигіна В.С.		
Перевір.		Бориченко О.В.		
Реценз.				
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.		
Затвер.				
Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті				
		Літ	Аркуш	Аркушів
		21	27	
ІЕЕ, гр. ОН-72				

Електропостачання відбувається ступінчато: спочатку від трансформатора ТМ-2500/35, після трансформації на 10 кВ далі на ТП 95 з двома масляними трансформаторами ТМ-1000 кВА.

В кінці 2020 року була здійснене перенесення точки обліку з сторони 10 кВ (2 клас) на сторону 35 кВ (1 клас), чим досягнуте фактичне зниження вартості електроенергії. В таблиці 2.1 приведені характеристики трансформаторів, що були встановлені і на даний час в експлуатації та законсервованій. Електропостачання на даний час здійснюється по першому класу від трансформатора ТМ-2500/35 з подальшим зниженням напруги через 2хТМ-1000/10.

Таблиця 2.1 – Характеристики параметрів трансформаторів

Параметр	ТМ-2500	ТМ-1000
Номінальна потужність, кВА	630	1000
Напруга на стороні ВН, кВ	35	10
Напруга на стороні НН, кВ	10	0,4
Напруга короткого замкнення, %	5,5	7
Втрати короткого замкнення, кВт	28	10,8
Струм холостого ходу, %	0,8	0,8
Втрати холостого ходу, кВт	2,8	1,55
Схема и група з'єднання обмоток	Y/Y <sub>n</sub> -0	Y/Y <sub>n</sub> -0
Кількість в роботі, шт.	1	2

## 2.2 Коротка характеристика споживачів електричної енергії цеху

В цеху по виготовленню сирів є відділення для виготовлення сирів та відділення для виготовлення кисломолочної продукції.

Основними споживачами електричної енергії цеху по виготовленню сирів молокозаводу є такі електроприймачі (ЕП):

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

– у відділенні для виготовлення сирів: сировиготовлювач, відділювач сироватки, відцентрові насоси, прес для сиру та солильний басейн;

– у відділенні для виготовлення кисломолочної продукції: сировиготовлювач, відцентрові насоси, резервуар для сироватки та охолоджувач сироватки;

– холодильне обладнання (холодильний агрегат дозрівання сиру, холодильний агрегат солильного відділення та холодильні агрегати камери зберігання кисломолочної продукції);

– компресори (компресори для виробництва холоду та компресори стисненого повітря);

– освітлення;

– вентиляція.

Енергоспоживаюче обладнання цеху по виготовленню сирів наведено в таблиці 2.2. Для кожного споживача наведена їх кількість, встановлена потужність та тривалість роботи.

Таблиця 2.2 - Енергоспоживаюче обладнання цеху по виготовленню сирів

Найменування енергооспоживаючого обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт.	Тривалість роботи, год/добу
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Сировиготовлювач	2	1	13
	1,5	1	22
Насос відцентровий	30	2	8
	2,2	1	4
	3,5	1	5
Холодильний агрегат камери дозрівання сиру	6	2	24
Холодильний агрегат солильного відділення	8	1	24

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Холодильний агрегат камери зберігання кисломолочної продукції	4,5	1	24
	9,5	1	24
	10,5	1	24
Компресор для виробництва холоду	160	2	8
Компресор стисненого повітря	315	1	7
	18,5	1	8
Відділювач сироватки	2,5	1	4
Прес для сиру	3	1	4
Солильний басейн	6	1	18
Резервуар для сироватки	1,5	1	4
Охолоджувач сироватки	5	1	4
Припливний вентилятор	2,2	3	16
Витяжний вентилятор	2,2	2	
Витяжний вентилятор	1,5	2	

Усі електроприймачі розраховані на напругу 380 В, струм змінний трифазний, частотою 50 Гц.

Площа цеху по виготовленню сирів становить: 2867 м<sup>2</sup>.

Загальна кількість ЕП становить 28 шт. ЕП відносяться до II категорії надійності, перерва в електропостачанні яких призводить до значних збитків підприємства, масового браку продукції, розладу складного технологічного процесу, масового недовідпуску продукції, простоїв робочих місць, механізмів і промислового транспорту [1].

Найпотужнішим споживачем електричної енергії є: компресор стисненого повітря номінальною потужністю 315 кВт.

Найменш потужним споживачем є відцентровий насос потужністю 1 кВт.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Все обладнання цеху знаходиться в задовільному технічному стані та придатне для використання за призначенням, відповідає вимогам [1].

### 2.3 Повірений розрахунок навантажень цеху

Розрахунок покажемо на прикладі розрахунку сировиготовлювача с встановленою потужністю 2 кВт.

Знаючи  $\cos\varphi = 0,8$ , знайдемо значення  $\operatorname{tg}\varphi$ :

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi}, \quad (2.1)$$

Тоді за формулою (2.1) маємо:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sqrt{1-0,8^2}}{0,8} = 0,75$$

Розрахуємо сумарну потужність:

$$P_{\Sigma i} = P_{ni} \cdot n, \quad (2.2)$$

де  $P_{ni}$  - потужність одного споживача, кВт;

$n$  - кількість електроприймачів.

Отже, за формулою (2.2) маємо:

$$P_{\Sigma} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ кВт}$$

Розрахуємо проміжну активну потужність:

$$P_{pi} = P_{\Sigma i} \cdot K_{vi}, \quad (2.3)$$

де  $K_{vi}$  - коефіцієнт використання.

За формулою (2.3) маємо:

$$P_{pi} = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ кВт}$$

Розрахуємо проміжну реактивну потужність:

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.4)$$

Тоді за формулою (2.4) будемо мати:

$$Q_{pi} = 1,5 \cdot 0,75 = 1,13 \text{ квар}$$

Аналогічно за формулами (2.1 – 2.4) проводимо розрахунки для інших ЕП і занесемо результати розрахунків у таблицю 2.3.

Серед усіх споживачів знаходимо ЕП з максимальною та мінімальною

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

потужностями і розраховуємо ефективне число споживачів:

$$m = \frac{P_{\text{нmax}}}{P_{\text{нmin}}}, \quad (2.5)$$

Згідно з формулою (2.5) будемо мати:

$$m = \frac{315}{1,5} = 210 > 3,$$

Якщо  $m > 3$ , то будемо мати:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Sigma i}}{P_{\text{нmax}}}, \quad (2.6)$$

Тоді за формулою (2.6) будемо мати:

$$n_e = \frac{2 \cdot (2 + 1,5 + \dots + 4,4 + 3)}{315} = \frac{2 \cdot 799,2}{315} = 5,1$$

Оскільки  $n > n_e$ , тоді приймаємо ефективне число електроприймачів рівним  $n_e$  округленим до цілого в меншу сторону:  $n_e = 5$  шт.

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\Pi i}}{\sum_{i=1}^n P_{\Sigma i}}, \quad (2.7)$$

Підставивши у формулу (2.7) отримаємо:

$$K_g = \frac{(1,5 + 1,05 + \dots + 3,3 + 2,25)}{(2 + 1,5 + \dots + 4,4 + 3)} = \frac{629,5}{799,2} = 0,8$$

Згідно з рисунком А.1 додатку А визначаємо  $K_p = 1$ .

Знаходимо розрахункову активну потужність:

$$P_{p.c} = K_p \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Pi i}, \quad (2.8)$$

За формулою (2.8) будемо мати:

$$P_{p.c} = 1 \cdot (1,5 + 1,05 + \dots + 3,3 + 2,25) = 629,5 \text{ кВт}$$

Оскільки ефективне число електроприймачів  $n_e < 10$ , то знаходимо розрахункову реактивну потужність за формулою:

$$Q_{p.c} = 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\Pi i}, \quad (2.9)$$

Тоді за формулою (2.9) будемо мати:

$$Q_{p.c} = 1,1 \cdot (1,13 + 0,79 + \dots + 2,48 + 1,69) = 1,1 \cdot 625,4 = 688 \text{ квар}$$

Розрахункове повне силове навантаження:

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$S_{p.c} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.10)$$

Підставивши у формулу (2.10) отримаємо:

$$S_{p.c} = \sqrt{629,5^2 + 688^2} = 932,5 \text{ кВА}$$

Занесемо всі результати розрахунків у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Силове навантаження цеху по виготовленню сирів

ЕП	$P_H$	$P_\Sigma$	$K_B$	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	Проміжні потужності		$n$	$n_e$	$K_p$	Розрахункове навантаження		
					$P_{п}$	$Q_{п}$				$P_p$	$Q_p$	$S_p$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сировиготовлювач	2	2	0,75	0,8/0,75	1,5	1,13	1	-	-	-	-	-
	1,5	1,5	0,7	0,8/0,75	1,05	0,79	1	-	-	-	-	-
Насос відцентровий	30	60	0,75	0,8/0,75	45	33,75	2	-	-	-	-	-
	2,2	2,2	0,65	0,8/0,75	1,43	1,07	1	-	-	-	-	-
	3,5	3,5	0,65	0,8/0,75	2,28	1,71	1	-	-	-	-	-
Холодильний агрегат камери дозрівання сиру	6	12	0,45	0,7/1,02	5,4	5,51	2	-	-	-	-	-
Холодильний агрегат соляного відділення	8	8	0,45	0,7/1,02	3,6	3,67	1	-	-	-	-	-
Холодильний агрегат камери зберігання кисломолочної продукції	4,5	4,5	0,4	0,7/1,02	1,8	1,84	1	-	-	-	-	-
	9,5	9,5	0,5	0,7/1,02	4,75	4,85	1	-	-	-	-	-
	10,5	10,5	0,5	0,7/1,02	5,25	5,36	1	-	-	-	-	-
Компресор для виробництва холоду	160	320	0,8	0,7/1,02	256	261,17	2	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 2.3

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Компресор стисненого повітря	315	315	0,8 5	0,7/ 1,02	267, 75	273, 16	1	-	-	-	-	-
	18,5	18,5	0,7	0,7/ 1,02	12,9 5	13,2 1	1	-	-	-	-	-
Відділювач сироватки	2,5	2,5	0,7 5	0,7/ 1,02	1,88	1,91	1	-	-	-	-	-
Прес для сиру	3	3	0,6	0,7/ 1,02	1,8	1,84	1	-	-	-	-	-
Солильний басейн	6	6	0,5 5	0,7/ 1,02	3,3	3,37	1	-	-	-	-	-
Охолоджувач сироватки	5	5	0,4 5	0,7/ 1,02	2,25	2,3	1	-	-	-	-	-
Припливний вентилятор	2,2	6,6	0,8	0,8/ 0,75	5,28	3,96	3	-	-	-	-	-
Витяжний вентилятор	2,2	4,4	0,7 5	0,8/ 0,75	3,3	2,48	2	-	-	-	-	-
Витяжний вентилятор	1,5	3	0,7 5	0,8/ 0,75	2,25	1,69	2	-	-	-	-	-
$\Sigma$	-	799, 2	0,8		629, 5	625, 4	28	5	1	629, 5	68 8	932, 5

#### 2.4 Повітряний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення цеху

В приміщенні цеху по виготовленню сирів встановлено люмінесцентні лампи типу ЛД (ЛБ) - 36 у кількості 144 шт. Довідкові дані:  $\cos\varphi = 0,95$ ,  $\operatorname{tg}\varphi = 0,33$ , коефіцієнт попиту  $K_{\text{п}} = 1$ .

Розраховуємо навантаження на ЩО.

Розрахуємо активну потужність:

$$P_{\text{р.осв}} = K_{\text{п}} \cdot P_{\text{пит}} \cdot n, \quad (2.11)$$

Підставивши у формулу (2.11) отримаємо:

$$P_{\text{р.осв}} = 1 \cdot 0,036 \cdot 162 = 5,83 \text{ кВт}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		28

Розрахуємо реактивну потужність:

$$Q_{p.осв} = P_{p.осв} \cdot tg\varphi_{осв}, \quad (2.12)$$

За формулою (2.12) будемо мати:

$$Q_{p.осв.} = 5,83 \cdot 0,33 = 1,92 \text{ квар}$$

Розрахуємо повне навантаження:

$$S_{p.осв.} = \sqrt{P_{p.осв.}^2 + Q_{p.осв.}^2}, \quad (2.13)$$

Згідно з формулою (2.13) будемо мати:

$$S_{p.осв.} = \sqrt{5,83^2 + 1,92^2} = 6,14 \text{ кВА}$$

Розрахуємо рівень освітленості в цеху по виготовленню сирів. Розрахунок проведемо за допомогою методу світлового потоку [2]. Згідно методу, приймається, що світловий потік у кожному світильнику рівний 1000 Лм. У приміщенні використовуються світильники з люмінесцентними лампами потужністю 36 Вт. Кількість ламп у одному світильнику становить 4 шт., зі світловим потоком 2300 лм, кількість світильників – 36 шт.

Мінімальний рівень освітленості приймається  $E_{min} = 200$  лк [2].

Визначимо світловий потік за формулою:

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot E_{min} \cdot k_3 \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (2.14)$$

де  $E_{min}$  - мінімальний рівень освітленості, лк;

$n$  – кількість ламп, шт.;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$k_3$  – коефіцієнт запасу,  $k_3=1,1$ ;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення.  $z = 1,15$  – для люмінесцентних ламп.

Відомо, що висота стелі приміщення  $H$  становить 6,5 м. Відстань від стелі до світильника  $h_c = 0,2$  м. Висота робочої поверхні  $h_p = 1$  м [2].

Тоді висоту підвісу світильника визначимо за формулою:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (2.15)$$

Тоді за формулою (2.15) будемо мати:

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$h = 6,5 - 1 - 0,2 = 5,3 \text{ м}$$

Індекс приміщення визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)}, \quad (2.16)$$

Тоді, підставивши у формулу (2.16), отримаємо:

$$i = \frac{61 \cdot 47}{5,3 \cdot (61 + 47)} = 5$$

При  $i = 5$  та враховуючи, що стеля приміщення свіжопобілена:  $\rho_{ст} = 70\%$ , стіни мають світло-сірий колір,  $\rho_{ст} = 50\%$ , підлога з дубового паркету,  $\rho_{п} = 30\%$ , визначимо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$ . Згідно з таблицею А.1 додатку А маємо:  $\eta = 67$ .

Визначимо світловий потік за формулою (2.14):

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,1 \cdot 1,15}{144 \cdot 0,67} = \frac{253000}{96,48} = 2622 \text{ лм}$$

Виконаємо перевірку за умовою:

$$\begin{aligned} 0,9 \cdot \Phi_{л} &< \Phi_{св} < 1,2 \cdot \Phi_{л} \\ 0,9 \cdot 2622 &< 2300 < 1,2 \cdot 2622 \\ 2360 &< 2300 < 3147 \end{aligned}$$

Перевірка умови не виконується, отже світловий потік не задовольняє значення для забезпечення нормованої освітленості. Тому потрібно провести заміну ламп на такі, що будуть енергоефективними та забезпечувати нормовану освітленість.

## 2.5 Оцінка завантаженості ТП (ввідних кабельних ліній)

Визначимо сумарну активну потужність цеху по виготовленню сирів:

$$P_{р.ц} = P_{р.с} + P_{р.осв}, \quad (2.17)$$

Тоді, за формулою (2.17) маємо:

$$P_{р.ц} = 629,5 + 5,83 = 635,32 \text{ кВт}$$

Визначимо сумарну реактивну потужність цеху по виготовленню сирів:

$$Q_{р.ц} = Q_{р.с} + Q_{росв}, \quad (2.18)$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді, за формулою (2.18) маємо:

$$Q_{p.ц} = 688 + 1,92 = 689,9 \text{ квар}$$

Визначимо сумарну повну потужність цеху по виготовленню сирів:

$$S_{p.ц} = \sqrt{P_{p.ц}^2 + Q_{p.ц}^2}, \quad (2.19)$$

Тоді, за формулою (2.19) маємо:

$$S_{p.ц} = \sqrt{635,32^2 + 689,9^2} = 937,86 \text{ кВА}$$

Двотрансформаторна підстанція на 2000 кВА живить парову котельню та цех по виготовленню сирів. Відомо, що повне навантаження становить:  $S = 1396 \text{ кВА}$  ( $P = 1075,3 \text{ кВт}$ ,  $Q = 890 \text{ квар}$ ).

Отже, розрахуємо втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta P_{тр} = 0,03 \cdot S, \quad (2.20)$$

Тоді за формулою (2.20) маємо:

$$\Delta P_{тр} = 0,03 \cdot 1396 = 41,9 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S, \quad (2.21)$$

Підставивши у формулу (2.21) отримаємо:

$$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot 1396 = 139,6 \text{ квар}$$

Тоді, з урахуванням втрат в трансформаторі будемо мати:

$$P_p = P + \Delta P_{тр}, \quad (2.22)$$

Тоді, за формулою (2.22) маємо:

$$P_p = 1075,3 + 41,9 = 1117,2 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q + \Delta Q_{тр}, \quad (2.23)$$

Тоді, за формулою (2.23) маємо:

$$Q_p = 890 + 139,6 = 1029,5 \text{ квар}$$

Визначимо повне навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.24)$$

Тоді, за формулою (2.24) маємо:

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p = \sqrt{1117,2^2 + 1029,5^2} = 1519,2 \text{ кВА}$$

Розрахункова потужність двох трансформаторів буде становити:

$$S_{т.р} = \frac{S_p}{\beta}, \quad (2.25)$$

Тоді, за формулою (2.25) маємо:

$$S_{т.р} = \frac{1519,2}{0,8} = 1899 \text{ кВА}$$

де  $\beta$  - коефіцієнт завантаження, який становить 0,8.

З початкових даних відомо, що встановлено 2 трансформатори ТМ – 1000.

Оскільки,  $S_n > S_{т.р}$ ,  $2000 > 1899$  кВА, тому трансформатори обраної номінальної потужності можна використовувати для даних об'єктів.

Виконаємо перевірку кабелів.

Перевірку кабелю від РП до ТП здійснюємо за розрахунковим струмом:

$$I_p = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.26)$$

За формулою (2.26) маємо:

$$I_p = \frac{1519,2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 87,7 \text{ А}$$

Наявний кабель марки АПвП 3х35,  $I_{доп} = 119 \text{ А}$ ,  $r_0 = 0,868 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ,  $x_0 = 0,095 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$  [3].

Перевіряємо кабель від ТП до цеху по виготовленню сирів за розрахунковим струмом, знайденим за формулою (2.26):

$$I_p = \frac{937,86}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1425 \text{ А}$$

Наявні 4 кабелі марки АПвП 3х185,  $I_{доп} = 294 \text{ А}$ ,  $r_0 = 0,164 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ,  $x_0 = 0,077 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$  [3].

Зробимо перевірку:

$$I_{доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \geq I_p, \quad (2.27)$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

де  $K_1, K_2, K_3$  - поправні коефіцієнти, що залежать від температури землі та повітря  $K_1$ , від кількості кабелів, прокладених в одній траншеї або одному кабельному каналі  $K_2$ , коефіцієнт допустимого перевантаження  $K_3$ .  $K_1 = 1$ , при температурі  $+15\text{ C}^\circ$ ,  $K_2 = 1$ ,  $K_3 = 1,3$  [3].

За формулою (2.27) маємо:

$$1176 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 > 1495 \text{ A}$$

$$1529 > 1495 \text{ A}$$

## 2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта

На підприємстві наявна компенсація реактивної потужності. Компенсація реактивної потужності здійснюється конденсаторними установками на 450 квар, підключеними на шини 0,4` кВ ТП.

Підприємством надане погодинне споживання активної та реактивної енергії, яке представлено в таблиці 2.4. Добовий графік активного та реактивного електричного навантаження за 20 червня 2020 р. зображений на рисунку 2.2.

Таблиця 2.4 – Погодинне споживання активної та реактивної енергії

Година	$P$ , кВт	$Q$ , квар
1	2	3
1	915,75	323,75
2	878,75	314,5
3	860,25	291,375
4	823,25	300,625
5	777	300,625
6	758,5	291,375
7	878,75	309,875
8	869,5	300,625
9	962	374,625
10	1008,25	388,5
11	925	360,75

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
12	980,5	351,5
13	999	388,5
14	971,25	383,875
15	980,5	365,375
16	989,75	379,25
17	925	333
18	906,5	323,75
18	906,5	323,75
19	878,75	314,5
20	851	305,25
21	730,75	279,35
22	753,875	282,125
23	841,75	286,75
24	777	277,5

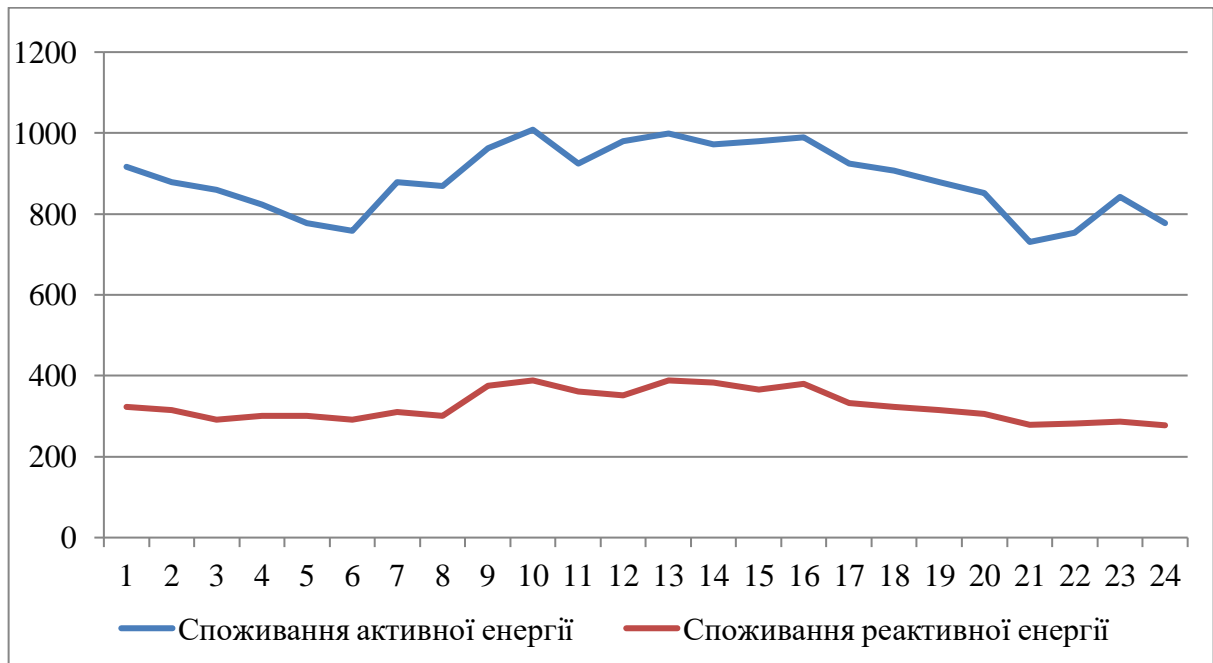


Рисунок 2.2 – Добовий графік активного та реактивного електричного навантаження за 20 червня 2020 р.

## 2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії цеху у аналітичній формі

За допомогою балансу споживання електричної енергії можна виявити, які саме споживачі є найбільш енергоємними. Щоб з огляду на це обрати першочергові заходи з енергозбереження. Складемо баланс споживання електроенергії цеху по виготовленню сирів за 2020 рік.

Загальне споживання електричної енергії розраховується за формулою:

$$W_i = P_{\text{вст.}i} \cdot n \cdot k_{\text{в.}i} \cdot T_{\text{роб.}i} \quad (2.28)$$

де  $P_{\text{вст.}i}$  - встановлена потужність обладнання, кВт;

$n$  - кількість обладнання, шт;

$k_{\text{в.}i}$  - коефіцієнт використання;

$T_{\text{роб.}i}$  - тривалість роботи відповідного обладнання за рік.

Згідно з формулою (2.28) розрахуємо загальне споживання електричної енергії для всього обладнання і результати розрахунків занесемо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Електричний баланс цеху по виготовленню сирів

Найменування обладнання	Встановл. потужн. одиниці обладнання, кВт	Кіль-сть одиниць обладнання, шт.	Загальна встан. потужність, кВт	$K_{\text{в}}$	Тривалість роботи, год/рік	Загальне електросп., $W$ , кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Насосне обладнання						
Насос відцентровий	30	2	60	0,75	2 008	90360
	2,2	1	2,2	0,65	1 004	1435,7
	3,5	1	3,5	0,65	1 255	2855,1
Всього	-	-	-	-	-	94650,8
Холодильне обладнання						
Холодильний агрегат камери дозрівання сиру	6	2	12	0,45	6 024	32529,6
Холодильний агрегат соляного відділення	8	1	8	0,45	6 024	21686,4

## Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Холодильний агрегат камери зберігання кисломолочної продукції	4,5	1	4,5	0,4	6 024	10843,2
Холодильний агрегат камери зберігання кисломолочної продукції	9,5	1	9,5	0,5	6 024	28614
Холодильний агрегат камери зберігання кисломолочної продукції	10,5	1	10,5	0,5	6 024	31626
Всього	-	-	-	-	-	125299,2
Компресорне обладнання						
Компресор для виробництва холоду	160	2	320	0,8	2 008	514048
Компресор стисненого повітря	315	1	315	0,85	1 757	470436,8
	18,5	1	18,5	0,7	2 008	26003,6
Всього	-	-	-	-	-	1010488,4
Інше технологічне обладнання						
Сировиготовлювач	2	1	2	0,75	3 263	4894,5
	1,5	1	1,5	0,7	5 522	5798,1
Відділювач сироватки	2,5	1	2,5	0,75	1 004	1882,5
Прес для сиру	3	1	3	0,6	1 004	1807,2
Солильний басейн	6	1	6	0,55	4518	14909,4
Резервуар для сироватки	1,5	1	1,5	0,45	1 004	677,7
Охолоджувач сироватки	5	1	5	0,45	1 004	2259
Всього	-	-	-	-	-	32228,4
Освітлення						
ЛД (ЛБ) - 36	0,036	144	5,2	1,1	4 769	27194,7
Вентиляція						
Припливний вентилятор	2,2	3	6,6	0,8	4 016	21204,5
Витяжний вентилятор	2,2	2	4,4	0,75	4 016	13252,8
Витяжний вентилятор	1,5	2	3	0,75	4 016	9036
Всього	-	-	-	-	-	43493,3

На рисунку 2.3 представлено електричний баланс цеху по виготовленню сирів у вигляді кругової діаграми.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

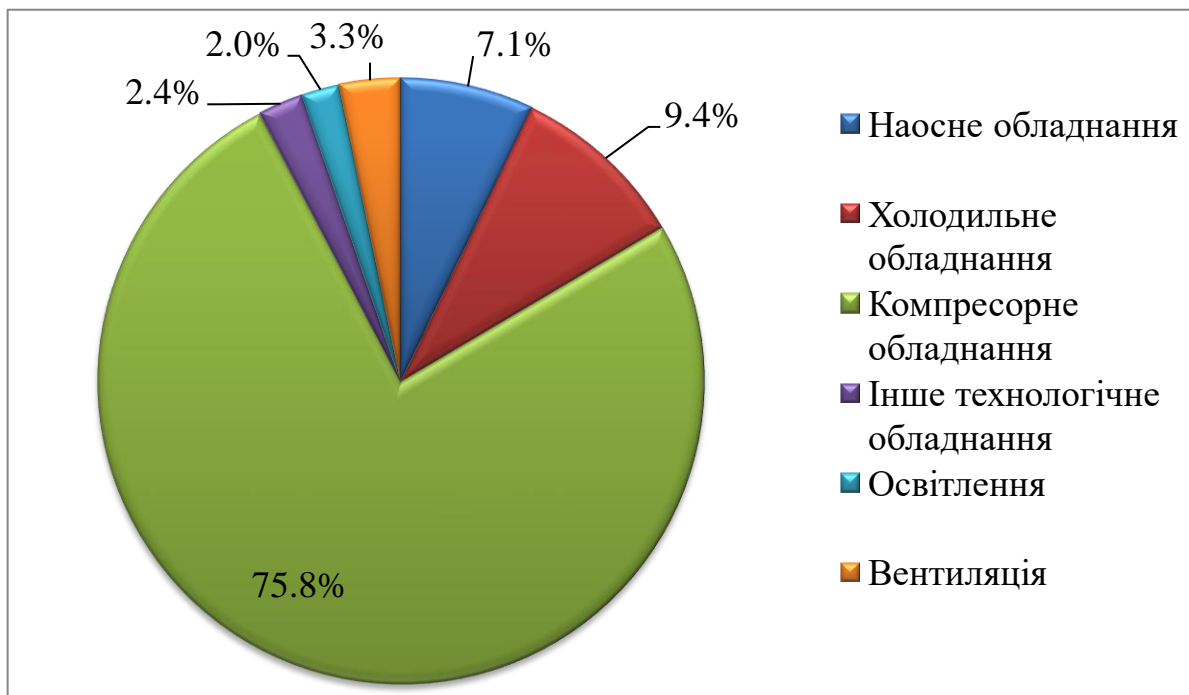


Рисунок 2.3 – Електричний баланс цеху по виготовленню сирів

З балансу видно, що найбільшу частку споживання цеху становить компресорне обладнання, отже його можна вважати суттєвим споживачем електричної енергії цеху по виготовленню сирів.

## 2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

Облік електроенергії по стороні 35 кВ.

В кінці 2020 року було здійснене перенесення точки обліку з сторони 10 кВ (2 клас) на сторону 35 кВ (1 клас), чим досягнуте фактичне зниження вартості електроенергії на 23% (з врахуванням вартості втрат).

## 2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

### 2.9.1 Заміна внутрішнього освітлення цеху

В цеху по виготовленню сирів встановлено люмінесцентні лампи типу

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		37

ЛД(ЛБ) - 36 у кількості 144 шт., світловий потік яких не задовольняє нормовану освітленість. Тому пропонується провести заміну даних ламп на LED лампи без заміни світильників. Характеристики ламп типу ЛД (ЛБ) – 36 наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристика ламп типу ЛД(ЛБ) - 36

Тип лампи	Кількість, шт.	Номинальна потужність, кВт	Цоколь	Номинальний світловий потік, лм	Час роботи, год
ЛД(ЛБ)-36	144	0,036	G13	2300	12 000

Для заміни зазначених ламп на LED джерела доцільно із збереженням світильників незначною мірою переобладнати електричну схему без заміни самого світильника, чим зменшуються витрати при модернізації. Характеристики нових ламп зазначено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Характеристики LED ламп типу V-Тас Samsung Chip

Тип лампи	Кількість, шт.	Номинальна потужність, кВт	Цоколь	Номинальний світловий потік, лм	Час роботи, год
LED V-Тас Samsung Chip	144	0,022	G13	3000	40 000

Час роботи ламп становить 19 годин на добу. Тобто за рік час роботи складе 4 769 годин.

Споживання старими лампами становило:  $W_{ЛД} = 27194,7$  кВт · год/рік (згідно з табл. 2.5).

Розрахуємо споживання електроенергії новими лампами:

Підставивши у формулу (2.28), отримаємо:

$$W_{LED} = 0,022 \cdot 144 \cdot 1 \cdot 4769 = 15108,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Отже, річна економія буде становити:

$$W = W_{ЛД} - W_{LED}, \quad (2.29)$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з формулою (2.29), отримаємо:

$$W = 27194,7 - 15108,2 = 12086,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Оскільки тариф на електроенергію становить 3,9 грн/кВт·год, тоді річна економія в грошовому еквіваленті буде складати:

$$E = W \cdot b, \quad (2.30)$$

де  $b$  –тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Згідно з формулою (2.30), отримаємо:

$$E = 12086,6 \cdot 3,9 = 47137,6 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість LED ламп типу V-Tac Samsung Chip потужністю 22 Вт у кількості 144 шт. становить 44016 грн (<https://www.ledoutlet.com.ua/ua/led-lampi-dnjevnoho-svjeta/t8-22w-3000lm-150sm-led-lampa-v-tac-samsung-chip-garant-ja-5-rok-v-njejtralnje-b-lje-sv-tlo-4000k-85882>).

Витрати на введення в експлуатацію становлять 2500 грн.

Отже, загальні витрати на введення в експлуатацію даного заходу будуть становити:  $V = 46516$  грн.

Витрати на експлуатацію даного обладнання становлять: 4 016 грн. кожен рік. Ставка дисконту Національного банку України становить 7,5% [4]. Термін експлуатації LED ламп типу V-Tac Samsung Chip, враховуючи дні та час роботи на підприємстві молочної галузі складе близько 8 років.

Всі розрахунки проводились за допомогою Microsoft Excel і наведені в таблиці 2.8 разом з усіма необхідними вихідними даними, зазначеними вище.

Для того, аби розрахувати простий термін окупності, спочатку рахуємо грошовий потік як різницю капітальних, експлуатаційних витрат, а також економії. Кумулятивний грошовий потік визначений як грошовий потік  $n$ -ого року + кумулятивний грошовий потік  $n-1$ -ого року.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Таблиця 2.8 - Результати розрахунків, для визначення простого терміну окупності

Термін експлуатації обладнання	Капітальні витрати, грн	Експлуатаційні витрати, грн	Економія, грн	Грошовий потік, грн	Кумулятивний грошовий потік, грн
0	46516	0	0	-46516	-46516
1	-	4401,6	47137,6	42736	-3780
2	-	4401,6	47137,6	42736	38956
3	-	4401,6	47137,6	42736	81692
4	-	4401,6	47137,6	42736	124428
5	-	4401,6	47137,6	42736	167164
6	-	4401,6	47137,6	42736	209900
7	-	4401,6	47137,6	42736	252636
8	-	4401,6	47137,6	42736	295372

Простий термін окупності буде розраховуватися як:

$$T_{\text{ок}} = \frac{3780 \cdot 12}{42736} = 1 \text{ рік } 1 \text{ місяць}$$

Аналогічний розрахунок проведемо з врахуванням ставки дисконту, що становить 7,5 % [4]. Всі відповідні результати занесені до таблиці 2.9.

Визначення коефіцієнту дисконту здійснюється за формулою:

$$\text{Коефіцієнт дисконту} = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{\text{ставка диск.}}{100}\right)\right)^{\text{рік}}} \quad (2.31)$$

Дисконтований грошовий потік = коефіцієнт дисконту \* грошовий потік. Кумулятивний дисконтований грошовий потік визначається аналогічно до звичайного.

Дисконтований термін окупності буде розраховуватися як:

$$T_{\text{дис ок}} = \frac{6762 \cdot 12}{36981} = 1 \text{ рік } 2 \text{ місяці}$$

Таблиця 2.9 - Результати розрахунків, для визначення дисконтованого терміну окупності

Термін експлуатації обладнання	Капіт. витрати, грн	Експлуатаційні витрати, грн	Економія, грн	Грошовий потік, грн	Коеф. диск. (7,5%)	Дисконтований грошовий потік	Кумулятивний грошовий потік, грн.
0	46516	0	0	-46516	1	-46516	-46516
1	-	4401,6	47137,6	42736	0,93	39754	-6762
2	-	4401,6	47137,6	42736	0,87	36981	30219
3	-	4401,6	47137,6	42736	0,8	34401	64620
4	-	4401,6	47137,6	42736	0,75	32001	96621
5	-	4401,6	47137,6	42736	0,7	29768	126389
6	-	4401,6	47137,6	42736	0,65	27691	154080
7	-	4401,6	47137,6	42736	0,6	25759	179840
8	-	4401,6	47137,6	42736	0,56	23962	203802
<i>NPV = 203802</i>							

Розрахуємо чисту приведену вартість проєкта, як :

$$NPV = \sum \text{Диск. грош. потік} = -46516 + \dots + 23962 = 203802 \text{ грн}$$

Отже, після 8 років експлуатації зазначеного обладнання, буде отримано прибуток в розмірі 203 802 грн.

Отже, індекс прибутковості (IP) буде становити:

$$IP = \frac{203802}{46516} = 4,4$$

Для розрахунку внутрішньої норми прибутку задамося ставкою дисконту, при якій NPV буде від'ємним. Такою ставкою буде 92 %, при якій NPV = - 315,36 грн. Всі розрахунки представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Результати розрахунків, для визначення внутрішньої норми рентабельності

Термін експлуатації обладнання	Капітальні витрати, грн	Експлуатаційні витрати, грн	Економія, грн	Грошовий потік (cash flow), грн	Коеф диск. (92%)	Дисконтований грошовий потік
0	46516	0	0	-46516	1	-46516
1	-	4401,6	47137,6	42736	0,52	22258
2	-	4401,6	47137,6	42736	0,27	11593
3	-	4401,6	47137,6	42736	0,14	6038
4	-	4401,6	47137,6	42736	0,07	3145
5	-	4401,6	47137,6	42736	0,04	1638
6	-	4401,6	47137,6	42736	0,02	853
7	-	4401,6	47137,6	42736	0,01	444
8	-	4401,6	47137,6	42736	0,01	231
					NPV = - 315,4	

$$IRR = A + \frac{a(B - A)}{(a - b)}, \quad (2.32)$$

де  $A = 7,5\%$  - ставка дисконту, при якій NPV додатне;

$B = 92\%$  - ставка дисконту, при якій NPV від'ємне;

$a = 203802$  грн – значення додатного NPV, при ставці дисконту  $A$ ;

$b = -315,4$  грн – значення від'ємного NPV, при ставці дисконту  $B$ ;

Отже, підставивши у формулу (2.32) будемо мати:

$$IRR = 7,5 + \frac{203802 \cdot (92 - 7,5)}{(203802 - (-315,4))} = 91,87\%$$

Висновок: оскільки,  $IRR = 91,87\% > 7,5\%$ , запропонований захід є однозначно прибутковим.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

## 2.9.2 Впровадження АСЕМ

Обладнання системою енергомоніторингу не знизить само по собі рівень енергоспоживання, але змінить дисципліну споживання і дозволить контролювати і стимулювати даний процес.

Електрична схема модернізована у зв'язку з модернізацією точки комерційного обліку і перенесенням її на рівень 35 кВ трансформатора ТМ-2500/35. Але існуюча схема тех. обліку по стороні 0,4 кВ потребує модернізації точок обліку з можливістю телепередачі даних. Таким чином електрична схема по 0,4 кВ з основними споживачами, що потребують технічного обліку складе відповідно до схеми РУ-0,4 кВ – 8 точок технічного обліку споживачів електроенергії.

Для підвищення ефективності управління енергоспоживанням пропонується впровадження автоматизованої системи енергомоніторингу (АСЕМ), що забезпечить оперативне отримання даних про енергоспоживання та параметри мікроклімату безпосередньо від вузлів обліку енергоресурсів та давачів. Даний захід підвищує ефективність моніторингу (дані надходять в режимі реального часу) та дозволяє: відслідковувати споживання енергоресурсів; контролювати умови мікроклімату в середині приміщень; формувати звітні відомості по споживанню енергоресурсів; в автоматичному режимі виявляти випадки перевитрат та нештатних ситуацій; підвищити точність управління режимами енергоспоживання. Структурну схему АСЕМ зазначено на рисунку А.2 додатку А.

Річна економія буде становити приблизно 2% від споживання енергоресурсів. Тоді економія електроенергії буде становити:  $\Delta W = 27000$  кВт год/рік.

За формулою (2.30) будемо мати:

$$E = 27000 \cdot 3,9 = 105300 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість системи становить приблизно 150000 грн.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Вартість введення в експлуатацію системи становить 30000 грн.

Витрати на обслуговування системи та додаткові витрати (оплата за послуги енергоменеджера та інші витрати) складають 45000 грн.

Отже, загальні капітальні витрати складають:  $B = 225000$  грн.

Простий термін окупності буде розраховуватися за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E}, \quad (2.33)$$

Підставимо значення за формулою (2.33):

$$T_{\text{ок}} = \frac{225000}{105300} = 2 \text{ роки } 2 \text{ місяці}$$

Отже, даний захід дає економію електроенергії 27000 кВт·год/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 105300 грн/рік.

### 2.9.3 Оптимізація системи охолодження компресорних установок

Джерелом повітропостачання підприємства є центральна компресорна станція з повітряними компресорами. На даний час у зв'язку із зниженням потреби виробництва в стисненому повітрі працює один компресор, зазвичай це ВП-50/8, для охолодження якого необхідно 6 м<sup>3</sup>/год води. Система охолодження компресорної станції розрахована на загальну витрату охолоджувальної води 60 м<sup>3</sup>/год і складається з двох контурів: I контур – витратна місткість

– насос типу 6К8 з потужністю електропривода 17 кВт, продуктивністю 60 м<sup>3</sup>/год – компресор – накопичувальний резервуар місткістю 25 м<sup>3</sup>;

II контур накопичувальний резервуар – насос типу 6К8 – бризкаючий басейн – витратна місткість. Цикл роботи насосу I контуру – безперервний протягом 7 годин на добу; насосу II контуру – включення в роботу на 15 хв. для спорожнення накопичувальної місткості через кожні 40 хв.

Пропонується привести параметри насосу I контуру у відповідність з реальною потребою компресорної станції, для чого встановити насос типу 6К18 з параметрами: максимальна продуктивність  $G = 6$  м<sup>3</sup>/год, потужність

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

електропривода  $P = 7$  кВт, що дозволить знизити витрату електроенергії на потреби охолодження компресорної станції насосами I і II контуру.

Насос I контуру заповнює накопичувальний резервуар  $V = 25$  м<sup>3</sup> за 40 хв. За характеристикою насосу типу 6К8 знаходимо, що насос споживає  $P_1 = 12,7$  кВт при продуктивності  $G_1 = 37,5$  м<sup>3</sup>/год [5].

Споживання електроенергії насосом типу 6К8 I контуру:

$$W_1 = P_1 \cdot t_1 \cdot n, \quad (2.34)$$

Згідно з формулою (2.34), отримаємо:

$$W_1 = 12,7 \cdot 7 \cdot 251 = 22\,313,9 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $P_1$  – потужність, споживана насосом за  $G_1 = 37,5$  м<sup>3</sup>/год, кВт;

$t_1$  – тривалість роботи насосу за добу, годин;

$n$  – кількість робочих днів у році, днів.

Споживання електроенергії насосом типу 6К18 I контуру згідно з формулою (2.34):

$$W_2 = 0,7 \cdot 7 \cdot 251 = 1229,9 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $P_2$  – потужність, споживана насосом за  $G_2 = 6$  м<sup>3</sup>/год, кВт.

Споживання електроенергії насосом типу 6К8 II контуру, якщо в I контурі працює насос типу 6К8 згідно з формулою (2.34):

$$W_3 = 17 \cdot 2,63 \cdot 251 = 11\,200,9 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $P_3$  – потужність, споживана насосом за  $G_3 = 100$  м<sup>3</sup>/год, кВт;

$t_2$  – тривалість роботи насосу на добу (годин), яка визначена наступним чином.

Кількість води, що подається в резервуар:

$$Q_i = G_i \cdot t_i, \quad (2.35)$$

Згідно з формулою (2.35), отримаємо:

$$Q_1 = 37,5 \cdot 7 = 262,5 \text{ м}^3$$

Кількість 15 хвилинних циклів насосу II контура:

$$\frac{262,5}{25} = 10,5 \text{ циклів}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		45

Тривалість роботи насосу:

$$10,5 \cdot 0,25 = 2,63 \text{ год}$$

Споживання електроенергії насосом типу 6К8 II контуру, якщо в I контурі працює насос типу 6К18 згідно з формулою (2.34):

$$W_4 = 17 \cdot 0,42 \cdot 251 = 1792,14 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $t_3$  – тривалість роботи насосу на добу (годин), яка визначена наступним чином.

Кількість води, що попадає у контур згідно з формулою (2.35):

$$Q_2 = 6 \cdot 7 = 42 \text{ м}^3$$

Кількість 15 хвилинних циклів насосу II контура:

$$\frac{42}{25} = 1,7 \text{ циклів}$$

Тривалість роботи насосу:

$$1,7 \cdot 0,25 = 0,42 \text{ год}$$

Загальна економія електроенергії буде становити:

$$\Delta W = W_1 + W_3 - W_2 - W_4, \quad (2.36)$$

Згідно з формулою (2.36), отримаємо:

$$\Delta W = 22\,313,9 + 11\,200,9 - 1229,9 - 1792,14 = 30\,492,74 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Оскільки тариф на електроенергію становить 3,9 грн/кВт·год, тоді річна економія в грошовому еквіваленті за формулою (2.30) буде складати:

$$E = 30\,492,74 \cdot 3,9 = 118921,7 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капітальні вкладення.

Вартість насосу типу 6К18 становить орієнтовно 80000 грн.

Вартість додаткових матеріалів становить приблизно 20000 грн.

Витрати на монтаж становлять приблизно: 20000 грн.

Отже, загальні витрати на введення в експлуатацію будуть складати: 120000 грн.

Простий термін окупності за формулою (2.33) буде становити :

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{120000}{118921,7} = 1 \text{ рік}$$

Отже, даний захід дає економію електроенергії 30493 кВт·год/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 118922 грн/рік.

## Висновки до розділу 2

З рисунку 2.3 виявлено, що найбільшу частку споживання електроенергії цеху складає компресорне обладнання, тому в подальшому було розглянуто один із заходів з енергоефективності саме для цього обладнання.

В даному розділі також було розглянути такі заходи з енергоефективності, як: заміна внутрішнього освітлення цеху, впровадження автоматизованої системи моніторингу, а також оптимізація системи охолодження компресорних установок. В таблиці 2.11 наведено перелічені заходи.

Також для одного з заходів, а саме для заміни внутрішнього освітлення цеху були розраховані усі економічні показники.

Таблиця 2.11 – Заходи з енергоефективності для цеху по виготовленню сирів

Найменування заходу	Капіталовкладення, грн	Економія енергії, кВт·год/рік	Економія, грн/рік	Простий термін окупності
Заміна внутрішнього освітлення цеху	46 516	12 087	47 138	1 рік 1 місяць
Впровадження АСЕМ	225 000	27 000	105 300	2 роки 2 місяці
Оптимізація системи охолодження компресорних установок	120 000	30 493	118 922	1 рік

### 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

#### 3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз

Зазначимо схему теплопостачання об'єкта на рисунку 3.1.

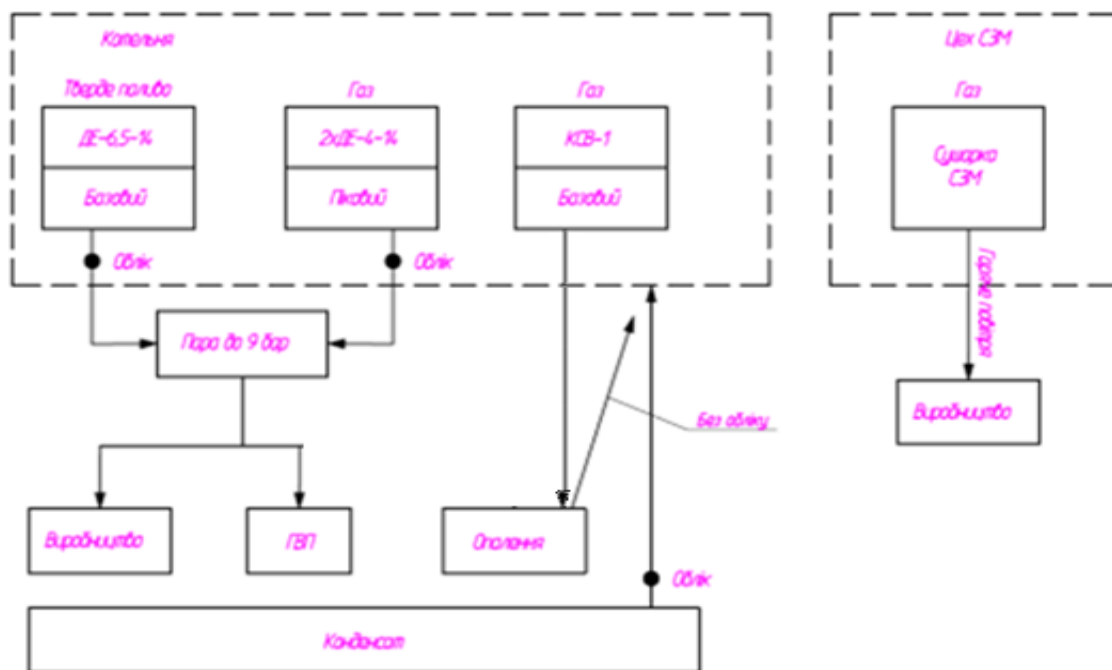


Рисунок 3.1 – Система теплопостачання молокозаводу

Теплопостачання підприємства здійснюється від власної котельні, оснащеної паровими котлами, характеристики яких приведені в таблиці 3.1. Пара від котлів використовується на власні та технологічні потреби підприємства.

Кожен котел оснащений вентиляторами марки ВДН10у та димососами – ДН10у. Котли укомплектовані економайзерами, для підігріву живильної води. Забезпечують підготовку живильної води деаератор та двоступенева На-катіонова хімводоочистка. Живильними насосами Грюгфос CR 32-

НТУУ.001.7209.081 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Поплигіна В.С.			
Перевір.	Виноградов-Салтиков В.О.			
Реценз.				
Н. Контр.	Прокопенко І.Д.			
Затвер.				
Аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті			Літ	Аркуш
			48	28
ІЕЕ, гр. ОН-72				

12 HQQE – 3 шт. вода подається до котлоагрегатів. На 2020 рік повернення конденсату відбувається на рівні 40-60%.

Молокозавод використовує природний газ для роботи теплогенеруючого обладнання, розташованого на території підприємства.

Природний газ поступає на підприємство з міської мережі, пониження тиску відбувається в газорозподільному пункті. Система обліку природного газу приладна. Перелік та основні характеристики обладнання, що використовує природний газ наведені в таблиці 3.1. А також, наведемо фотографії деяких котлів нижче, на рисунках 3.2 – 3.4.

Водопостачання підприємства молочної галузі здійснюється від існуючого водопроводу та свердловин. Дана вода використовується для виробничих та побутових потреб. Вода із системи розподіляється по споживачах. Каналізаційні стоки відводяться в існуючу міську каналізаційну мережу.

Таблиця 3.1 – Паливоспоживаюче обладнання

Назва	Рік випуску	Потужність, Гкал/год (т/год)	Нормативна (паспортна) витрата палива, кг у.п./Гкал	ККД, брутто %	Тепло-носій	Кількість, шт.	Місце розміщення
Паровий котел ДЕ-6,5-14	2016	5,5 (6,5)	168	85	Пара	1	Котельня
Паровий котел ДЕ-4-14	1995	3 (4)	159	92	Пара	2	Котельня
Водогрійний котел КСВ-1	2005	1 (-)	162	90	вода	1	Котельня
Теплогенератор сушарки TVA 1800-200	2009	1(-)	151	92-94	гаряче повітря	1	Цех СЗМ
Газові водогрійні котли							
Маяк 50 кВт	2005	0,043	159	90	вода	1	Склад



Рисунок 3.2 - Твердопаливний котел ДЕ-6,5-14



Рисунок 3.3 - Котел КСВ-1 водогрійний газовий 1 МВт

Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата

НТУУ.001.7209.081 ПЗ

Арк.

50

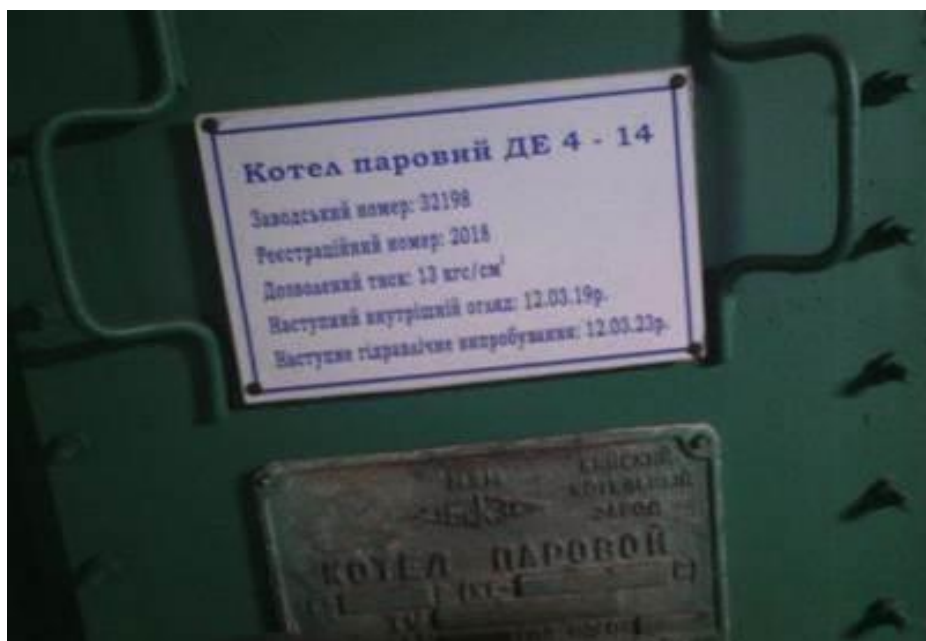


Рисунок 3.4 - Котел ДЕ 4-14 паровий газовий, діючий, в наявності 2 шт

### 3.2 Обстеження огорожувальних конструкцій та розрахунок коефіцієнтів теплопередач

*Розглянемо непрозорі огорожувальні конструкції.*

Склад стін цеху по виготовленню сирів:

- розчин цементно-піщаний;
- подвійна кладка білої силікатної цегли;
- штукатурка.

Розрахуємо сумарний термічний опір стін та порівняємо з нормативним значенням в I температурній зоні (для Київської області):

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (3.1)$$

де  $\delta_1$  – товщина розчину цементно-піщаного,  $\delta_1 = 0,03$  м;

$\lambda_1$  - теплопровідність розчину цементно-піщаного,  $\lambda_1 = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;

$\delta_2$  - товщина подвійної кладки білої силікатної цегли,  $\delta_2 = 0,51$  м;

$\lambda_2$  - теплопровідність подвійної кладки білої силікатної цегли,  $\lambda_2 = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;

$\delta_3$  - товщина штукатурки,  $\delta_3 = 0,03$  м;

						НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата			51

$\lambda_3$  - теплопровідність штукатурки,  $\lambda_3 = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;

$\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони,  $\alpha_1 = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ ;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони,  $\alpha_2 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ .

Підставивши у формулу (3.1) будемо мати:

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,03}{0,87} + \frac{1}{23} = 0,82 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Для I зони, значення мінімального термічного опору для стін за [6] становить:

$$R_{q\min} = 2,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Порівнявши розраховане значення сумарного термічного опору стін зі значенням мінімального термічного опору, будемо мати:

$$R_{q\min} > R_c$$

Отже, значення розрахованого сумарного термічного опору не відповідає мінімальному значенню, тому в подальшому потрібно зробити утеплення стін.

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі стін за формулою:

$$k_c = \frac{1}{R_i}, \quad (3.2)$$

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_c = \frac{1}{0,82} = 1,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

*Розглянемо світлопрозорі огорожувальні конструкції.*

У цеху по виготовленню сирів наявні дерев'яні вікна з подвійним

заскленням. Відстань між склом становить:  $\delta_{\text{пз}} = 0,2$  м.

Тоді розрахуємо термічний опір вікон:

$$R_B = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{2\delta}{\lambda} + \frac{\delta_{\text{пз}}}{\lambda_{\text{пз}}} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (3.3)$$

де  $\delta$  - товщина одного скла,  $\delta = 0,004$  м;

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$\lambda$  - теплопровідність скла,  $\lambda = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$  ;

$\lambda_{\text{пз}}$  - теплопровідність повітряного зазору,  $\lambda_{\text{пз}} = 3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;

Тоді за формулою (3.3) будемо мати:

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,004}{0,76} + \frac{0,2}{3} + \frac{1}{23} = 0,24 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Для І зони (для Київської області), значення мінімального термічного опору для вікон за [6] становить:

$$R_{\text{qmin}} = 0,45 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Порівнявши розраховане значення сумарного термічного опору зі значенням мінімального термічного опору, будемо мати:

$$R_{\text{qmin}} > R_{\text{в}}$$

Отже, значення розрахованого сумарного термічного опору вікон не відповідає мінімальному значенню, тому в подальшому потрібно буде зробити заміну вікон.

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_{\text{в}} = \frac{1}{0,24} = 4,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

*Розглянемо дверні конструкції.*

Вхідні ворота в цех по виготовленню сирів - металеві,  $\delta = 0,07$  м.

Термічний опір дверей розрахуємо за формулою (3.1) будемо мати:

$$R_{\text{дв}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,07}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,57 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

де  $\delta_1$  – товщина воріт,  $\delta_1 = 0,07$  м;

$\lambda_1$ - теплопровідність металу алюмінію,  $\lambda_1 = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ .

Для І зони (для Київської області), значення мінімального термічного опору для дверей за [6] становить:

$$R_{\text{qmin}} = 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		53

Порівнявши розраховане значення сумарного термічного опору зі значенням мінімального термічного опору, будемо мати:

$$R_{q\min} > R_d$$

Отже, значення термічного опору дверей не відповідає нормованому.

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_{дв} = \frac{1}{0,57} = 1,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

*Розглянемо підлогу.*

Склад підлоги цеху по виготовленню сирів:

- бетон на щебені;
- керамзит;
- цементно-шлаковий розчин;
- плитка.

Тоді за формулою (3.1) будемо мати:

$$R_{п} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,3} + \frac{0,07}{0,075} + \frac{0,03}{0,35} + \frac{0,01}{0,64} + \frac{1}{6} = 1,47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

де  $\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони,  $\alpha_2 = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_1$  – товщина бетону,  $\delta_1 = 0,2$  м

$\lambda_1$ - теплопровідність бетону,  $\lambda_1 = 1,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_2$  – товщина керамзиту,  $\delta_2 = 0,07$  м

$\lambda_2$ - теплопровідність керамзиту,  $\lambda_2 = 0,075 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_3$  – товщина цементно-шлакового розчину,  $\delta_3 = 0,03$  м

$\lambda_3$ - теплопровідність цементно-шлакового розчину,  $\lambda_3 = 0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_4$  – товщина плитки,  $\delta_4 = 0,01$  м

$\lambda_4$ - теплопровідність плитки,  $\lambda_4 = 0,64 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

Для І зони (для Київської області), значення мінімального термічного опору для підлоги за [6] становить:

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		54

$$R_{qmin} = 2,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Порівнявши розраховане значення сумарного термічного опору зі значенням мінімального термічного опору, будемо мати:

$$R_{qmin} > R_{п}$$

Отже, значення розрахованого сумарного термічного опору підлоги не відповідає мінімальному значенню.

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_{п} = \frac{1}{1,47} = 0,68 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

*Розглянемо дах.*

Склад даху цеху по виготовленню сирів:

- залізобетонні плити;
- керамзитовий утеплювач;
- розчин цементно-піщаний;
- 2 шари руберойду;
- шар бітуму.

За формулою (3.1) будемо мати:

$$R_{д} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,15}{0,11} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{2 \cdot 0,01}{0,17} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{1}{6} = 2,09 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

де  $\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони,  $\alpha_1 = 7,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони,  $\alpha_2 = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

де  $\delta_1$  – товщина залізобетонних плит,  $\delta_1 = 0,22$  м;

$\lambda_1$  - теплопровідність залізобетонних плит,  $\lambda_1 = 1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_2$  - товщина керамзитового утеплювача,  $\delta_2 = 0,15$  м;

$\lambda_2$  - теплопровідність керамзитового утеплювача,  $\lambda_2 = 0,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_3$  - товщина розчину цементно-піщаного,  $\delta_3 = 0,05$  м;

$\lambda_3$  - теплопровідність розчину цементно-піщаного,  $\lambda_3 = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$\delta_4$  – товщина шару руберойду,  $\delta_4 = 0,01$  м;

$\lambda_4$ - теплопровідність шару руберойду,  $\lambda_4 = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;

$\delta_5$  - товщина шару бітуму,  $\delta_5 = 0,01$  м;

$\lambda_5$ - теплопровідність шару бітуму,  $\lambda_5 = 0,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ .

Для І зони (для Київської області), значення мінімального термічного опору для даху за [6] становить:

$$R_{q\min} = 2,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Порівнявши розраховане значення сумарного термічного опору зі значенням мінімального термічного опору, будемо мати:

$$R_{q\min} > R_{ст}$$

Отже, значення розрахованого сумарного термічного опору даху не відповідає мінімальному значенню.

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_d = \frac{1}{2,09} = 0,48 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Занесемо всі дані та результати розрахунків до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок характеристик огорожувальних конструкцій

Огорожа	Матеріал огорожі (шару)	Товщина шару, $\delta$ , м	Коеф. теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$	Внутр. коеф. тепловіддачі, $\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$	Зовн. коеф. тепловіддачі, $\alpha_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$	Терм. опір огорожі, $R_i, \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$	Мінім. доп. знач. опору огорожі, $R_{q\min}, \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$	Коеф.теплопер. огорожі, $k_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стіни	Розчин цементно-піщаний	0,03	0,81	8,7	23	0,82	2,2	1,23
	Подвійна кладка білої силікатної цегли	0,51	0,87					
	Штукатурка	0,03	0,87					

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вікна	Подвійне засклення в дерев'яних рамах	0,004	0,76	8,7	23	0,24	0,45	4,24
Двері	Металеві	0,07	0,17	8,7	23	0,57	0,6	1,75
Під- лога	Бетон на щебені	0,2	1,3	8,7	6	1,47	2,4	0,68
	Керамзит	0,07	0,075					
	Цементно- шлаковий розчин	0,03	0,35					
	Плитка	0,01	0,64					
Дах	Залізобетонні плити	0,22	1,2	7,6	6	2,08	2,2	0,48
	Керамзитовий утеплювач	0,15	0,11					
	Розчин цементно- піщаний	0,05	0,58					
	2 шари руберойду	0,01	0,17					
	Шар бітуму	0,01	0,27					

В таблиці 3.3 зробимо порівняння розрахункового термічного опору огорожувальних конструкцій з мінімально допустимим (для I температурної області, оскільки Київська область). Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій промислових будівель будемо вписувати з ДБН [6].

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця розрахункового та мінімально допустимого термічного опору

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівель	Розрахунковий термічний опір огорожі цеху, $R_i, \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$	Мінімально допустиме значення опору огорожі промислових будівель, $R_{qmin}, \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$	Відношення нормативного значення термічного опору до розрахованого
		I температурна зона	
Зовнішні непрозорі стіни: з сухим і нормальним режимом з конструкціями з $D \leq 1,5$	0,82	2,2	менше в 2,68 разів
Вікна й zenітні ліхтарі будівель: з сухим і нормальним режимом	0,24	0,45	менше в 1,88 разів
Двері й ворота будівель	0,57	0,6	менше в 1,05 разів
Перекрыття над проїздами й неопалювальними підвалами з конструкціями з $D \leq 1,5$	1,47	2,4	менше в 1,63 разів
Покриття та перекрыття неопалювальних горищ будівель: з сухим і нормальним режимом з конструкціями з $D \leq 1,5$	2,08	2,2	менше в 1,06 разів

Отже, потрібно робити ряд заходів щодо огорожувальних конструкцій цеху по виготовленню сирів, оскільки розрахункові значення термічних опорів не відповідають мінімально допустимим значенням промислових будівель.

### 3.3 Розрахунок максимальних тепловтрат

Втрати теплоти визначаємо за формулою [7]:

$$Q_i = F \cdot k \cdot (t_{вн} - t_{p.o}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (3.4)$$

де  $F$  - площа огороження,  $m^2$ ;

$k$  - коефіцієнт теплопередачі,  $\frac{Вт}{m^2 \cdot K}$ ;

$t_{вн}$  – температура всередині приміщення,  $t_{вн} = 18^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{р.о}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $t_{р.о} = -22^{\circ}\text{C}$  для I температурної зони, для Київської області [8];

$\sum \beta$  – сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [9];

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [8].

Додаткові тепловтрати крізь огорожувальні конструкції в залежності від орієнтації об'єкта зображено на рисунку 3.5.

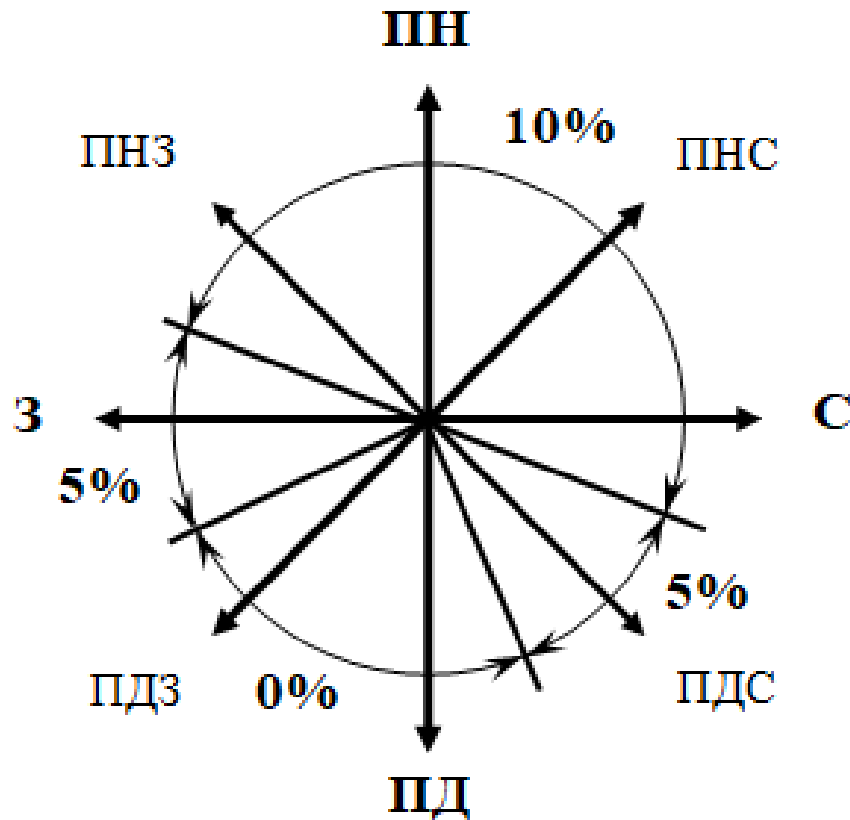


Рисунок 3.5 - Додаткові тепловтрати крізь огорожувальні конструкції в залежності від орієнтації об'єкта

Усі розрахунки тепловтрат за формулою (3.4) приведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Тепловтрати

Найменування	Орієнтація огорожі	Кількість, шт.	Площа огорожі, м <sup>2</sup>	Коеф. теплопередачі, $k_v, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$n$	$l + \sum \beta$	Тепловтрати, $Q_{огр}, Вт$
1	2	3	4	5	6	7	8
Стіни	Пд-Зх	-	368,56	1,23	1	1	18063,4
	Пн-Сх		364,02			1,1	19625
	Пд-Сх		279,28			1,05	14372,1
	Пн-Зх		284,64			1,1	15345,5
Вікна	Пн-Сх	10	21,6	4,24	1	1,1	4033,7
	Пд-Зх	10	21,6			1	3667
Двері	Пд-Сх	1	9	1,75		1,05	662,9
Підлога	-	-	2867	0,68	0,6	-	46804,1
Дах	-	-	2867	0,48	0,6	-	32983,9

Отже, визначимо загальні втрати тепла через огорожувальні конструкції за формулою:

$$Q_{огр} = Q_c + Q_v + Q_{дв} + Q_{п} + Q_{д}, \quad (3.5)$$

Підставивши значення у формулу (3.5) маємо:

$$Q_{огр} = (18063,4 + 19625 + 14372,1 + 15345,5) + (4033,7 + 3667) + 662,9 + 46804,1 + 32983,9 = 95852,4 \text{ Вт} = 95,9 \text{ кВт} = 0,08 \text{ Гкал/год}$$

Розрахуємо витрати теплоти на вентиляцію цеху. Так як висота приміщення становить 6 м, тоді розрахунок ведемо за формулою:

$$Q_{вв} = 0,7 \cdot V \cdot (H + 0,8 \cdot p) \cdot (t_{вн} - t_{р.о}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.6)$$

де  $H$  – висота цеху, м;

$p$  – кількість людей, що знаходяться в цеху, чол.;

Підставимо значення у формулу (3.6):

$$Q_{вв} = 0,7 \cdot 1 \cdot (6 + 0,8 \cdot 90) \cdot (18 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 2,18 \text{ кВт}$$

								Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ.001.7209.081 ПЗ			60

На рисунку 3.6 відображено в процентному співвідношенні крізь яку огорожувальну конструкцію відбуваються найбільші втрати теплової енергії.

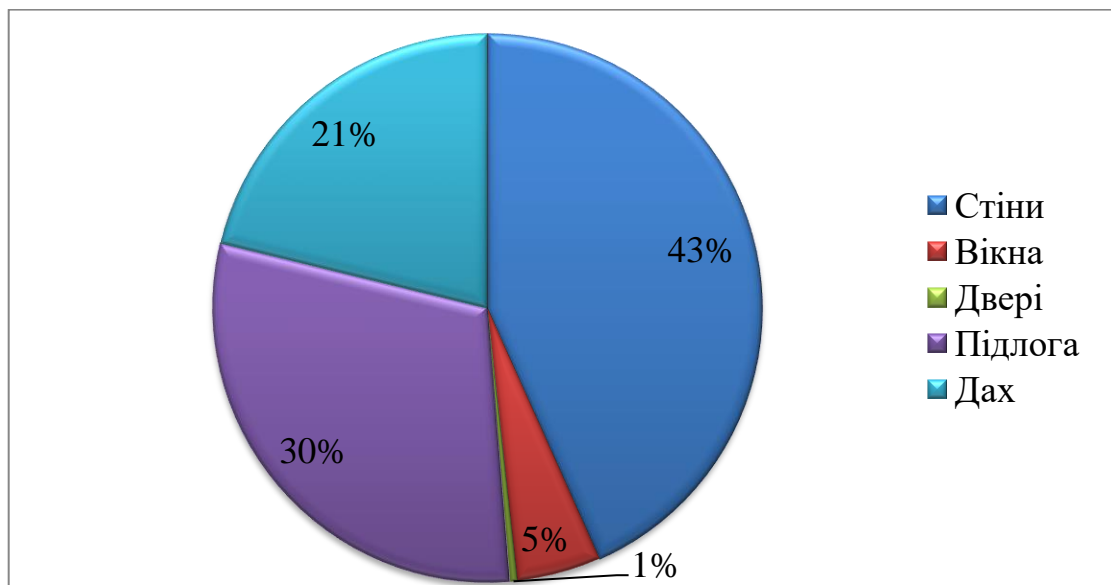


Рисунок 3.6 – Втрати крізь огорожувальні конструкції

З діаграми на рисунку 3.6 видно, що найбільші втрати теплової енергії відбуваються крізь стіни, підлогу та дах. Тому в подальшому будемо пропонувати заходи щодо певних огорожувальних конструкцій.

До розрахунку теплового навантаження входять теплові надходження до приміщення. Вони залежать від його призначення, місця розташування, кількості людей та сумарної потужності робочого обладнання і визначаються за формулою [6]:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{то}} + Q_{\text{сл}} + Q_{\text{п}}, \quad (3.7)$$

де теплові надходження:

$Q_{\text{л}}$  - від людей;

$Q_{\text{ел}}$  - від електроустаткування і приладів;

$Q_{\text{осв}}$  - від освітлювальних приладів;

$Q_{\text{то}}$  - від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів;

$Q_{\text{сл}}$  - від сонячної радіації крізь скління;

$Q_{\text{п}}$  - від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі.

Теплонадходження від людей – це теплота, яка поступає в приміщення у вигляді явної  $q_{\text{я}}$  (суха тепловіддача тіла) і прихованої  $q_{\text{п}}$  теплоти (випаровуванням з поверхні шкіри і вологою, що видихається разом з повітрям). Для розрахунку надходження теплоти від людей враховується тільки явна теплота тому, що тільки вона підвищує температуру приміщення.

Надходження теплоти від людей визначається за формулою:

$$Q_{\text{л}} = n \cdot q_{\text{я}}, \quad (3.8)$$

де  $q_{\text{я}}$  – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною при роботі середньої важкості та температурі повітря в приміщенні 18°C (таблиця 3.5), Вт/люд.;

$n$  – кількість людей, які одночасно знаходяться в приміщенні.

Зробимо примітку, що жінки виділяють 85% теплоти та вологи, а діти 75% теплоти та вологи, які виділяють чоловіки.

Надходження теплоти від людей за формулою (3.8) становить:

$$Q_{\text{л}} = 34 \cdot 116,6 \cdot 0,75 + 56 \cdot 116,6 = 9502,9 \text{ Вт} = 9,5 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.5 – Показники які виділяються дорослим чоловіком [10]

Показники	Температура повітря в приміщенні, °C					
	10	15	20	25	30	35
При роботі середньої важкості						
Теплота: явна	163	134	105	70	41	6
прихована	52	76	99	128	157	192
повна	215	210	204	198	198	198
Волога	70	110	140	185	230	280

Теплонадходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою [6]:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}}, \quad (3.9)$$

де  $N_{\text{осв}}$  – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт;

$k_{\text{осв}}$  – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{\text{в.осв}}$  - коефіцієнт використання світильників.

В цеху по виготовленню сирів освітлення надається люмінесцентними лампами, що мають теплові надходження за формулою (3.9):

$$Q_{\text{осв}} = 5200 \cdot 0,6 \cdot 1,1 = 3432 \text{ Вт} = 3,43 \text{ кВт}$$

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорож (вікна, ліхтарі)  $Q_{\text{сл}}$ , а також крізь зовнішні стіни і пласкі покрівлі  $Q_{\text{п}}$ . Теплові надходження від сонячної радіації крізь стіни незначні і ними можна знехтувати.

Кількість теплоти, наданої до приміщення сонячною радіацією, залежить від географічної широти розташування об'єкта, пори року, орієнтації огорож за сторонами світу, матеріалів зовнішньої огорожі та ін.

Теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду визначаються за формулою:

$$Q_c = \xi_v \cdot \varepsilon_v \cdot (F_{\text{ПнСх}} \cdot I_{\text{ПнСх}} + F_{\text{ПдЗх}} \cdot I_{\text{ПдЗх}}), \quad (3.10)$$

де  $\xi_v$  – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон;

$I_{\text{ПнСх}}, I_{\text{ПдЗх}}$  - середня величина сонячної радіації за опалювальний період (таблиця 3.6), що поступає на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані за двома фасадами об'єкта;

$\varepsilon_v$  – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопропускаючих заповнень вікон, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до горизонту  $45^\circ$  і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менш  $45^\circ$  – як зенітні ліхтарі;

$F_{\text{ПнСх}}, F_{\text{ПдЗх}}$  – площа світлових прорізів фасадів об'єкта, відповідно орієнтованих за двома напрямками світу,  $\text{м}^2$ ;

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		63

Для того щоб визначити потужність теплонадходжень від сонячного випромінювання, розділимо отриману енергію на тривалість опалювального періоду (4224 год). Тоді теплонадходження від сонячної радіації для цеху за формулою (3.10) становитимуть:

$$Q_c = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (21,6 \cdot 76 + 21,6 \cdot 136,5) / 4224 = 0,53 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.6 – Середня величина сонячної радіації, кВт·год /м<sup>2</sup> [10]

Характеристи ка скляної поверхні	Орієнтація поверхні															
	Південь				Південний схід				Схід				Північний схід			
					Південний захід				Захід				Північний захід			
	Градуси географічної широти															
35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	
Вікна з подвійним склінням (дві рами):																
з дерев'яними рамами	128	145	145	169	99	128	145	169	145	145	170	170	76	76	76	70
з металевими рамами	163	186	186	210	128	163	186	210	186	186	210	210	93	93	93	93

Теплонадходження від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі визначають за формулою [6]:

$$Q_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot q_{\Pi} \cdot \frac{1}{R_{\Pi}^{\text{ПOT}}}, \quad (3.11)$$

де  $F_{\Pi}$  , - площа покрівлі, м<sup>2</sup>;

$q_{\Pi}$  - середня величина сонячної радіації на 1 м<sup>2</sup> покрівлі, Вт/м<sup>2</sup> (таблиця 3.7);

$R_{\Pi}^{\text{ПOT}}$  - безрозмірний коефіцієнт, чисельно рівний опору теплопередачі покриття.

Таблиця 3.7 – Кількість сонячної радіації  $q_n$ , Вт /м<sup>2</sup> [10]

Характеристика покриття	Градуси географічної широти	$q_n$
Плоске (без горища)	35	23
	45	21
	55	17,5
	65	13
З горищем	Для усіх широт	5,8

Теплонадходження від сонячної радіації за формулою (3.11):

$$Q_{\text{П}} = 2867 \cdot 18,9 \cdot \frac{1}{2,08} = 25974,9 \text{ Вт} = 25,97 \text{ кВт}$$

Підставивши значення у формулу (3.7) знайдемо сумарні теплові надходження в житловому будинку:

$$Q_{\text{над}} = 9,5 + 3,43 + 0,53 + 25,97 = 39,44 \text{ кВт}$$

Розрахункова теплова потужність знаходиться за формулою:

$$Q = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вв}} - Q_{\text{над}}, \quad (3.12)$$

де  $Q_{\text{огр}}$  та  $Q_{\text{вв}}$  – це максимальні втрати теплоти за опалювальний період, кВт.

За формулою (3.12) будемо мати:

$$Q = (95,9 + 2,18) - 39,44 = 58,6 \text{ кВт} = 0,05 \text{ Гкал/год}$$

### 3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності

#### 3.4.1 Утеплення стін

Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити понаднормові втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі. Площа зовнішніх стін, які необхідно вкрити тепловою ізоляцією, становить 1296,5 м<sup>2</sup>. В якості утеплювача пропонується використовувати мінеральну вату ( $\lambda = 0,036 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ) товщиною 0,1 м. Приклад утеплення стіни наведений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Послідовність шарів утеплювача

Розрахуємо термічний опір для утепленої стіни за формулою (3.1):

$$R_{\text{сн}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,03}{0,87} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{1}{23} = 3,59 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Дане значення задовольняє мінімально допустимому:  $R_{\text{qmin}} = 2,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ .

Тоді коефіцієнт теплопередачі знаходимо за формулою (3.2):

$$k_{\text{сн}} = \frac{1}{3,59} = 0,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.4) для всіх сторін світу цеху по виготовленню сирів:

$$Q_{\text{ПдЗх}} = 368,56 \cdot 0,28 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 \cdot 1 = 4102 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ПнСх}} = 364,02 \cdot 0,28 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,1 \cdot 1 = 4456,7 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ПдСх}} = 279,28 \cdot 0,28 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,05 \cdot 1 = 3263,8 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ПнЗх}} = 284,64 \cdot 0,28 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,1 \cdot 1 = 3484,8 \text{ Вт}$$

Сумарні тепловтрати через стіни після утеплення становлять:

$$\sum Q_{\text{сн}} = 4102 + 4456,7 + 3263,8 + 3484,8 = 15307,3 \text{ Вт}$$

Сумарні тепловтрати через стіни до утеплення становлять:

$$\sum Q_c = 67406 \text{ Вт}$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою:

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(\sum Q_i - \sum Q_{\text{ін}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163}, \quad (3.13)$$

Підставимо значення у формулу (3.13):

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(67406 - 15307,3) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 189,22 \text{ Гкал/рік}$$

Економія в грошовому еквіваленті знаходиться за формулою:

$$E = Q_{\text{ек}} \cdot b, \quad (3.14)$$

де  $b$  – тариф на теплову енергію, грн/Гкал.

Підставимо значення у формулу (3.14):

$$E = 189,22 \cdot 1506,95 = 285147,62 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість необхідного обладнання становить:

– утеплювач (мінеральна вата, 100 мм) – 342 000 грн

(<https://epicentrk.ua/shop/bazaltovaya-vata-rockwool-rockslab-acoustic-2-44-kv-m-1000x610x100-mm.html>).

Вартість додаткових матеріалів становить 100 000 грн

(<https://kievrem.com.ua/kalkulyator-uteplenie-fasadov/>).

Вартість монтажних робіт становить 450 000 грн

(<https://kievrem.com.ua/kalkulyator-uteplenie-fasadov/>).

Отже, загальні капіталовкладення складуть:  $B = 892\,000$  грн.

Простий термін окупності знайдемо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E}, \quad (3.15)$$

Підставимо значення за формулою (3.15):

$$T_{\text{ок}} = \frac{892000}{285147,62} = 3 \text{ роки } 2 \text{ місяці}$$

Отже, даний захід дає економію теплової енергії 189,22 Гкал/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 285 148 грн/рік.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

### 3.4.2 Заміна вікон

Площа дерев'яних вікон з подвійним засткленням становить 43,2 м<sup>2</sup>. Такі старі вікна потребують заміни через великі тепловтрати, просадку конструкції та її розгерметизацію.

Для зменшення тепловтрат пропонується замінити дерев'яні вікна з подвійним засткленням цеху по виготовленню сирів на металопластикові з подвійним склопакетом. За рахунок даного заходу, зменшаться значно тепловтрати та покращать умови в середині приміщення за рахунок зменшення протягів. На рисунку 3.8 представлено обране металопластикове вікно фірми Rehau.

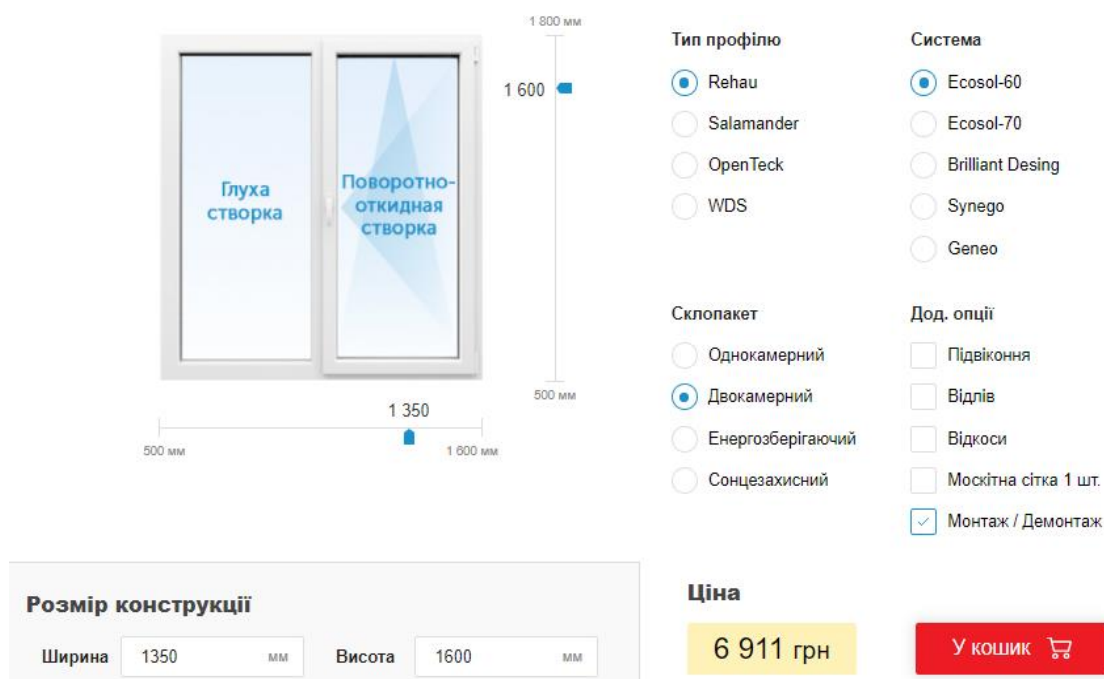


Рисунок 3.8 – Металопластикове вікно Rehau

Відомо, що термічний опір нових вікон становить:  $R_{вн} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ , що задовольняє мінімально допустимому:  $R_{q\text{min}} = 0,45 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ .

Розрахуємо новий коефіцієнт теплопередачі, знаючи термічний опір вікон за формулою (3.2):

$$k_{сн} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		68

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.4):

$$Q_{\text{ПнСх}} = 21,6 \cdot 1,33 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1,1 \cdot 1 = 1267,2 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ПдЗх}} = 21,6 \cdot 1,33 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 \cdot 1 = 1152 \text{ Вт}$$

Сумарні тепловтрати через вікна після заміни:

$$\sum Q_{\text{ВН}} = 1267,2 + 1152 = 2419,2 \text{ Вт}$$

Сумарні тепловтрати через вікна до заміни:

$$\sum Q_{\text{В}} = 7700,7 \text{ Вт}$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.13):

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(7700,7 - 2419,2) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 19,18 \text{ Гкал/рік}$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті за формулою (3.14):

$$E = 19,18 \cdot 1506,95 = 28907,03 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість необхідного обладнання, тобто вікон у кількості 20 шт., додаткових матеріалів та вартість монтажних робіт становлять 140 000 грн ([https://liniavikon.com.ua/ua/calc/#okno\\_trehstvorchatoe\\_s\\_povorotno\\_otkodnoy\\_stvorkoy](https://liniavikon.com.ua/ua/calc/#okno_trehstvorchatoe_s_povorotno_otkodnoy_stvorkoy)).

Отже, загальні капіталовкладення складуть 140 000 грн.

Простий термін окупності визначається за формулою (3.15):

$$T_{\text{ок}} = \frac{140000}{28907,03} = 4 \text{ роки } 11 \text{ місяців}$$

Отже, даний захід дає економію теплової енергії 19,18 Гкал/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 28 907 грн/рік.

### 3.4.3 Впровадження теплової завіси

Встановлення теплової завіси позбавить приміщення від протягів, що добре вплине як на персонал, так і на клімат всередині цеху, а також за

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		69

допомогою цього заходу зменшаться витрати теплової енергії.

*Теплова завіса відсутня.*

Визначимо витрату зовнішнього повітря, що поступає через ворота за відсутності завіси [11]:

$$G_n = A + (\alpha + K \cdot w) \cdot F \cdot 1/30, \quad (3.16)$$

де  $A$  і  $\alpha$  – витрати повітря, що визначаються залежно від розрахункової температури  $t_{p.o}$  зовнішнього повітря для проєктування опалювання (ці величини знаходяться по таблиці 3.8);

$K$  – умовний коефіцієнт, для воріт розміром 3x3, як в нашому випадку становить 0,25;

$w$  – швидкість вітру,  $w = 2 \frac{m}{c}$ ;

$F$  – площа перетину воріт, що відкриваються, 9 м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.8 – Значення  $A$  і  $\alpha$  при визначенні витрати зовнішнього повітря, що надходить через ворота виробничого приміщення при відсутності повітряної завіси [11]

Розміри воріт, м	Внутрішня температура повітря, °С	Значення $A$ і $\alpha$ , кг/с	Температура зовнішнього повітря $t_z$ , °С						
			-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
3x3 і 4x4	+5	$\alpha$	-	-	1,27	1,38	1,46	1,51	1,55
	+15...+20		-	1,27	1,4	1,5	1,55	1,58	1,6
3x3	+5	$A$	6	5	5,8	6,6	7,4	8,1	8,9
	+15...+20			6,5	7,3	8	8,8	9,4	10
4x4	+5	$A$	10	11,6	13	14,5	16	17,5	19
	+15...+20		12,7	13,9	15	16,3	17,5	18,8	20

Підставимо значення у формулу(3.16), будемо мати:

$$G_n = 7,58 + (1,44 + 0,25 \cdot 2) \cdot 9 \cdot \frac{1}{30} = 8,16 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \text{ або } 29376 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Теплова потужність, необхідна для нагріву повітря, що уривається у ворота, без завіси розраховується за формулою:

$$Q = G_n \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}), \quad (3.17)$$

де  $t_{\text{с.о}} = -0,1^\circ\text{C}$ ;

$c_p = 1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$  – теплоємність повітря.

Підставивши значення у формулу (3.17) отримаємо:

$$Q = 8,16 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) = 148,47 \text{ кВт}$$

Витрата теплоти за період часу без діючої завіси розраховується за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = G_n \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}) \cdot n_o \cdot 24 \cdot k, \quad (3.18)$$

де  $k$  - коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години та розраховується за формулою:

$$k = \frac{\tau}{60}, \quad (3.19)$$

де  $\tau$  – час відкривання воріт в хвилинах, приймаємо рівним 3 хвилинам, тоді підставивши у формулу (3.19) будемо мати:

$$k = \frac{3}{60} = 0,05$$

Підставивши значення у формулу (3.18) отримаємо:

$$Q_{\text{рік}} = 8,16 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 0,05 = 31357,05 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

*Діюча завіса.*

Визначимо витрату повітря, що створюється завісою за формулою:

$$G_n^3 = q \cdot G_n, \quad (3.20)$$

Значення коефіцієнта  $q$  визначили з графіка на рисунку 3.9 по кривій 2 та  $K_q=0,4$ .

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

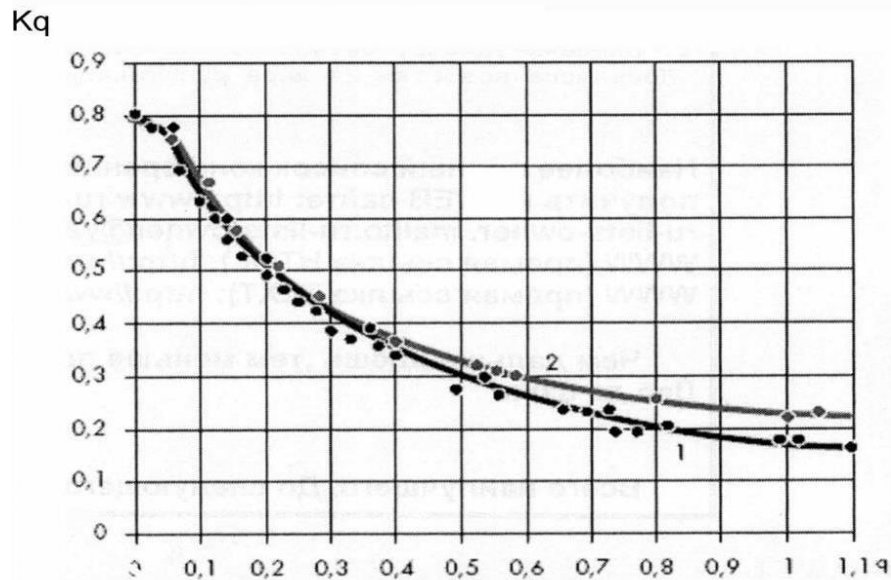


Рисунок 3.9 – Залежності коефіцієнту витрати повітря через ворота, захищені завісою від відносної витрати повітря

За формулою (3.20) будемо мати:

$$G_n^3 = 0,35 \cdot 8,16 = 2,86 \text{ кг/с}$$

Теплова потужність, необхідна для нагріву повітря, що уривається у ворота, з працюючою завісою розраховується за формулою:

$$Q = G_n^3 \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}), \quad (3.21)$$

Підставивши значення у формулу (3.21) отримаємо:

$$Q = 2,86 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) = 51,96 \text{ кВт}$$

Витрата теплоти за період часу з діючою завісою розраховується за формулою:

$$Q_{\text{рік}}^3 = G_n^3 \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}) \cdot n_o \cdot 24 \cdot k, \quad (3.22)$$

Підставивши значення у формулу (3.22) отримаємо:

$$Q_{\text{рік}}^3 = 2,86 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 0,05 = 10974,97 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначимо зниження споживання енергії за формулою:

$$\Delta Q = Q_{\text{рік}} - Q_{\text{рік}}^3, \quad (3.23)$$

За формулою (3.23) отримаємо:

$$\Delta Q = 31357,05 - 10947,97 = 20382,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 17,53 \text{ Гкал/рік}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата

Таким чином, можливе зниження теплової енергії майже в 3 рази.  
Знайдемо економію в грошовому еквіваленті за формулою (3.14):

$$E = 17,53 \cdot 1506,95 = 26410 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість теплової завіси становить 40 000 грн

(<https://volcano.ua/vozdushnaya-zavesa-wing>).

Вартість монтажних робіт та додаткових матеріалів становить 3000 грн.

Отже, загальні капіталовкладення складуть 43 000 грн.

Простий термін окупності визначається за формулою (3.15):

$$T_{\text{ок}} = \frac{43000}{26410} = 1 \text{ рік } 8 \text{ місяців}$$

Отже, даний захід дає економію теплової енергії 17,53 Гкал/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 26 410 грн/рік.

### 3.4.4 Утеплення даху

Теплова ізоляція даху дозволить зменшити тепловтрати через перекриття. Будемо пропонувати в якості утеплювача – мінеральну вату ( $\lambda = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ) товщиною 0,15 м. Площа даху становить 2867 м<sup>2</sup>. Приклад утеплення даху наведений на рисунку 3.10.

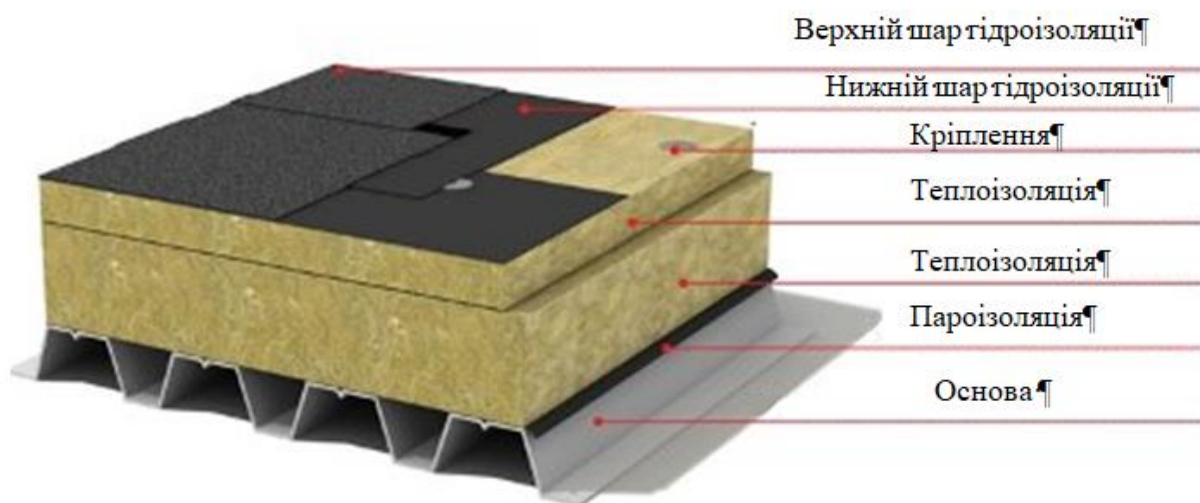


Рисунок 3.10 – Шари утеплювача даху

						НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата			73

Розрахуємо термічний опір для утепленого даху за формулою (3.1):

$$R_{\text{дн}} = \frac{1}{7,6} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,15}{0,11} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{2 \cdot 0,01}{0,17} + \frac{0,01}{0,27} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{1}{6} = 6,14 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Дане значення задовольняє мінімально допустимому:  $R_{\text{qmin}} = 2,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ .

Тоді коефіцієнт теплопередачі знаходимо за формулою (3.2):

$$k_{\text{дн}} = \frac{1}{6,14} = 0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі за формулою (3.4):

$$Q_{\text{дн}} = 2867 \cdot 0,16 \cdot (18 - (-21)) \cdot 0,6 = 11206,2 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через дах до утеплення становили:

$$Q_{\text{д}} = 32983,9 \text{ Вт}$$

Знайдемо економію теплової енергії за формулою (3.13):

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(32983,9 - 11206,2) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 79,1 \text{ Гкал/рік}$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті за формулою (3.14):

$$E = 79,1 \cdot 1506,95 = 119194,26 \text{ грн/рік}$$

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість необхідного обладнання становить:

– утеплювач (мінеральна вата, 150 мм) – 250 000 грн

(<https://epicentrk.ua/shop/mineralnaya-vata-isover-profi-4-88-kv-m-4000x1220x150-mm.html>).

Вартість додаткових матеріалів становить 100 000 грн.

Вартість монтажних робіт становить 300 000 грн

(<https://domremonta.com.ua/krovelnye-raboty/uteplenie-kryshi/>).

Отже, загальні капіталовкладення складуть 650 000 грн.

Простий термін окупності визначається за формулою (3.15):

$$T_{\text{ок}} = \frac{650000}{119194,26} = 5 \text{ років } 6 \text{ місяців}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

Отже, даний захід дає економію теплової енергії 79,1 Гкал/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 119194 грн/рік.

### Висновки до розділу 3

З діаграми на рисунку 3.6 видно, що найбільші втрати теплової енергії відбуваються крізь такі огорожувальні конструкції, як: стіни, підлогу та дах. А також, в таблиці 3.3 зазначено, що розрахункові значення термічних опорів не відповідають мінімально допустимим значенням промислових будівель.

Саме тому в даному розділі було приділено увагу заходам щодо огорожувальних конструкцій цеху по виготовленню сирів. А саме: було запропоновано утеплення стін, заміну дерев'яних вікон на металопластикові, впроваджено теплову завісу та утеплено дах.

В таблиці 3.9 наведено перелічені заходи, а також можлива економія теплової енергії, в тому числі і в грошовому еквіваленті.

Таблиця 3.9 – Заходи з енергоефективності для цеху по виготовленню сирів

Найменування заходу	Капіталовкладення, грн	Економія енергії, Гкал/рік	Економія, грн/рік	Простий термін окупності
Утеплення стін	892 000	189	285 148	3 роки 2 місяці
Заміна вікон	140 000	19	28 907	4 роки 11 місяців
Впровадження теплової завіси	43 000	18	26 410	1 рік 8 місяців
Утеплення даху	650 000	79	119 194	5 років 6 місяців

## 4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТА

### 4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті СЕНМ вимогам ДСТУ ISO 50001:2020

В даному розділі мова буде йти про державний стандарт ISO 50001:2020 [12]. Даний стандарт розроблений з метою оптимізації та впровадження єдиної системи енергетичного менеджменту (СЕНМ). Впровадження СЕНМ на підприємствах дозволить поліпшити ефективність виробництва, допоможе налаштувати систему розподілу і управління енергією та отримати великі вигоди від раціонального використання власних енергоресурсів, а разом з тим, знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Розглянемо основні етапи розроблення та впровадження стандарту ISO 50001:

- на початковому етапі слід провести аналіз існуючої СЕНМ на підприємстві та її відповідність вимогам стандарту. На даному етапі проводяться консультації щодо встановлення енергетичної політики організації;
- на наступному етапі відбувається навчання групи енергетичного менеджменту відповідно до вимог стандарту;
- створення документації СЕНМ. Даний стандарт містить конкретні вказівки на те, по відношенню до якої задокументованої інформації потрібно, щоб вона розроблялася, впроваджувалася і підтримувалася в робочому стані і зберігалася;
- відбувається внутрішній аудит СЕНМ та усуваються всі недоліки та зауваження (якщо такі наявні). Результатом такого аналізу є не просто звіт

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Поплигіна В.С.</i>			Система енергетичного менеджменту об'єкта	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		<i>Бориченко О.В.</i>					76	7
Реценз.						<i>IEE, гр. ОН-72</i>		
Н. Контр.		<i>Прокопенко І.Д.</i>						
Затвер.								



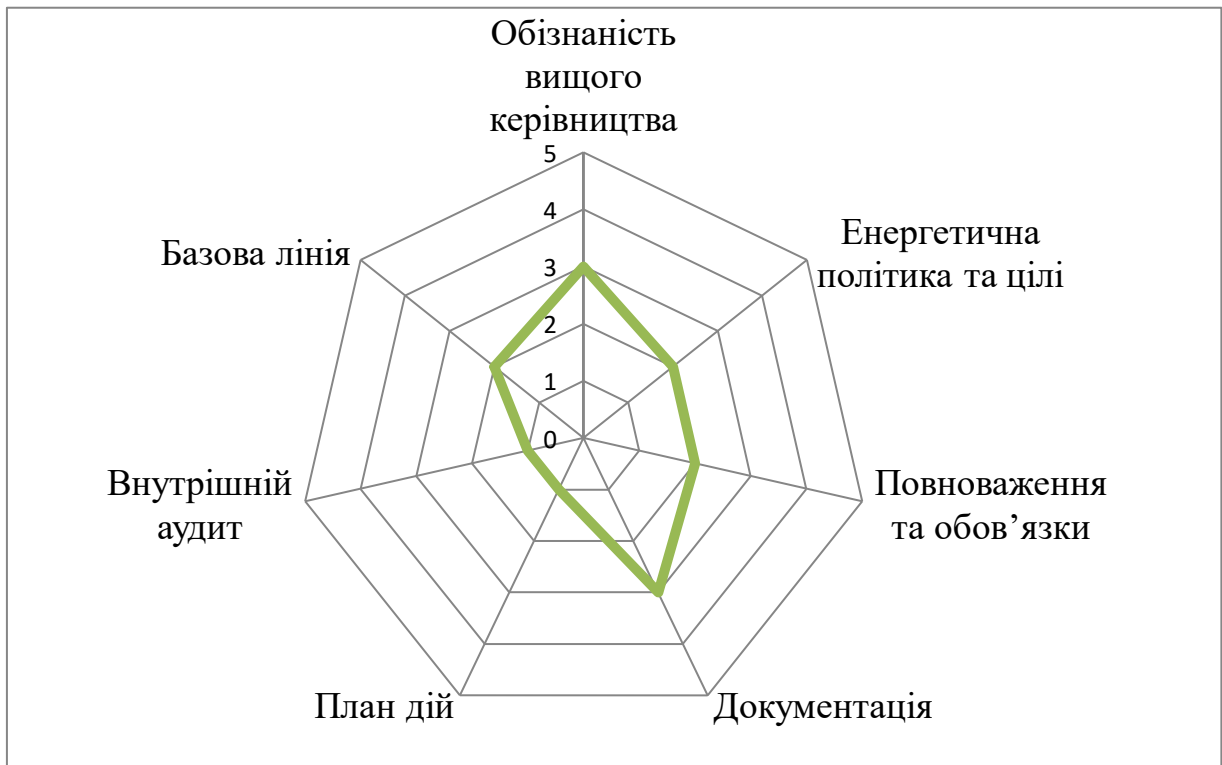


Рисунок 4.1 – Результати оцінки щодо існуючого стану СЕНМ на підприємстві

Отже, на підприємстві молочної галузі фактично наявні первинні елементи енергетичного менеджменту.

#### 4.2 Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності

Базовий рівень енергоспоживання – це кількісний показник, що дає основу для порівняння енергетичної результативності [12]. Підприємство повинне порівняти зміни рівня досягнутої енергоефективності між періодом дії базового рівня енергоспоживання та звітним періодом. Базовий рівень енергоефективності використовують для визначення значень показників енергоефективності для періоду дії базового рівня енергоспоживання. Тип інформації, необхідної для встановлення базового рівня, визначається конкретною метою показників [13].

Визначимо базовий рівень енергоспоживання та показники енергоефективності для підприємства молочної галузі.

Обираємо чинники, які впливають на споживання електроенергії, а саме обсяги виготовленої продукції та температура навколишнього середовища. Обсяги виготовлення продукції за 2020 рік випишемо з розділу 1 цього документа з таблиці 1.1. Дані щодо споживання електроенергії підприємством за 2020 рік випишемо з розділу 1 цього документа з таблиці 1.2. Всі зазначені чинники занесемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

Період (місяць, рік)	Електрична енергія, W, кВт·год/міс	Обсяги виробленої продукція, В, т/міс	Температура зовнішнього повітря, t, °C
січень 2020р.	459923	1321	-2,5
лютий 2020р.	377724	1282	-4
березень 2020р.	430913	963	+1,5
квітень 2020р.	505406	1185	+15
травень 2020р.	556687	780	+22
червень 2020р.	584374	1650	+24,1
липень 2020р.	610837	1613	+24,9
серпень 2020р.	613508	1725	+25,7
вересень 2020р.	696130	1666	+16,8
жовтень 2020р.	536871	1658	+10,2
листопад 2020р.	381697	1613	+0,2
грудень 2020р.	313805	1314	-4,4

Проведемо регресійний аналіз даних за допомогою Microsoft Excel. Вихідні дані для проведення аналізу наведені в таблиці 4.2. Встановлюємо рівень надійності 95%. Результати регресійного аналізу зазначені на рисунках Б.1 та Б.2 додатку Б.

Отже, в результаті регресійного аналізу в Microsoft Excel в нас залишився лише один найвпливовіший фактор, який зазначено на рисунку Б.2 додатку Б - це температура зовнішнього повітря (оскільки р-значення < 0,05). Визначивши коефіцієнти рівняння лінійної регресії, отримаємо математичну модель базового рівня:

$$W = 416396,3 + 8271,2 \cdot t$$

### 4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Енергетична політика – це стратегія розвитку підприємства у сфері енергетичної ефективності.

В рамках енергетичної політики, підприємство молочної галузі планує зменшення споживання енергоресурсів на 2,5%. Також, прагне впроваджувати альтернативні заходи, з ціллю заміщення споживання електро- та теплоенергії, та тим самим зменшити викиди CO<sub>2</sub>. Підприємство зобов'язується підвищувати рівень обізнаності та поінформованості керівників і персоналу щодо раціонального використання ПЕР та з питань впровадження і функціонування СЕНМ. А також, підприємство молочної галузі планує впроваджувати заходи щодо ефективного та раціонального використання ПЕР та модернізувати існуюче на об'єкті устаткування. Підприємство зобов'язується функціонування, забезпечення та постійне поліпшення енергорезультативності СЕНМ відповідно до вимог стандарту ISO 50001.

### 4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3

Планування має бути узгодженим з енергетичною політикою і має призводити до дій, результатом яких є постійне поліпшення енергетичної результативності.

У таблицю 4.3 внесемо всі заходи з енергоефективності для цеху по виготовленню сирів, які були наведені, розглянуті та розраховані в розділі 2

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та 3 даного документу. Зазначимо які з заходів відносяться до короткострокових (до 1 року), середньострокових (від 1 до 3 років) та довгострокових (більше 3 років). Та зазначимо клас інвестицій для кожного з заходів.

Таблиця 4.3 – Заходи з енергоефективності, запропоновані в розділах 2 та 3

Найменування заходу	Простий термін окупності	Класифікація за часом	Капітало-вкладення, грн	Клас інвестицій	Економія енергії, грн/рік
Заміна внутрішнього освітлення цеху	1 рік 1 місяць	середньостроковий	46 516	середній	47 138
Впровадження АСЕМ	2 роки 2 місяці	середньостроковий	225 000	середній	105 300
Оптимізація системи охолодження компресорних установок	1 рік	короткостроковий	120 000	низький	118 922
Утеплення стін	3 роки 2 місяці	довгостроковий	892 000	високий	285 148
Заміна вікон	4 роки 11 місяців	довгостроковий	140 000	високий	28 907
Впровадження теплової завіси	1 рік 8 місяців	середньостроковий	43 000	середній	26 410
Утеплення даху	5 років 6 місяців	довгостроковий	650 000	високий	119 194

Спочатку потрібно впроваджувати короткострокові заходи, а саме оптимізація системи охолодження компресорних установок, задля отримання швидкої економії. Далі середньострокові, тобто заміна внутрішнього освітлення цеху по виготовленню сирів, впровадження АСЕМ та впровадження теплової завіси. Останніми слід впроваджувати довгострокові заходи, а саме утеплення стін, заміна вікон та утеплення даху.

#### Висновки до розділу 4

Отже, в даному розділі було розглянуто та оцінено відповідність стану існуючої на підприємстві молочної галузі СЕнМ вимогам ДСТУ ISO 50001:2020. Було виведено, що на підприємстві фактично наявні первинні елементи енергетичного менеджменту. Було визначено базовий рівень споживання електроенергії та виведено математичну модель базового рівня. Також, було розроблено енергетичну політику підприємства. Та було запропоновано планування щодо впровадження заходів, які були зазначені в розділах 2 та 3 цього документа.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		82

## 5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 5.1 Визначення кліматичних умов

Підприємство молочної галузі знаходиться в Київській області. Отже, будемо розглядати кліматичні умови саме Київської області.

Клімат Київської області помірно континентальний, м'який, з достатнім зволоженням. Середня температура січня становить  $-6^{\circ}\text{C}$ , липня  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . За рік на території області випадає 500-600 мм опадів, головним чином влітку [14]. Осінь часто буває тепла й суха. Для літа характерна велика кількість сонячних днів і тривалий вегетаційний період. Середньорічна температура становить  $+7,2^{\circ}\text{C}$  [15]. Дана область відносить до I кліматичної зони.

Координати об'єкта:  $50^{\circ}27'00''$  пн. ш.  $30^{\circ}31'25''$  сх. д. Географічне розташування цеху по виготовленню сирів дозволяє ефективно використовувати сонячну енергію, тому будемо пропонувати встановлення геліосистеми на даху для нагріву води в душових. До впровадження заходу гаряче постачання в душових здійснювалось від власної котельні підприємства молочної галузі.

### 5.2 Впровадження геліоколекторної системи

Спочатку розрахуємо оптимальний кут нахилу геліоколектора за формулою:

$$\text{Оптимальний кут} = (\text{географічна широта})^{\circ} \cdot 0,76 + 3,1^{\circ}, \quad (5.1)$$

Підставивши у формулу (5.1) отримаємо:

$$50^{\circ} \cdot 0,76 + 3,1^{\circ} = 41^{\circ}$$

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Поплигіна В.С.			Система енергетичного менеджменту об'єкта	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бориченко О.В.					83	6
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-72		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

де географічна широта об'єкта становить 50°.

Далі скористаємося сайтом PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [16]. За відомими координатами об'єкта та кутом нахилу, виводимо діаграму, яка зображена на рисунку 5.1 та яка відображає середньомісячну кількість енергії, що надходить геліоколектор.

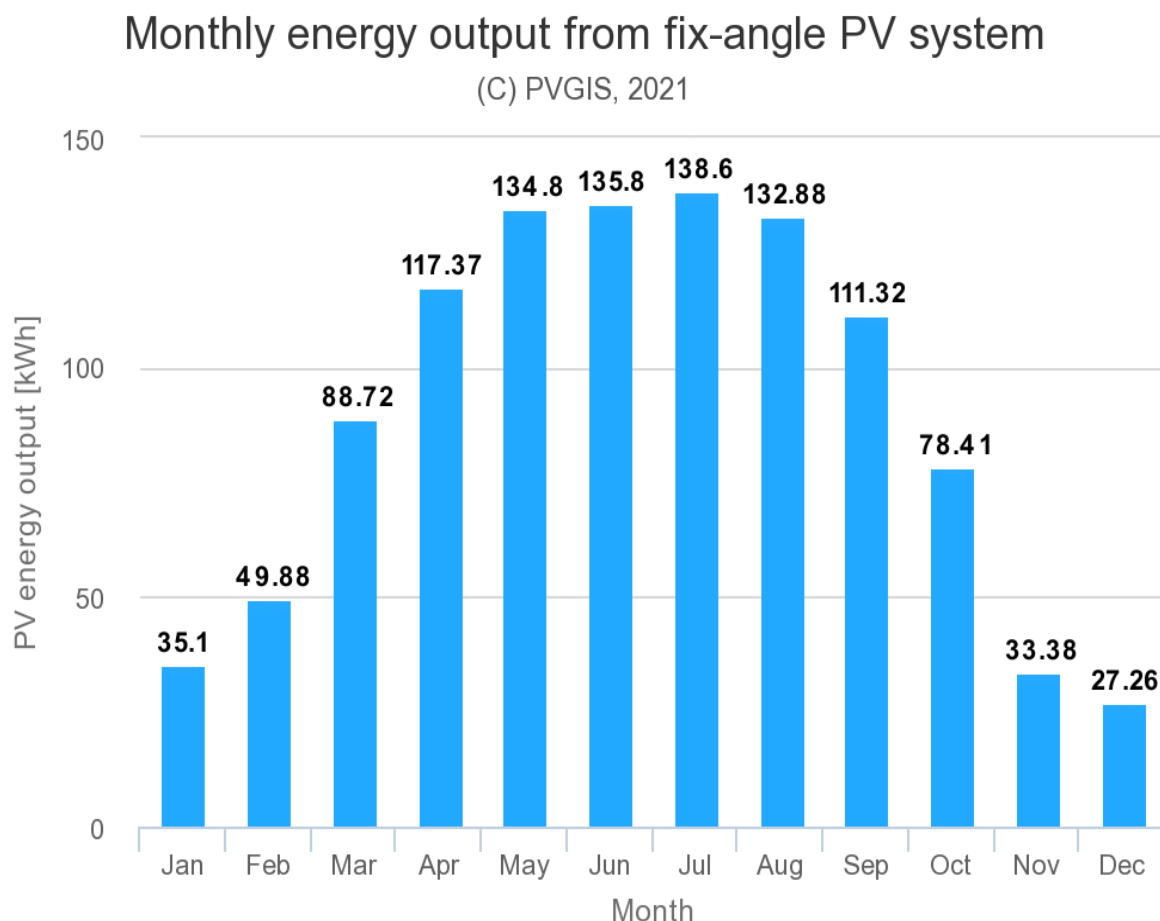


Рисунок 5.1 – Середньомісячна кількість енергії, що надходить на геліоколектор

Розрахуємо навантаження на ГВП та виберемо потрібну геліосистему.

Згідно з рисунку В.1 додатку В для виробничого цеху (1 працівник у зміну) питома витрата гарячої води складає:  $Q_h^t = 11 \frac{\text{л}}{\text{добу} \cdot \text{людину}}$  [17].

Витрату води на добу для цеху по виготовленню сирів розрахуємо за формулою:

$$Q^t = Q_h^t \cdot n, \quad (5.2)$$

де  $n = 90$  чол. – кількість працівників в цеху по виготовленню молока.

За формулою (5.2) будемо мати:

$$Q^t = 11 \cdot 90 = 990 \text{ л/(добу} \cdot \text{людину)}$$

Отже, згідно комерційної пропозиції “Atmosfera” будемо обирати геліоколекторну систему для нагріву 1000 л води/добу.

Розрахуємо річне навантаження на ГВП за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}} = c \cdot m \cdot n \cdot \Delta t, \quad (5.3)$$

де  $c = 1,15 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$  – теплоємність води;

$m = 990 \text{ л/(добу} \cdot \text{людину)}$  - витрата води на добу;

$n = 251$  день – кількість робочих днів;

$\Delta t = 65 - 10 = 55^\circ\text{C}$  - різниця температур.

Підставивши значення у формулу (5.3) будемо мати:

$$Q_{\text{ГВП}} = 1,15 \cdot 990 \cdot 251 \cdot 55 \cdot \frac{1}{1000} = 15717 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 13,51 \text{ Гкал/рік}$$

Економія в грошовому еквіваленті знаходиться за формулою:

$$E = Q_{\text{ГВП}} \cdot b, \quad (5.4)$$

де  $b = 1506,95 \text{ грн/Гкал}$  – тариф на теплову енергію.

Підставимо значення у формулу (5.4):

$$E = 13,51 \cdot 1506,95 = 20358,9 \text{ грн/рік}$$

Згідно комерційної пропозиції “Atmosfera” обрали геліоколекторну систему для нагріву 1000 л води/добу, яка зображена на рисунку 5.2. Монтажна площа на похилу поверхню становить:  $15,4 \text{ м}^2$ . З цієї ж комерційної пропозиції на рисунку 5.3 наведемо діаграму щодо кількості теплоти, що виробляє обрана геліосистема. Порівнявши діаграми, що зображені на рисунках 5.1 та 5.3, виведено, що кількості енергії, яка надходить в Київській області, буде достатньо для обраної геліоколекторної системи.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

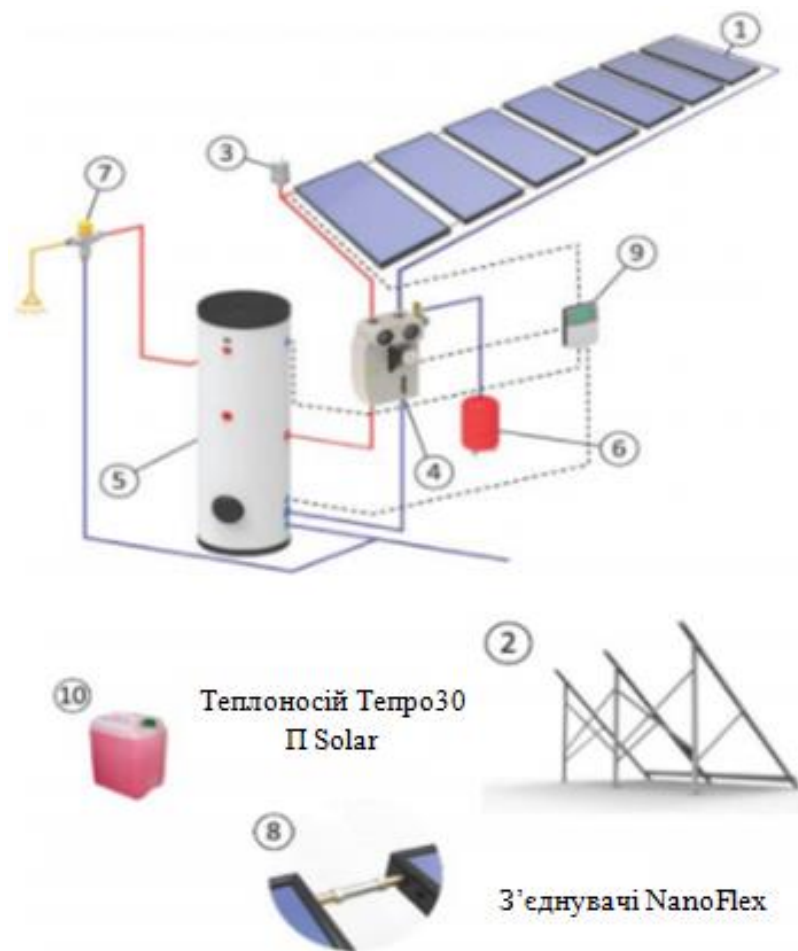


Рисунок 5.2 – Обрана геліоколекторна система для нагріву 1000 л води/добу

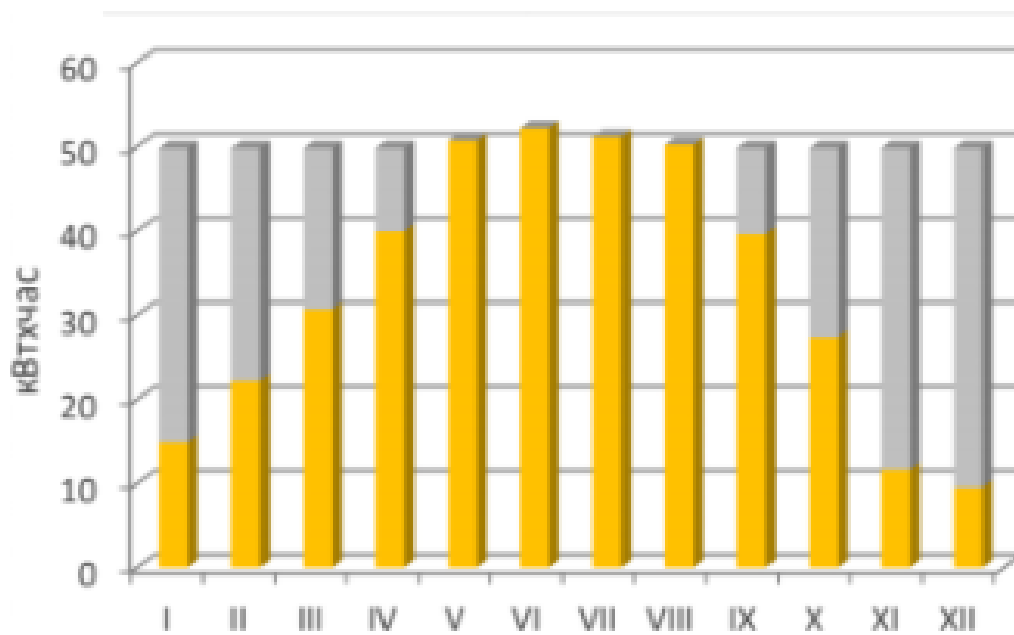


Рисунок 5.3 - Кількість теплоти, що виробляє обрана геліосистема

Розглянемо капіталовкладення.

Вартість основного обладнання:

- плоский сонячний колектор СВК-2м2, 7 шт. – 60060 грн (<https://solar-tech.com.ua/solar-power-system/solar-collectors/flat-plate-collectors/ploskii-solnechnyi-kollektor-atmosfera-sp-k-f2m.html>);
- насосна група 1 лінія 8-28 l / min, Wilo ST25 / 7,1, 1 шт. – 9000 грн (<https://hexagon-energy.com.ua/nasosnaya-gruppa-dlya-solnechnyh-sistem-brv-1-liniya-1-8-28-l-min-wilo-st25-7>);
- бак накопичувальний ATMOSFERA (Україна) 1500л., 2т / о, 1 шт. – 53000 грн (<https://220volt.com.ua/bak-nakopitel-atmosfera-emal-2t-1500/>);
- бак розширювальний СР 150л 3/4 на ніжках, 1 шт. – 3800 грн ([https://smartclimate.com.ua/prod15655\\_bak\\_rozshirualnii\\_cp\\_150\\_l\\_34g.html](https://smartclimate.com.ua/prod15655_bak_rozshirualnii_cp_150_l_34g.html)).

Вартість додаткових матеріалів становить 50000 грн (<https://www.atmosfera.ua/uk/geliosistemi/komercijni-propozicii/>).

Вартість монтажних робіт становить 35000 грн.

Отже, загальні капіталовкладення складуть 211 000 грн.

Простий термін окупності знайдемо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B}{E}, \quad (5.5)$$

Підставимо значення за формулою (5.5):

$$T_{\text{ок}} = \frac{211000}{20358,9} = 10 \text{ років } 5 \text{ місяців}$$

Отже, даний захід дає економію теплової енергії 13,5 Гкал/рік, тобто зменшує можливі грошові витрати на 20360 грн/рік.

### Висновки до розділу 5

В даному розділі було розглянуто кліматичні умови Київської області, де знаходиться об'єкт, а саме підприємство молочної галузі.

На підставі розрахованої витрати води на добу для цеху по

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

виготовленню сирів, було обрано геліоколекторну систему з комерційної пропозиції «Atmosfera» для нагріву 1000 л води/добу.

В результаті впровадження даної геліосистеми можлива економія теплової енергії складе 13,5 Гкал/рік, або в грошовому еквіваленті буде становити 20360 грн/рік. Простий термін окупності складе 10 років 5 місяців.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПРЕСОРІВ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ

### 6.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання

Живлення цеху по виготовленню сирів відбувається за рахунок ТП 95. У ТП в наявності два масляні трансформатори 2хТМ-1000/10/0,4 номінальною потужністю  $S_{ном} = 1000$  кВА. До цеху надходить електрична енергія чотирма кабелями АПвП 3х185. Більш детальні дані наведені в підрозділі 2.5 розділу 2 цього документа.

Джерелом повітропостачання підприємства є центральна компресорна станція з повітряними компресорами. На даний час у зв'язку із зниженням потреби виробництва в стисненому повітрі працює один компресор, зазвичай це ВП-50/8 потужністю 315 кВт. Система охолодження компресорної станції складається з двох контурів, в кожному з яких встановлено по одному насосу типу 6К8 [5].

Зведемо всі дані про об'єкт до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика об'єкта

Найменування ЕУ	Найменування ЕУ	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
Трансформаторна підстанція	Внутрішня ЕУ	Окреме приміщення на поверхні землі, (8х10х3) м	Приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Г
Компресорна станція	Внутрішня ЕУ	Окреме електроприміщення в корпусі молокозаводу	Приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Г

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Поплигіна В.С.				Аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Третьякова Л.Д.						89	10
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-72		
Н. Контр.	Прокопенко І.Д.							
Затвер.								







## 6.4 Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків

Всі небезпеки та ризики професійних чинників, які можуть виникнути під час експлуатації компресорів стисненого повітря розглянемо у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Перелік небезпек та ризиків професійних чинників

Категорія небезпек	Найменування небезпек	Рівень ймовірності нещасного випадку	Оцінка рівня ризику	Група ризику
Фізичні	Електричного походження	Ймовірно	Катастрофічний	I
	Шум	Малоймовірний	Значний	III
Хімічні	Нафтопродукти (масло компресорне)	Рідкий	Значний	III
Рідина	Вода	Ймовірний	Значний	III
Інші	Переміщення вантажів	Ймовірний	Високий	II
	Незручні робочі положення	Ймовірний	Значний	III

## 6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

При виборі технічних та організаційних заходів для електроприміщення компресорної станції та під час експлуатації компресорів стисненого повітря, необхідно не забувати про захист людей від ураження струмом, огорожувальні пристрої, плакати безпеки і тд. Зведемо всі заходи з безпеки праці до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Технічні і організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
1	2	3
Ізоляція	Робоча, струмовідних частин	Полівінілхлорид: $R = 10^{15} \text{ Ом}$ , $t g \delta = 0,02$









$K_1 = 1$ , при температурі  $+15\text{ C}^\circ$ ,  $K_2 = 1$ ,  $K_3 = 1,3$ .

Отже, з формули (6.2) перевірка виконується, тоді підключаємо два кабелі марки АПВП 3х95, довжиною 7 м кожен до контуру заземлення корпусу підприємства молочної галузі.

### **Висновки до розділу 6**

У даному розділі було визначено, що для приміщення компресорної станції до загальних показників умов праці відносяться такі, як: кліматичні умови (температура повітря, вологість та швидкість вітру), важкість та напруженість праці, режим роботи, рівень напруги, шум та вібрація, а також хімічні речовини.

Також, було визначено та оцінено небезпеки та ризики виникнення нещасних випадків під час експлуатації компресорних установок такі як фізичні, хімічні та інші. Було здійснено вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці, запропоновано засоби індивідуального захисту для обмеження впливу небезпек, а також обрано заходи із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів.

Було розраховано технічний захід щодо захисного заземлення компресорної установки, тобто обрано кабелі, що приєднані до контуру заземлення корпусу підприємства молочної галузі.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		98

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було проведено енергетичний аудит підприємства молочної галузі.

Було проаналізовано динаміку споживання ПЕР за останні три роки, розглянуто та проаналізовано схему електропостачання об'єкта. Було визначено суттєві споживачі електричної енергії та складено баланс споживання електроенергії об'єкта. Суттєвим споживачем цеху по виготовлення цехів було визначено компресорне обладнання, саме тому було запропоновано один із заходів щодо цього. В цілому було запропоновано ряд заходів з енергоефективності щодо споживачів електричної енергії, які представлені в таблиці 2.11 розділу 2 даного документа. А саме: заміна внутрішнього освітлення цеху, впровадження АСЕМ та оптимізація системи охолодження компресорних установок. Для заходу щодо заміни внутрішнього освітлення цеху було розраховано усі економічні показники.

Також, в даному проєкті було розглянуто та проаналізовано систему теплопостачання, а також паливопостачання. Було обстежено огорожувальні конструкції підприємства молочної галузі, а саме цех по виготовленню сирів та розраховано коефіцієнти теплопередач. Також, було розраховано максимальні тепловтрати через огорожувальні конструкції, такі як стіни, вікна, двері, підлогу та дах. Виявилось, що найбільші тепловтрати відбуваються через стіни, дах та підлогу. Саме тому в подальшому було запропоновано ряд заходів щодо огорожувальних конструкцій. А саме: утеплення стін, заміна вікон, впровадження теплової завіси та утеплення даху. Усі зазначені заходи з енергоефективності зазначені в таблиці 3.9 розділу 3 цього документа.

Було розглянуто систему енергетичного менеджменту, а саме оцінено відповідність існуючої на підприємстві СЕНМ вимогам ДСТУ ISO 50001:2020. В результаті було виявлено фактично первинні елементи СЕНМ на об'єкті. Також, було визначено базовий рівень споживання електроенергії

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та показників енергоефективності, в результаті чого було отримано математичну модель базового рівня. Була представлена «Енергетична політика» для підприємства молочної галузі та планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3 даного документа.

Було запропоновано захід щодо застосування відновлювальних джерел енергії на підприємстві, а саме впровадження геліоколекторної системи на даху виробничого корпусу для нагріву води в душових. В результаті чого було отримано достатню економію теплової енергії та економії в грошовому еквіваленті.

Також, в даному проекті було розглянуто питання щодо охорони праці та пожежної безпеки під час експлуатації компресорних установок. Було розглянуто засоби індивідуального захисту, чинники умов праці, вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів, а також було розраховано один з технічних заходів з безпеки експлуатації, а саме захід щодо вибори кабелю заземлення для компресора стисненого повітря, який буде приєднаний до контуру заземлення виробничого цеху.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		100





18. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 56 с.

19. ГН 3.3.5-8-6.6.1-2014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: наказ від 08.04.2014.м. N 248. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2014. 85 с.

20. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1996. 15 с.

21. Третьякова Л.Д., Литвиненко Г.Є. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2008. 317 с.

22. ДБН В.1.2-7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2008. 25 с.

					НТУУ.001.7209.081 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		103

# ДОДАТКИ

## Додаток А

$n_e$	Коефіцієнт використання $K_u$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
2	8	5,3	4	2,66	2	1,6	1,33	1,14
3	4,52	3,2	2,55	1,9	1,56	1,41	1,28	1,14
4	3,42	2,47	2	1,53	1,3	1,24	1,14	1,08
5	2,84	2,1	1,78	1,34	1,16	1,15	1,08	1,03
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,12	1,06	1,01
7	2,5	1,86	1,54	1,25	1,12	1,1	1,04	1
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,1	1,08	1,02	1
9	2,26	1,7	1,43	1,16	1,08	1,07	1,01	1
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,06	1,05	1	1
11	2,1	1,6	1,35	1,1	1,05	1,04	1	1
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,04	1,03	1	1
13	1,98	1,52	1,29	1,06	1,03	1,02	1	1
14	1,93	1,49	1,27	1,05	1,02	1,01	1	1
15	1,9	1,46	1,25	1,03	1,01	1	1	1
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1	1	1	1
17	1,81	1,4	1,2	1	1	1	1	1
18	1,78	1,38	1,19	1	1	1	1	1
19	1,75	1,36	1,17	1	1	1	1	1
20	1,72	1,34	1,16	1	1	1	1	1
21	1,7	1,33	1,15	1	1	1	1	1
22	1,66	1,31	1,13	1	1	1	1	1
23	1,65	1,29	1,12	1	1	1	1	1
24	1,62	1,28	1,11	1	1	1	1	1
25	1,6	1,27	1,1	1	1	1	1	1
30	1,51	1,21	1,05	1	1	1	1	1
35	1,44	1,16	1	1	1	1	1	1
40	1,4	1,13	1	1	1	1	1	1
45	1,35	1,1	1	1	1	1	1	1
50	1,3	1,07	1	1	1	1	1	1
60	1,25	1,03	1	1	1	1	1	1
70	1,2	1	1	1	1	1	1	1
80	1,16	1	1	1	1	1	1	1
90	1,13	1	1	1	1	1	1	1
100	1,1	1	1	1	1	1	1	1

**Примітка.** При  $K_u = 0,8$  незалежно від  $n_e$  коефіцієнт розрахункового навантаження  $K_p = 1$ .

Рисунок А.1 – Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження  $K_p$  для живлячих мереж і розподільних шинопроводів напругою до 1 кВ

Таблиця А.1- Коефіцієнт використання світлового потоку

$\rho_{сл}$	0,7	0,7	0,5	0,5	0
$\rho_{сн}$	0,5	0,5	0,5	0,3	0
$\rho_n$	0,3	0,1	0,1	0,1	0
$i$	Коефіцієнт використання $\eta$				
0,5	0,23	0,20	0,20	0,17	0,10
0,6	0,28	0,26	0,24	0,20	0,14
0,7	0,32	0,30	0,28	0,24	0,17
0,8	0,35	0,33	0,30	0,26	0,19
0,9	0,38	0,35	0,33	0,29	0,21
1,0	0,41	0,38	0,35	0,31	0,23
1,1	0,43	0,40	0,37	0,33	0,25
1,25	0,45	0,41	0,38	0,35	0,27
1,5	0,49	0,45	0,42	0,38	0,30
1,75	0,52	0,47	0,44	0,41	0,32
2,0	0,54	0,49	0,45	0,42	0,33
2,25	0,56	0,51	0,47	0,44	0,35
2,5	0,58	0,52	0,48	0,46	0,36
3,0	0,60	0,54	0,50	0,48	0,38
3,5	0,62	0,55	0,51	0,49	0,39
4,0	0,64	0,56	0,52	0,50	0,40
5,0	0,67	0,59	0,54	0,53	0,43



Рисунок А.2 – Структурна схема АСЕМ

## Додаток Б

ВЫВОД ИТОГОВ								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,883078567							
R-квадрат	0,779827756							
Нормированный R-квадрат	0,730900591							
Стандартная ошибка	59551,93033							
Наблюдения	12							
<i>Дисперсионный анализ</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	2	1,1305E+11	56524967368	15,93854355	0,001102634			
Остаток	9	31917891658	3546432406					
Итого	11	1,44968E+11						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	338234,7827	83370,15228	4,057024888	0,002854663	149638,396	526831,1695	149638,396	526831,1695
Переменная X 1	58,96179743	60,33633332	0,97721877	0,353995242	-77,52847089	195,4520658	-77,52847089	195,4520658
Переменная X 2	7878,519415	1540,739152	5,113467392	0,000633533	4393,125313	11363,91352	4393,125313	11363,91352

Рисунок Б.1 – Результат регрессійного аналізу для двох чинників (обсяг продукції та температура зовнішнього повітря)

ВЫВОД ИТОГОВ								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,869750595							
R-квадрат	0,756466098							
Нормированный R-квадрат	0,732112708							
Стандартная ошибка	59417,65766							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	1	1,09663E+11	1,09663E+11	31,06204483	0,000236289			
Остаток	10	35304580422	3530458042					
Итого	11	1,44968E+11						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
У-пересечение	416396,3314	23467,0453	17,74387555	6,89232E-09	364108,4963	468684,1666	364108,4963	468684,1666
Переменная X 1	8271,189366	1484,065068	5,573333368	0,000236289	4964,486342	11577,89239	4964,486342	11577,89239

Рисунок Б.2 – Результат регрессийного аналізу для найвпливовішого чинника,  
а саме температури зовнішнього повітря

## Додаток В

№ з/п	Споживачі	Одиниця виміру	Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу на одиницю виміру		Підвищувальний коефіцієнт для III, IV кліматичних районів	Тривалість водорозбору, год
			загальна $Q_T^{tot}$	у т.ч. гарячої $Q_T^h$		
1	2	3	4	5	6	7
12	Аптеки – торговельний зал і допоміжні приміщення;	1 працівник	30	12	1,0	12
	– лабораторія приготування ліків	»	310	55	1,0	12
13	Перукарні	1 робоче місце в зміну	56	33	1,1	12
14	Кінотеатри, театри, клуби і дозвілсво-розважальні заклади – для глядачів;	1 чол.	8	3	1,0	4
	– для артистів	»	40	25	1,0	8
15	Стадіони і спортзали – для глядачів;	1 місце	3	1	1,0	4
	– для фізкультурників з урахуванням приймання їжі;	1 чол.	50	30	1,15	11
	– для спортсменів з урахуванням приймання їжі	»	100	60	1,15	11
16	Плавальні басейни – для глядачів;	1 місце	3	1	1,0	6
	– для спортсменів (фізкультурників) з урахуванням приймання душа;	1 чол.	100	60	1,0	8
	– на поповнення басейну	% місткості	10	–	–	8
17	Лазні – для миття в мильній з полосканням у душі;	1 відвідувач	180	120	1,0	3
	– те саме з прийманням оздоровчих процедур;	»	290	190	1,0	3
	– душова кабіна;	»	360	240	1,0	3
	– ванна кабіна	»	540	360	1,0	3
18	Пральні – немеханізовані;	1 кг сухої білизни	40	15	1,0	–
	– механізовані	»	75	25	1,0	–
19	Виробничі цехи – звичайні;	1 працівник у зміну	25	11	1,15	8
	– з тепловиділенням більше ніж 85 кДж на 1 м <sup>3</sup> /год	»	45	24	1,0	6

Рисунок В.1 – Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води