

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНИ Ю.М.

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз ефективності споживання електричної енергії
ТОВ «Широківський елеватор-1»

Виконав: студент 3 курсу, групи 6.1410-с
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Шаповал О.Л.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Саблін О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М. _____
Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень _____
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

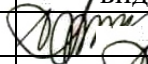

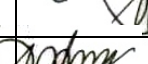

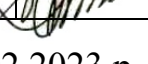
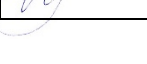
Завідувач кафедри
д.т.н., доц. Зану В.Л. Коваленко
« 20 » 06 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Шаповал Олександр Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Аналіз ефективності споживання електричної енергії ТОВ «Широківський елеватор-1»
керівник роботи Саблін Олег Ігорович, д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1893 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 16 червня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи: Електроспоживання основного обладнання –52,9%; вода питна – 0,5%, газ природний – 46,6 %.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливості впровадження енергозберігаючих заходів на елеваторах та зерносховищах 2) Впровадження заходів підвищення ефективності електроспоживання ТОВ «Широківський елеватор-1» 3) Техніко-економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів на ТОВ «Широківський елеватор-1»
- 5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроспоживання ТОВ «Широківський елеватор-1» 2) Генеральний план 3) Технологічна схема 4) Елеватор стрічковий 5) Привод стрічки елеватора 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання.

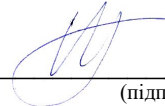
6 Консультанти розділів роботи

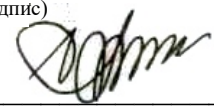
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Саблін О.І., д.т.н. доцент		
Розділ 2	Саблін О.І., д.т.н. доцент		
Розділ 3	Саблін О.І., д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.02.2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливості впровадження енергозберігаючих заходів на елеваторах та зерносховищах	01.03.2023	
2	Впровадження заходів підвищення ефективності електроспоживання ТОВ «Широківський елеватор-1»	01.04.2023	
3	Техніко-економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів на ТОВ «Широківський елеватор-1»	10.06.2023	

Студент  (підпис) О.Л. Шаповал (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  (підпис) О.І. Саблін (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 86 сторінок, 16 рисунків, 12 таблиць, 19 джерел.

Темою дипломної роботи «Аналіз ефективності споживання електричної енергії ТОВ «Широківський елеватор-1».

Метою дипломного проекту є підвищення рівня енергоефективності системи електроспоживання ТОВ «Широківський елеватор-1», визначення економічної доцільності впровадження енергоефективних технологій.

Аналіз втрат електричної енергії, а також не раціональне її використання зможе визначити найбільш доцільні заходи з енергозбереження, в тому числі, заходи з підвищення рівня ефективності системи електроспоживання обладнання підприємства та елеваторного устаткування зокрема.

В економічній частині проведено фінансовий аналіз ефективності запропонованих заходів з енергозбереження.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕВАТОР, НОРІЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ
ЧАСТОТИ, ЗАМІНА ДВИГУНІВ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТІВ,
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз можливості впровадження енергозберігаючих заходів на елеваторах та зерносховищах	8
1.1 Актуальність енергозберігаючих заходів для елеваторів та зерносховищ..	8
1.2 Технологічний процес елеватора.....	10
1.3 Структура енергоспоживання елеватора	
1.4 Аналіз способів обробки зернових на підприємстві.....	21
1.4.1 Змішування зерна різної вологості.....	21
1.4.2 Попередній нагрів сирого зерна	22
1.4.3 Відлежування зерна	23
1.5 Способи підведення до зерна агента сушіння.....	24
1.6 Підведення до зерна атмосферного повітря з метою остаточного охолодження просушеного зерна	26
1.7 Рекуперація (повторне використання) теплоти відпрацьованого агента сушіння	28
1.8 Заміна двигунів елеватора на енергоефективні	32
2 Впровадження заходів підвищення ефективності електроспоживання ТОВ «Широківський елеватор-1».....	33
2.1 Вдосконалення конструкції робочих органів зерносушарок та їх правильна технічна експлуатація	34
2.2 Опис запропонованих напрямів підвищення енергоефективності.....	36
2.3 Модернізація конструкції та роботи елементів зерносховища.....	37
2.4 Впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти.....	45
2.5 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок заміни електродвигунів елеватора.....	61

3 Техніко-економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів на ТОВ «Широківський елеватор-1».....	64
3.1 Загальні показники енергозберігаючих заходів.....	64
3.2 Реконструкція обладнання норії.....	68
3.3 Заміна стрічки та застарілих електродвигунів головок конвеєрів на енергоефективні.....	71
3.4 Впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти	75
3.5 Загальний комплексний проект.....	78
Висновки.....	82
Перелік посилань.....	84

ВСТУП

Загальновідомо, що для підвищення якості зерна, потрібно вчасно довести його до кондиції (якісно досушити, не допустити перегріву і при зберіганні проводити аерацію (вентилювання). На ці операції йде близько 20% енергії від загального обсягу, який потрібен для вирощування зернових культур.

Понад 80% енергоносіїв Україна імпортує і вартість їх постійно зростає. Тому все більш актуальною проблемою є підвищення енергоефективності технологічного обладнання та ефективне використання в технологічних процесах альтернативних джерел енергії. Використання відновлюваних джерел енергії, таких, як сонячні колектори, сонячні електропанелі, вітрові і т.п. джерела енергії, може звести до мінімуму залежність від викопного палива і значно знизити викиди вуглекислого газу CO_2 і викиди оксидів азоту NO_x при спалюванні природного газу.

Одна з найбільш складних технологічних операцій у виробництві зерна - післязбиральна обробка вирощеного врожаю. У всьому технологічному ланцюжку вона також є найбільш ресурсоємним процесом, на здійснення якого витрачається від 30 до 50% палива, від 90 до 98% електроенергії, 15-20% металу, припадає близько 10-12% трудовитрат і близько 15-20% експлуатаційних витрат. Особливо гостро стоїть проблема заощадження енергоресурсів (палива, електричної та теплової енергії) при післязбиральній обробці шляхом максимально економного їх використання. Для цього потрібні певні цілеспрямовані заходи в технологіях виробництва зерна - масове впровадження енергозберігаючих машин і устаткування, вдосконалення технологічних процесів, раціональна організація праці.

Аналіз роботи машин і устаткування для післязбиральної обробки зерна дозволяє встановити фактори, які прямо або побічно впливають на питомі

витрати енергоресурсів, і визначити заходи щодо зниження енергоспоживання даних процесів, особливо сушки зерна.

Щорічно сушінню піддається близько 80% зібраного врожаю, що становить 6,5-7,5 млн тонн. У сільськогосподарських підприємствах є близько 3,2 тис. зерноочисно-сушильних комплексів і близько 1,3 тис. окремо встановлених зерносушарок, 1169 бункерів активного вентилявання типу БВ-40. Значна частина устаткування і машин перебуває за межами амортизаційного терміну. Так, з усієї кількості зерносушарок (у складі комплексів і окремо встановлених) тільки близько 50% мають термін експлуатації до 8 років, а деяка частина експлуатується більше 15 років і потребує заміни та реконструкції.

Оскільки одним з найбільш енергоємних процесів в зерновиробництві є досушування зерна, то розробка та впровадження енергозберігаючих технологій доведення його до кондиції, є важливим і сучасним завданням.

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ НА ЕЛЕВАТОРАХ ТА ЗЕРНОСХОВИЩАХ

1.1 Актуальність енергозберігаючих заходів для елеваторів та зерносховищ

Умовно всі лінійні елеватори можна розділити на дві категорії: ті, на яких зберігають власне зерно, і ті, на яких працюють з покладавцями. Залежно від цього різняться і підходи у господарській діяльності зерносховищ.

Елеватори мають свою специфіку обладнання (вони будувалися в основному недавно, тому тут сучасне оснащення) та економіку. На початковому етапі такі зерносховища виконують роль проміжної ланки між виробником зерна і покупцем. І рентабельність елеватора в такому випадку залежить лише від продажу врожаю.

Хоча з нарощуванням потужностей для зберігання деякі елеватори, спочатку орієнтовані тільки на свою продукцію, починають приймати і давальницьке зерно. Але, як правило, воно не приносить їм основний прибуток.

Друга категорія лінійних елеваторів - це зерносховища, які переважно працюють з давальницькою зерном. Їм доводиться ретельніше прораховувати всі витрати і доходи. Тому тут дуже багато залежить від грамотного економіста. Особливо - у складанні тарифів на послуги.

Якщо говорити про офіційні цифри, то на різних елеваторах однією з найдорожчих послуг є відвантаження, як на авто-, так і на ж / д транспорт.

Однак високі ціни не роблять послуги, пов'язані з відвантаженням, найприбутковішими. Високу рентабельність елеваторів забезпечує сушка. Хоча ця послуга, як не парадоксально, в той же час одна з найбільш витратних для елеватора. Топ-5 найбільш низьких цін на сушку кукурудзи (серед понад 60-ти елеваторів) виглядає так: 10,20 грн за зниження вологості на 1 тонно-процент, 11,50 грн і 12,30 грн, 16,80 грн і 16,95 грн.

І найвищі ціни на сушку кукурудзи: 26,50 грн за зниження вологості на 1 тонно-процент, 27,00 грн, 28,35 грн, 34,25 грн і 45 грн. [1].

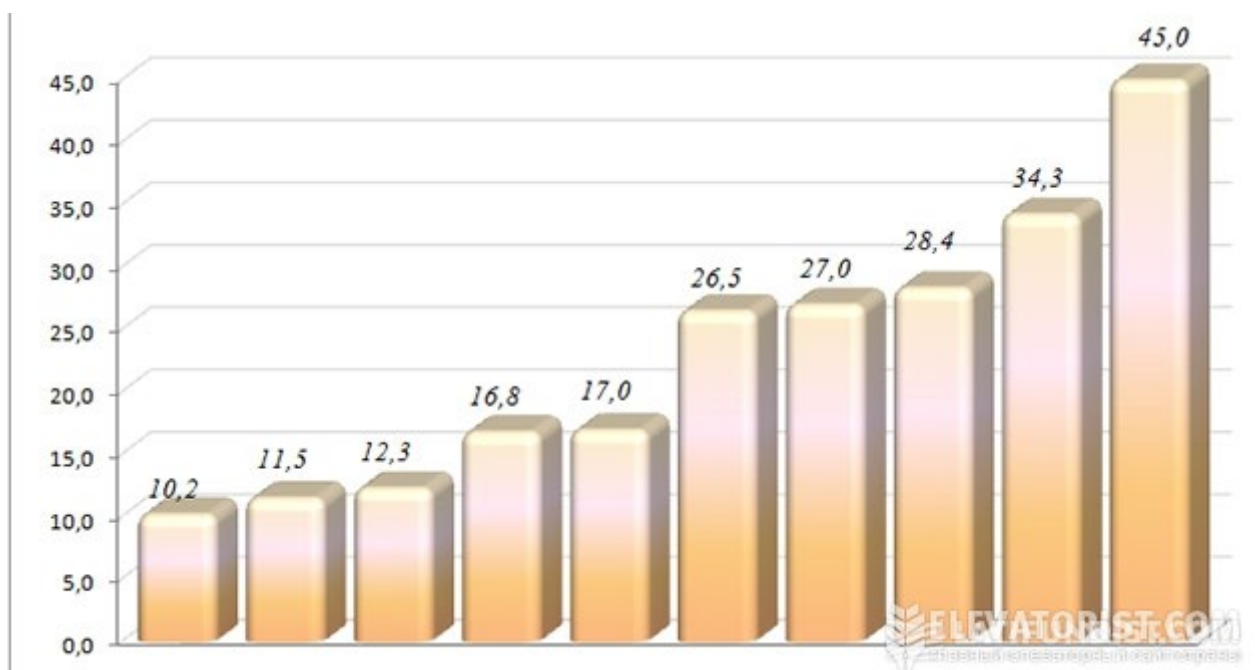


Рисунок 1.1 – Діапазон цін на сушку кукурудзи

Зберігання зерна, порівняно з усіма іншими послугами елеватора, є менш рентабельним.

Витратних статей на зерносховищі достатньо. У цей список входять: амортизація обладнання, енергоносії, заробітна плата, сертифікація, послуги сторонніх організацій, і т.д. Серед них найбільш витратні, за оцінками фахівців, два пункти: енергоносії та амортизація. Якщо не брати в розрахунок людський фактор, основні витрати припадають на застарілі технології та зношене обладнання, у різних елеваторів амортизація різна.

На новому елеваторі амортизаційні витрати істотні. Якщо ж модернізований елеватор, якому 30-50 років, то амортизаційні витрати невисокі. модернізувати старий елеватор економічно вигідніше, ніж побудувати новий, - повернення капіталовкладень відбувається швидше.

Більше третини витрат (40%) припадає на газ. Сьогодні витрата газу на 1 тонно-процент складає на наших підприємствах 1,2-1,3 м³. А на підприємствах, де встановлені старі сушильні комплекси, витрата газу сягає 2-2,2 м³.

Найбільше газу витрачається при сушінні зерна. Тому, саме вона є найбільш витратною за собівартістю послугою зерносховищ.

В її собівартості на 1 тонно-процент тільки оплата газу становить приблизно 7 грн. Також вагомими витратними статтями є витрати на електроенергію і амортизація зерносушарок.

Тому на елеваторах і зерносховищах актуальні як енергозберігаючі заходи, так і проекти заміщення природного газу на місцеві види палива.

1.2 Технологічний процес елеватора

Елеватори являють собою комплекс споруд, до складу яких можуть входити: робоче будівлю, силосні корпуси, пристрої для навантаження і вивантаження зерна, зерносушарки та ін. На територіях діючих підприємств будують елеватори з повним або скороченим комплексом споруд. Широко поширене будівництво силосних корпусів, що прив'язуються до робочих будівлям діючих елеваторів.

Силоси зблоковані з робочим будівлею, де розміщено основне технологічне і транспортне устаткування. Зерно з приймальних бункерів піднімають транспортерами або вертикальними підйомниками (норіями) на верх робочої будівлі, зважують, очищають від домішок, сушать в зерносушарках і направляють по верхньому конвеєру на надсилосні транспортери, які скидають його в силоси. Вивантажують зерно на нижні конвеєри (їх встановлюють у підсилосного поверсі) через отвори з воронками в днищах силосів. Частина силосів обладнають установками для дезінфекції

зерна і активного вентилявання. Температуру зерна вимірюють Термопідвіски, що встановлюються на різних рівнях.

Склад типового елеватора:

- вагова;
- приймальне відділення (для вивантаження ж / д або автотранспорту), являє собою завальну яму різного об'єму проїзного або непроїзними типу;
- робоча вежа, в ній розташовуються машини для попередньої, первинної та, при необхідності, вторинного очищення зерна, а також система аспірації для очищення від легких домішок;
- сушильне відділення, включає в себе ємності для накопичення вологого і сухого матеріалів, а також необхідну кількість сушарок різного виконання з пальниками під потрібний вид палива;
- відділення зберігання, у сучасному елеваторі являє собою силоси (банки) необхідної місткості розташовані або в один ряд, або в кілька взаємопов'язаних рядів, що дозволяє зберігати різні культури або сорту одних і тих же культур в одному елеваторі;
- відділення відвантаження, як правило представляють собою систему бункерів-хоперів для відвантаження на ж / д або автотранспорт;
- транспортне обладнання пов'язує всі маршрути елеватора (норіями і транспортерами різних видів і модифікацій);
- металоконструкції (норійні вишки і транспортні мости та галереї);
- системи електрики та автоматизації, включають в себе шафи управління, частотні перетворювачі, датчики, електро-кабельну продукцію, освітлення і т.д .;
- адміністративно-побутовий корпус, лабораторія, пожежний резервуар та інші, необхідні за нормативами, будівлі та споруди. [2]

1.3 Структура енергоспоживання елеватора

Одним із методів оцінки ефективності використання енергії є складання рівняння енергобалансу, що показує взаємодію між енергією, що надходить і енергією, яка затрачена на виконання корисної роботи з урахуванням втрат при її споживанні. Метою розроблення енергетичних балансів є підвищення ефективності використання у промисловості всіх видів палива та енергії, обґрунтування раціональних схем енергопостачання, визначення та аналіз фактичного стану енергоресурсів, встановлення причин та наслідків для раціонального енергетичного використання та оцінки економії палива та енергії, визначення можливостей та способів використання вторинних енергетичних ресурсів.

За допомогою енергетичного балансу можна визначити та проаналізувати фактичний стан використання енергетичних ресурсів, встановити причини та наслідки нераціонального використання енергії, розробити організаційно-технічні заходи, спрямованні на зниження втрат паливно-енергетичних ресурсів.

Для розроблення та аналізу енергетичного балансу необхідно отримати первинну інформацію про промисловий об'єкт, до складу якої входить:

- інформація про функції, які виконує об'єкт;
- проектні та фактичні дані про енерговикористання на підприємстві;
- техніко-економічні та енергетичні характеристики технологічних процесів, установок та устаткування;
- техніко-економічні характеристики енергоресурсів.

Енергетичні баланси допомагають визначити напрямки проведення робіт для досягнення більш ефективного енерговикористання. Енергетична характеристика підприємства наведена в табл. 1.1-1.4.

Таблиця 1.1 - Наявність приладів обліку та контролю

Кількість електричних вводів До 1 кВ	0	в т.ч. що оснащені приладами обліку	0
Більше 1 кВ	2		2
Кількість трансформаторних підстанцій	3	в т.ч. що оснащені приладами обліку	1
Встановлена потужність встановлених трансформаторів	1200 кВА		
Кількість теплових вводів	0	в т.ч. що оснащені приладами обліку	0
Кількість газових вводів	1	в т.ч. що оснащені приладами обліку	1
Кількість вводів води	1	в т.ч. що оснащені приладами обліку	1

Таблиця 1.2 – Характеристика систем енергопостачання

№ з/п	Система	Характеристика
1	2	3
1	Система електропостачання	
	Типи трансформаторних підстанцій	КТП
	Напруга	6/0,4 кВ
	Кількість ліній	
	До 1 кВ	2
	Більше 1 кВ	2
	Заявлена потужність в часи максимуму, кВт	350
	Річне використання електроенергії, тис. кВт год	820
	Вартість 1 кВт·год (з ПДВ), грн	1,2389
2	Система тепlopостачання	
	Річне використання теплової енергії, Гкал	-
	Кількість котлів та їх типи	7

Продовження таблиці 1.2

1	2	3		
	Вид та кількість палива, що використовують за рік	газ природній 194773 м ³		
	Середньорічне вироблення тепла, Гкал	-		
	Наявність сторонніх споживачів теплової енергії	немає		
	паровими котлами	немає	в т.ч. на технологію	немає
	водогрійними котлами	немає	в т.ч. на технологію	немає
	Процент повернення конденсата	немає		
	Кількість теплових пунктів	немає		
	Вартість 1 м ³ (з ПДВ)	3,80 грн.		
3	Система вентиляції			
	Кількість приточних систем, від теплоносія	немає		
	Кількість витяжних систем	немає		
	Кількість теплових завіс	немає		
4	Система холодопостачання			
	Середньорічне вироблення холода, кВт	немає		
	Тип компресорного обладнання	немає		
	Вид хладагента	немає		
5	Система водопостачання			
	Річне використання міської води, м ³	1564		
	Наявність власних джерел водопостачання, тип, кількість	немає		
	Наявність систем оборотного водопостачання, тип, кількість	немає		
	Річне використання артезіанської води, м ³	немає		
	Вартість 1 м ³ води	5,11 грн.		

Продовження таблиці 1.2

1	2	3		
6	Система воздухопостачання, газове господарство			
	Тип, кількість та продуктивність компресорів централізованої системи	немає		
	Система охолодження	немає		
	Тип, кількість та продуктивність компресорів децентралізованої системи	немає		
	Система охолодження	немає		
7	Система каналізації			
	Наявність власних, КНС та очисних споруд, тип ОС, проектна потужність	немає		
8	Енергетичне технологічне обладнання			
	Кількість технологічних ліній	7		
	Кількість електроприймачів технологічних ліній	223		
	газові печі	зерносушарка 2		
	електропечі	3	в т.ч.	
	інше обладнання	-		

Таблиця 1.3 – Опалювальні будівлі та споруди

№	Найменування будівель	Площа, м ²
1	2	3
1	Будівля автовагів	84,1
2	Будівля тароремонтної майстерні	1003,8
3	Склад готової продукції №14 (каб. №2,3)	19,5
4	Автогараж на 8 місць	433,9
5	Побутове приміщення виробничого цеху	271,3
6	Пожежний гараж	154,9
7	Автозаправочна станція	13,8
8	Гараж для тепловоза	284,4

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
9	Слесарна майстерня виробничого цеху	12,5
10	Столова та магазин	783,8
11	Адміністративний корпус	343,7
12	Будівля контрольно-пропускного пункту	65,7
13	Будівля мукомольного цеху	82,9

Таблиця 1.4 – Неопалювальні будівлі та споруди

№	Найменування споруд	Площа м ²
1	2	3
1	Будівля мукомольного цеху	685,7
2	Склад готової продукції №14 (без каб. №2,3)	1314,4
3	Склад готової продукції №15	1211,2
4	Зерносклад № 7	722,1
5	Силосний цех готової продукції	1267,7
6	2-поверховий склад сировини	2048,7
7	Будівля прийомного пристрою автотранспорту	79,8
8	Будівля прийомного пристрою залізничного транспорту	380,9
9	Склад трав'яної муки № 1	997,5
10	Матеріальний склад	56,8
11	Матеріальний склад ядохімікатів	339,3
12	Матеріальний склад	899,5
13	Склад для зберігання сіна	682,3
14	Зерносклад № 16	1196,1
15	Зерносклад № 17	1122,2
16	Зерносклад № 13	1229

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
17	Зерносклад № 4	2402,6
18	Зерносклад № 2	1906,8
19	Зерносклад № 3	1055
20	Зерносклад № 5	965
21	Зерносклад № 6	1294
22	Зерносклад № 9	1224,4
23	Зерносклад № 10	1213,2
24	Зерносклад № 11	1219
25	Зерносклад № 12	3245,2
26	Зерносушарка ДСП-32 № 1	75
27	Зерносушарка ДСП-32 № 2	115,5
28	Зерносушарка ДСП-50	109,6
29	Будівля енергоцеху	147,5
30	Будівля лабораторії	353,5
31	Будівля літньої лабораторії	87,6
32	Склад ядохімікатів	192

На підставі отриманої інформації визначаються джерела надходження енергії і всі напрямки її витрат. Аналізуючи фактичний стан використання об'єктом споживаної енергії можна виділити основні місця, де з'являються ознаки неефективного використання енергії, її додаткових витрат. На підставі аналізу розробляються рекомендації зі зниження виявлених витрат, що дозволяють провести економічні оцінки енергозберігаючих заходів.

Річне споживання енергоресурсів визначаємо за даними таблиці 2.2, знаходимо відсоток річних витрат кожного енергетичного ресурсу, для чого

треба усі енергетичні ресурси привести до однакових одиниць вимірювання - тонн умовного палива (т.у.п.), з розрахунку, що:

1МВт·год електроенергії=0,123 т.у.п.

1 тис м³ природного газу = 1,15 т.у.п.

Знаходимо витрати на споживання кожного енергетичного ресурса, та визначаємо структуру витрат на енергетичні ресурси , з розрахунку, що в 2014 році

Вартість 1 кВт·год (з ПДВ) 1,2389грн

Вартість 1 м³ природного газу (з ПДВ) 6,80 грн.

Вартість 1 м³ води 6,11 грн.

Усі дані розрахунку заносимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Структура витрат на енергоспоживання елеватора за 2021 р

Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат.од.	Витрати, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	820	1197,2	54,5
Вода	м ³	1364	9,6162	0,4
Природний газ	тис. м ³	154,773	990,5472	45,1
Всього		—	2197,3634	100

Аналізуючи структуру споживання енергоресурсів за 2021 рік, можна сказати, що електроенергія та природний газ у загальному енергоспоживанні підприємства склали відповідно 54 та 45%. Проте, щодо витрат на енергоресурси співвідношення було дещо інше: електроенергія – 53%, природний газ 47%. Найбільші матеріальні витрати припадають на електроенергію.

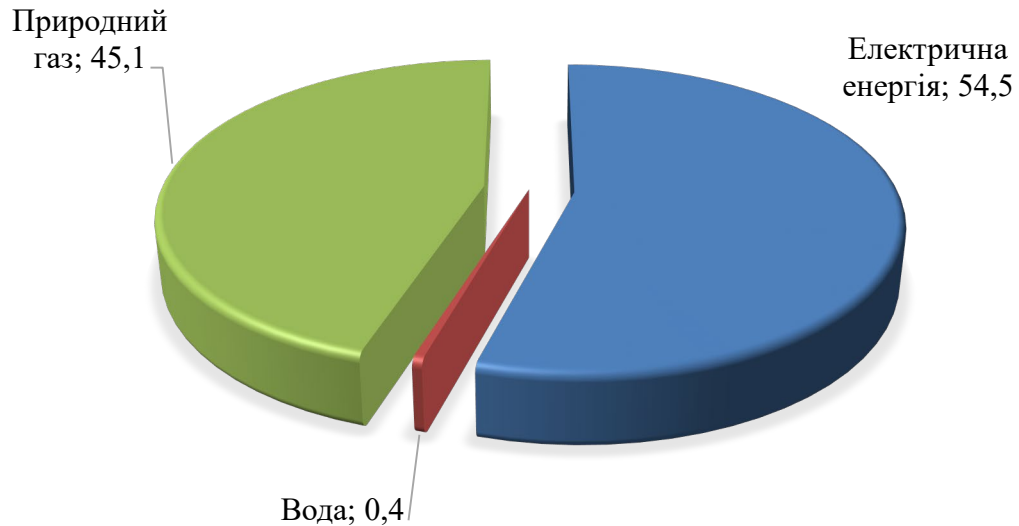


Рисунок 1.2- Структура витрат на енергоспоживання елеватора

Проведемо аналогічні розрахунки за тарифами 2021 року, оскільки в 2021 році

Вартість 1 кВт·год (з ПДВ) 1,6813грн

Вартість 1 м³ природного газу (з ПДВ) 9,20 грн.

Вартість 1 м³ води 8,36 грн.

Таблиця 1.6 – Структура енергоспоживання елеватора за 2021 рік

Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат.од.	Витрати за 2021 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	820,0	1377,6	52,9
Вода	м ³	1564,0	13,1	0,5
Природний газ	тис. м ³	134,8	1213,0	46,6
Всього		—	2603,6	100

За даними таблиці будемо діаграму структури енергоспоживання елеватора.

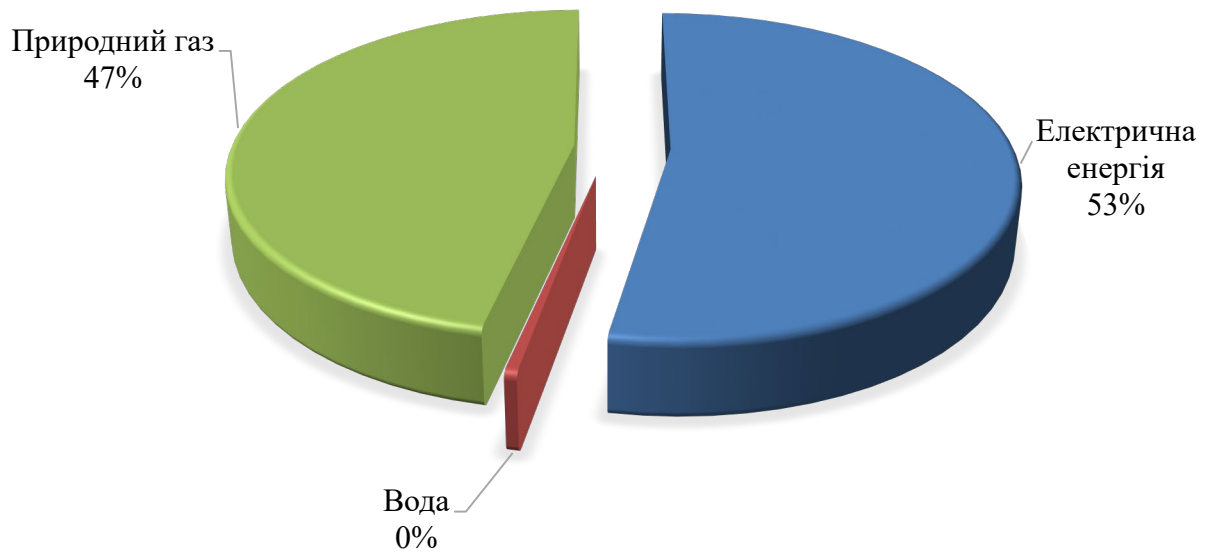


Рисунок 1.3 - Структура енергоспоживання елеватора

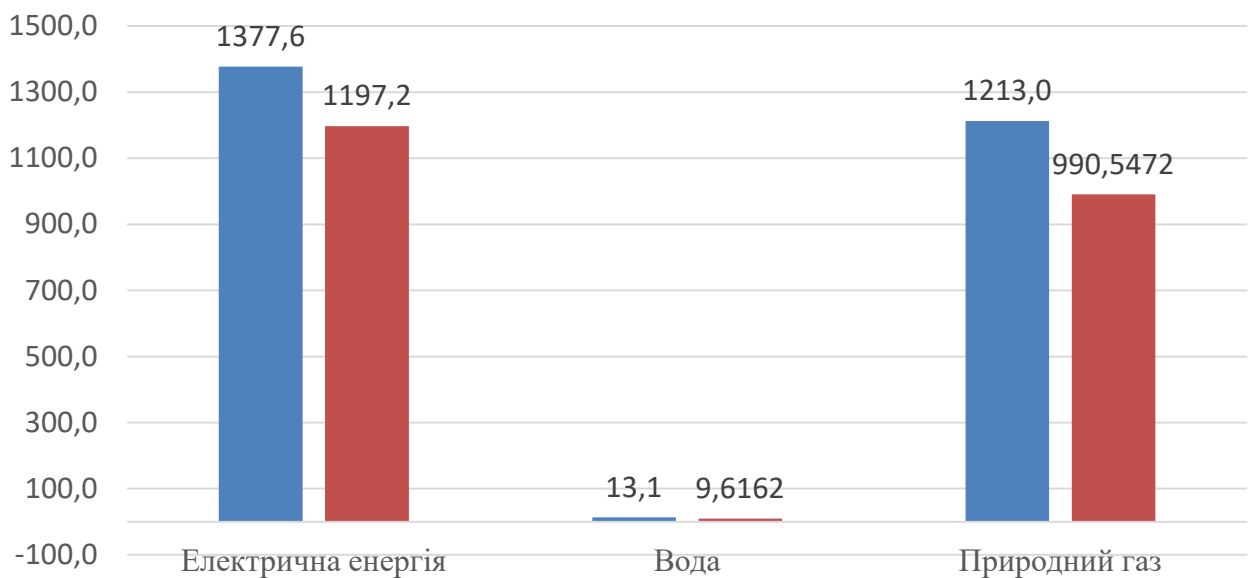


Рисунок 1.4 - Динаміка витрат на енергоресурси

Судячи з отриманих даних можна зробити висновок, що для даного підприємства доцільна економія обох видів енергоресурсів. Основними споживачами електроенергії є транспортувальне зернове обладнання: конвейєри та норії (зернові елеватори) та вентилятори для сушіння та охолодження зерна. Природний газ споживається на опалення приміщень, де знаходиться персонал, та на процес сушіння зерна в зерносушарках.

1.4 Аналіз способів обробки зернових на підприємстві

У використовуваних в даний час зерносушарках застосовуються різноманітні технологічні способи підвищення ефективності видалення вологи з зерна.

Основними з цих способів є:

- змішування зерна різної вологості і температури;
- короткочасний нагрів сирого (з метою його попереднього нагрівання) або суміші сирого і рециркуляційного просушеного зерна;
- відлежування багатокomпонентної по вологості і температурі суміші зерна або однорідного (по вологості і температурі) зерна;
- застосування різних способів підведення агента сушіння до зерна;
- утилізація теплової енергії при охолодженні просушеного зерна.

Кожен з перерахованих способів має різний вплив на вдосконалення технології сушіння зерна та зниження енерговитрат.

1.4.1 Змішування зерна різної вологості

Сутність процесу полягає в поверненні (рециркуляції) в сушарку частини просушеного зерна і змішуванні його з сирим зерном, що подається на сушку з метою зниження вологості і підвищення температури сирого зерна за рахунок тепло- і масообмінних процесів, що відбуваються між сирим і просушеним зерном. Даний процес здійснюється на сучасних зерносушарках, що працюють в циркуляційному режимі (при запуску сушарки, коли просушується перша пускова партія зерна), або при сушінні зерна з високою вологістю, наприклад зерна кукурудзи, коли для видалення зайвої вологи недостатньо

одного пропуску через зерносушарку. В окремих випадках він може дати суттєвий ефект, але при цьому завжди знижується продуктивність сушіння.

1.4.2 Попередній нагрів сирого зерна

. Практично у всіх сучасних зерносушарках сушильна шахта розділена на зони: попереднього нагрівання, сушіння й охолодження.

Основна мета попереднього нагрівання - підвищення температури зерна до гранично допустимої (при даній вологості) і одночасне випаровування до 30-40% від загальної кількості вологи, що випаровується із зерна в процесі сушіння. При цьому інтенсифікується дифузія вологи з внутрішніх шарів зернівок до їх поверхні, в результаті знижуються витрати теплоти на випаровування вологи при подальшій сушці, що в підсумку дозволяє заощадити паливо.

Попередній нагрів зерна може здійснюватися в малорухливому шарі в спеціальних установках з власним джерелом нагріву теплоносія. Подібна технологічна схема сушіння реалізована в зерноочисно-сушильному комплексі ЗСК-30 і ЗСК-20-01 (рисунок 1.5).

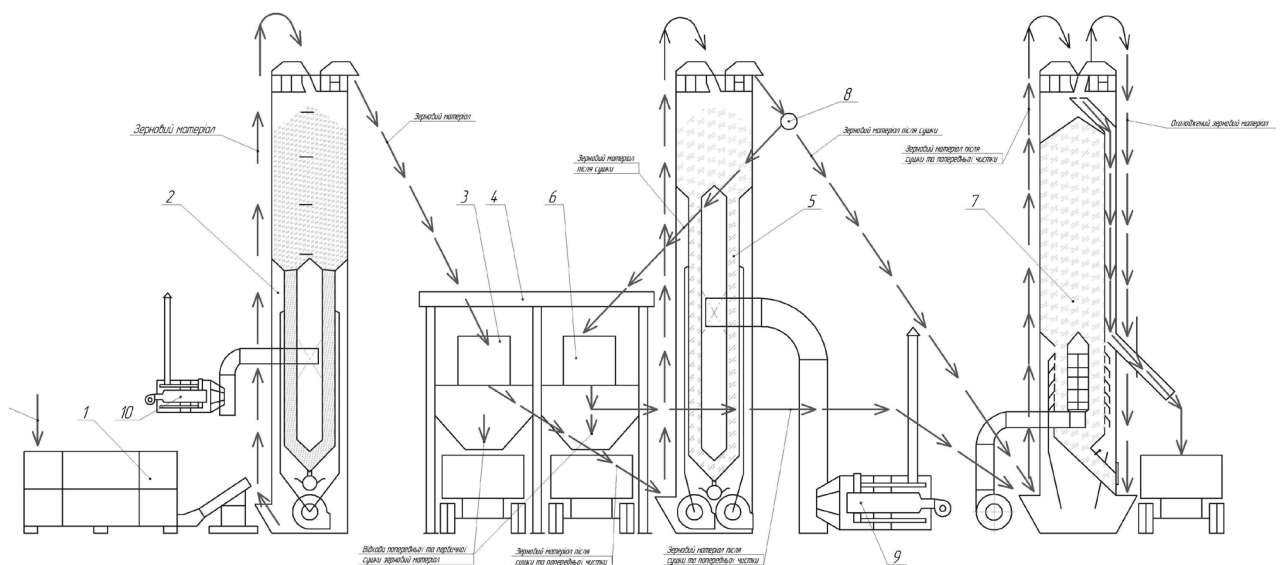


Рисунок 1.5 - Технологічна схема зерноочисно-сушильного комплексу

Сире зерно з приймально-подаючого пристрою 1 надходить в вентиляований бункер-накопичувач 2, де відбувається нагрів зернового купи і початкове зниження його вологості за рахунок вентилявання підігрітим повітрям з повітрянагрівача 10.

На цьому етапі із зерна видаляється 30-40% початкової вологи (вологість зерна знижується на 3-5%). Підсушений зерновий ворох далі направляється на попередню очистку 3. Після попереднього очищення зернова купа подається в сушарку 5. З сушарки зернова купа подається на машину первинного очищення 6. Після первинного очищення зернова купа подається в вентиляований бункер-накопичувач сухого зерна 7, а відходи очищення збираються в бункері 4. У вентиляованому бункері 7 зерно циркулює і охолоджується атмосферним повітрям, при цьому із зерна видаляється зайва волога, що залишилася (вологість зерна знижується на 1-2% і досягає кондиційної). Сухе охолоджене зерно вивантажується в транспортний засіб або в механізований склад.

В результаті застосування попереднього нагрівання подальша сушка протікає більш ефективно, у результаті витрати теплової енергії зменшуються на 15-20% порівняно з сушкою без попереднього нагрівання.

1.4.3 Відлежування зерна

Відлежування багатокомпонентної по вологості і температурі суміші зерна ґрунтується на частковому перерозподілі вологи між сирими і сухими компонентами суміші і при одночасному вирівнюванні їх температури. Ефективність міжзернових тепло- і масообмінних процесів залежить від тривалості відлежування.

Численними дослідженнями різних авторів встановлено, що при змішуванні зерна з різною температурою вирівнювання її між окремими

компонентами суміші відбувається за незначний проміжок часу (до 10-15 хвилин).

У практиці зерносушіння застосовується прийом відлежування однорідного по вологості і температурі зерна. Це характерно, наприклад, для сушіння зерна з високою вологою в умовах послідовного пропуску його через паралельно розташовані шахти однієї і тієї ж зерносушарки або через шахти двох паралельно встановлених зерносушарок.

У зарубіжній практиці цей прийом знаходить широке застосування в умовах роздільної сушки зерна, коли основна маса вологи видаляється з зерна в зерносушарці, а досушування (після відлежування) здійснюється на установках активного вентиляювання атмосферним повітрям або штучно охолодженим і зневоднених повітрям.

У першому випадку тривалість відлежування однорідного по вологості і температурі зерна обмежується місткістю надсушильних бункерів і залежить від початкових параметрів зерна, обраних режимів сушіння (швидкості випуску зерна із зерносушарки). У другому випадку тривалість отлежки визначається місткістю установок активного вентиляювання і може досягати 6-8 годин.

У процесі такого відлежування волога з внутрішніх шарів окремих зернівок, підсушених, дифундує до їх поверхні, зневодненої перед цим прийомом в зерносушарках, тобто зерно як би відпотіває. В результаті подальше зневоднення такого зерна проходить більш інтенсивно, що сприяє значному зниженню витрат теплової енергії на сушку.

1.5 Способи підведення до зерна агента сушіння

У сучасній практиці зерносушіння для зневоднення зерна в переважній більшості у всіх типах зерносушарок використовується конвективне підведення тепла до зерна, що висушують. Процес протікає при постійній швидкості сушки

і супроводжується поступовим підвищенням температури зерна. Для шахтних і колонкових зерносушарок режим сушки, поряд з температурою агента, зазвичай характеризують гранично допустимою температурою нагріву зерна, значення якої для конкретних типів сушарок приймають з урахуванням впливу на нерівномірність нагрівання таких факторів, як нерівномірний розподіл агента сушіння по перетину шахти; по довжині підвідних і відвідних коробів; нерівномірна швидкість переміщення окремих шарів зерна по перетину шахти або колони.

Максимальної температури зерно досягає до моменту виходу із зони сушіння, внаслідок чого процес сушіння протікає з низькою ефективністю. Цьому сприяє і те, що в прагненні убезпечити зерно від перегріву (в результаті мають місце значні нерівномірності нагріву і сушіння) намагаються запобігти досягнення гранично допустимої температури нагріву зерна, яка визначається його термостійкістю.

Важливою особливістю поточних зерносушарок є спосіб переміщення агента сушіння щодо висушуваного зерна. За цією ознакою сушильні установки поділяються на такі групи: з поперечним підведенням теплоносія, прямоточним (у напрямку руху зерна, що просушуємо) і протитечійним (назустріч руху зерна).

Найбільшого поширення набув поперечний підвід агента сушіння, коли зерновий потік обробляється теплоносієм перпендикулярно напрямку його руху. За таким принципом працюють всі вітчизняні та зарубіжні колонкові і шахтні зерносушарки.

Однак найбільший вплив на витрати тепла на сушку робить спосіб підведення повітря в сушильну камеру нагнітанням (надувом) або протяжкою (просмоктуванням). Більшість вітчизняних і зарубіжних зерносушарок працюють способом протягання сушильного агента - економія тепла становить до 20% в порівнянні з надувом теплоносія за рахунок створення розрідження в сушильній камері (ефект вакууму), що сприяє прискоренню випаровування вологи з зернівок.

1.6 Підведення до зерна атмосферного повітря з метою остаточного охолодження просушеного зерна

Використовується для приведення зерна в стан, рівноважний не тільки по вологості, але і по температурі з навколишнім середовищем, для забезпечення можливості подальшого зберігання його тривалий час без погіршення якості. Одночасно з охолодженням має місце додаткове зневоднення зерна, яке інтенсифікується з підвищенням температури подаваного на охолодження зерна і зі збільшенням тривалості його відлежування (перед охолодженням) в охолоджувальних колонках або накопичувальних бункерах. Якщо врахувати, що при остаточному охолодженні видаляється найбільш сильно пов'язана частина вологи, що випаровується із зерна в процесі сушіння, то стає зрозумілою важливість остаточного охолодження.

Відповідно до діючих норм зерно після охолодження повинно мати температуру, що не перевищує температуру зовнішнього повітря більш ніж на 10 °С.

У зарубіжній практиці з метою зниження витрат палива та електроенергії на сушіння велике значення приділяється способу підведення до зерна повітря для його охолодження і одночасного видалення значної кількості вологи. Причому цей прийом використовується як до сушки, так і після. Практикою встановлено, що при охолодженні зерна в силосах та бункерах велике значення має спосіб підведення повітря до охолоджуваного зерна. Одним із способів, що дає найбільшу економію паливно-енергетичних ресурсів, є сушіння за методом драйаерації (сушити й вентилювати). Запозичений з американської практики зерносушіння, цей спосіб знайшов широке застосування у Франції. Суть його полягає в повільному роздільному охолодженні зерна після сушіння. При звичайному сушінні зерно зневоднюється до вологості 15-16%, а накопичене в зерні тепло видаляється

шляхом інтенсивного охолодження атмосферним повітрям в охолоджувальній камері зерносушарки.

При драйаерації зерно охолоджується не в сушарці, а в камерах, оснащених системою вентиляції. Процес сушіння зерна відбувається в чотири етапи.

1. Прискорене зневоднення в сушарці до вологості 18-19% при температурі агента сушіння 110-120 °С і температурі нагріву зерна 50-60 °С.

2. Зерно з температурою 50-60 °С направляється в камери драйаерації, де його залишають на 8-12 годин (включаючи час завантаження) для відлежування і подальшого зневоднення, щоб внутрішня волога зерна перейшла у більш суху поверхневу периферичну зону.

3. Повільне охолодження зерна атмосферним повітрям протягом 12-15 годин з питомою витратою повітря 40-60 м³ на 1 м³ зерна. Тут не тільки зерно охолоджується перед розміщенням його на зберігання, але і використовується залишкова теплота в якості енергії випаровування, що дозволяє знизити вологість на 1,5-3,0%.

4. Розвантаження камер драйаерації від зерна і подача його в сховище.

Весь цикл драйаерації розрахований на 32 години. Чотирикамерний блок з двома вентиляторами забезпечує нормальну роботу сушарки. Послідовні завантаження і розвантаження забезпечують повний оборот блоку камер за 72 години, при цьому місткість однієї камери розрахована на 8 годин роботи сушарки. Метод драйаерації дозволяє збільшити продуктивність сушарки до 40% і знизити споживання паливно-енергетичних ресурсів на 20-22%, однак вимагає додаткових вентиляційних камер (бункерів) з потужними вентиляторами. Процес безперервної драйаерації, розроблений французькою фірмою «Law», виключає ці проблеми. Неохоложене зерно з сушарки подається конвеєром у верхню частину ізолюваної установки драйаерації і проходить в невентильовану зону відлежування, де середній час перебування становить 8 годин. Із зони відлежування зерно переміщується в зону вентиляції з охолодженням. Дві зони ефективно розділені на невентильовану і

вентилювану секції за допомогою повітряводів, які направляють відпрацьоване повітря у витяжну трубу без проходження його через зерно в зоні відлежування. Зерно проходить через зону вентиляції протягом 8 годин, після чого розвантажувальний механізм видаляє охолоджене зерно з силосу. В результаті місткість установки драйерації повинна бути в 16 разів більше максимальної годинної продуктивності сушарки (а не в 32 рази, як при описаній вище періодичній драйерації).

Подібний метод застосований в зерноочисно-сушильних комплексах ЗСК-60Ш (80Ш) і ЗСК-100 виробництва ТОВ «Широківський елеватор-1». У конструкціях комплексів застосований метод охолодження і досушування зерна в бункері-накопичувачі-охолоджувачі, а сушарка працює повністю в режимі нагріву. Це дає можливість випускати з сушарки зерно по досягненні ним вологості приблизно на 1-2% вище необхідної кінцевої. У порівнянні з швидким охолодженням такий метод дозволяє знизити витрати палива на 14-18% і збільшити продуктивність сушарки. Сушарка СЗШ-60 може працювати в повному обсязі - з трьома шахтами (місткістю 138 тонн (по пшениці)), у неповному обсязі - з двома шахтами (92 тонни) або однієї шахтою (46 тонн).

Контроль якості сушіння відбувається вологомірами, що працюють в потоці зерна. Температура повітря і нагрівання зерна контролюються датчиками автоматичної системи керування з виведенням на дисплей пульта управління або монітор комп'ютера .

1.7 Рекуперация теплоти відпрацьованого агента сушіння

В даний час у вітчизняному та зарубіжному зерносушінні є певний досвід використання теплоти відпрацьованого агента сушіння, втрати якого, за даними цілого ряду дослідників, можуть досягати 30-40% всіх непродуктивних витрат теплоти в зерносушарках.

До останнього часу в нашій країні були відсутні дані про межі можливого використання теплоти відпрацьованого агента сушіння з різним вмістом вологи. Всі рекомендації зводилися до того, що повторно можна використовувати лише агент з низьким вмістом вологи, що виходить з нижніх зон сушіння та із зони охолодження зерна.

У зарубіжній практиці, зокрема у Франції та США, є велика різноманітність технічних рішень цієї проблеми. У Франції фірмою «Law» розроблена рекуперативна зерносушарка з використанням теплоти відпрацьованого агента сушіння, який перед викидом в атмосферу проходить через теплообмінник, де віддає частину своєї теплоти рідини (гліколевої воді). Підігріта вода прямує в інший теплообмінник, що знаходиться на шляху проходження зовнішнього повітря, що надходить в сушарку, яке таким чином частково підігрівається, що знижує витрати палива на сушку. Для більшості французьких сушарок характерно повторне використання слабо насиченого парами відпрацьованого агента, що виходить з нижньої частини зон сушіння з температурою 50-60 °С, шляхом повернення у верхню частину сушарки або в топку (на змішування з агентом сушки). Залежно від способу використання вторинного тепла і конструкції сушарки можна досягти економії від 10 до 30% тепла на кожен кілограм випарюємої вологи.

У США в останні роки все більше застосування отримують сушарки з рециркуляцією відпрацьованого агента сушіння і охолоджуючого повітря, що пройшло через охолоджувальну камеру. За даними фірм, що випускають такі сушарки, в них забезпечується економія палива на 50% в порівнянні із звичайними сушильними установками. Зокрема, знаходять застосування сушарки з паралельним потоком агента сушіння (агент сушіння рухається зверху вниз в прямотоці з зерном) і охолоджуючого повітря (повітря рухається в протivotці з зерном). Процес сушіння відбувається в три стадії. На першій стадії частина агента сушіння використовується для попереднього нагрівання сирого зерна. На наступній стадії зерно рухається вниз в прямотоці з агентом сушіння. На третій стадії охолоджуюче повітря проходить через сухе нагріте

зерно, відбираючи у нього частину тепла. Все відпрацьоване охолоджуюче повітря і близько 60% відпрацьованого сушильного агента циркулюють між вентилятором і камерою згорання. За даними фірми-виробника, використання такої рециркуляційної системи дозволяє зменшити споживання палива на 35%.

1.8 Заміна двигунів елеватора на енергоефективні

В енергозберігаючих двигунах за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза й міді) підвищені номінальні значення ККД й $\cos\phi$. Енергозберігаючі двигуни використовуються, наприклад, у США і дають ефект при постійному навантаженні. Доцільність застосування енергозберігаючих двигунів повинна оцінюватися з урахуванням додаткових витрат, оскільки невелике (до 5%) підвищення номінальних ККД й $\cos\phi$ досягається за рахунок збільшення маси заліза на 30-35%, міді на 20-25%, алюмінію на 10-15%, тобто подорожчання двигуна на 30-40%.

Орієнтовні залежності ККД і $\cos\phi$ (від номінальної потужності для звичайних та енергозберігаючих двигунів фірми Гоулд (США) наведені на рисунку 1.10.

Підвищення ККД енергозберігаючих електродвигунів досягається такими змінами в конструкції:

- подовжуються сердечники, що їх збирають із окремих пластин електротехнічної сталі з малими втратами. Такі сердечники зменшують магнітну індукцію, тобто втрати в сталі.

- зменшуються втрати в міді за рахунок максимального використання пазів і використання провідників підвищеного перетину в статорі й роторі.

- додаткові втрати зводяться до мінімуму за рахунок ретельного вибору числа й геометрії зубців і пазів.

- виділяється при роботі менше тепла, що дозволяє зменшити потужність і розміри охолоджувального вентилятора, що призводить до зменшення вентиляторних втрат, а отже, зменшення загальних втрат потужності.

Порівнювальна оцінка параметрів енергозберігаючих та звичайних двигунів показана на рисунку 1.10

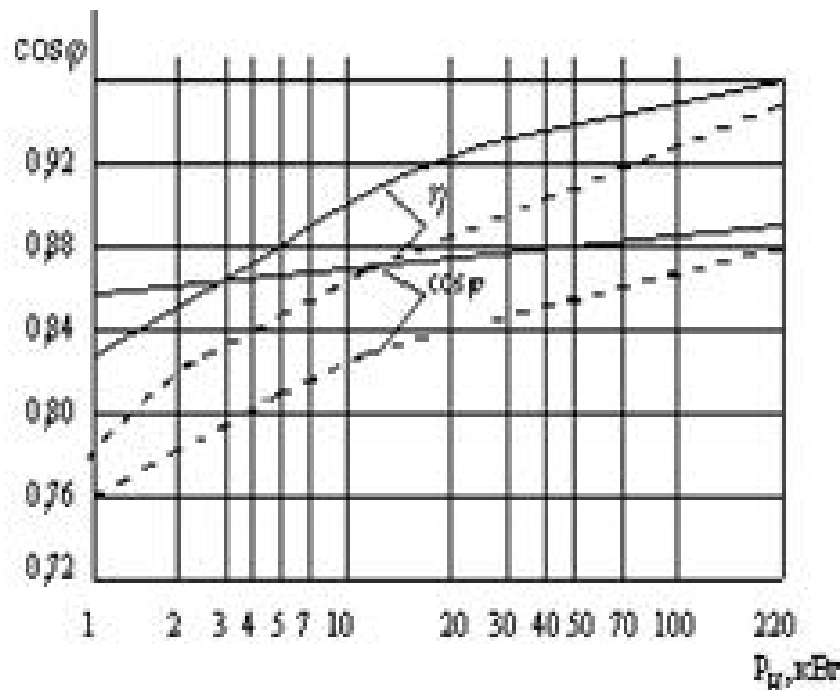


Рисунок 1.10- Орієнтовні залежності ККД і $\cos \varphi$

Електродвигуни з підвищеним ККД забезпечують зменшення витрат на електроенергію за рахунок скорочення втрат в електродвигуні.

Проведені випробування трьох «енергозберігаючих» електродвигунів показали, що при повнім навантаженні отримана економія склала: 3,3% для електродвигуна 3 кВт, 6% для електродвигуна 7,5 кВт й 4,5% для електродвигуна 22 кВт.

Економія при повнім навантаженні приблизно становить 0,45 кВт, що при вартості енергії 0,06 долара/кВт·год становить 0,027 долара/год. Це еквівалентно 6% експлуатаційних витрат електродвигуна.

Ціна звичайного електродвигуна 7,5 кВт, як наведено у прайс-листах, становить 171 долар США, тоді як вартість електродвигуна з підвищеним ККД

- 296 доларів США (надбавка до ціни - 125 доларів США). З наведеної таблиці видно, що період окупності для електродвигуна з підвищеним ККД, розрахований на основі маргінальних витрат, становить приблизно 5000 годин, що еквівалентно 6,8 місяців роботи електродвигуна при номінальному навантаженні. При менших навантаженнях період окупності буде трохи більше.

Ефективність використання енергозберігаючих двигунів буде тим вища, чим більше завантаження двигуна й чим ближче режим роботи його до постійного навантаження.

Застосування й заміна двигунів на енергозберігаючі повинна оцінюватися з урахуванням всіх додаткових витрат і строків їхньої експлуатації.

2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ТОВ «ШИРОКІВСЬКИЙ ЕЛЕВАТОР-1»

2.1 Вдосконалення конструкції робочих органів зерносушарок та їх правильна технічна експлуатація

Як показує практика, будь-які конструктивні удосконалення, що сприяють інтенсифікації процесу сушіння, скорочують енергетичні витрати на сушку. Так, наприклад, більш рівномірний розподіл агента сушіння по перетину шахти і по окремих коробам забезпечується шляхом зниження швидкості потоку агента сушіння на вході в підвідні коробка сушильної шахти. Для цього необхідно збільшити перетин підвідного дифузора і встановити його, по можливості, по всій висоті шахти.

Експлуатація зерносушарок відповідно до інструкцій і технологічних регламентів не завжди є достатньою гарантією якісного сушіння при мінімальних енерговитратах. Багато чого залежить від кваліфікації обслуговуючого персоналу, обізнаності його про вузькі місця експлуатованих зерносушарок, про ступінь впливу тих чи інших факторів на якість зерна, витрати палива та електроенергії на сушіння. Таким чином, економію палива в процесах сушіння зерна можна забезпечити за рахунок таких прийомів:

1. Автоматизації процесу сушіння - організації контролю вологості та регулювання заданого значення вологості просушеного зерна. Це забезпечує підтримання оптимальної витрати агента сушіння і повітря (запобігається пересушування).

2. Вдосконалення конструкції зерносушарки:

- зведення до мінімуму нерівномірності нагріву і сушіння зерна (рівномірний розподіл агента сушіння по перетину шахти і по довжині коробів), безперервного випуску просушеного зерна;

- рекуперації тепла відпрацьованого агента сушіння з використанням спеціальних систем для зневоднення насиченого вологою відпрацьованого агента сушіння, що подається на повторне використання;

- сушіння в умовах розрідження (методом протягання агента сушіння через шар зерна витяжними вентиляторами);

- ведення процесу охолодження зерна на виносних охолоджувальних установках в умовах, що дозволяють максимально використовувати внутрішню теплову енергію зерна для випаровування вологи.

Вишукування додаткових шляхів більш раціонального використання палива та електроенергії на сушіння можливо на основі подальших досліджень, пов'язаних з розробкою нових технологічних способів зневоднення і принципово нових способів сушіння та підведення тепла до зерна, в тому числі з використанням сонячної енергії, заміною традиційних видів палива відновлюваними джерелами.

Інший аспект економії – ефективний спосіб використання високотемпературного сушіння зерна у поєднанні з активним вентиляванням. Даний спосіб базується на інтенсифікації процесу теплової обробки за рахунок підвищення ефективності використання термодифузії вологи, потік якої у процесі охолодження зерна співпадає з потоком вологи, яка видаляється шляхом дифузії. У цьому випадку особливістю ведення процесу є те, що високотемпературне сушіння припиняється при вологості до 2 %, після чого відбувається процес термостатування зерна і перерозподіл значення градієнту вологовмісту в об'ємі зернівки з наступним досушуванням на установках активного вентилявання. Очевидною перевагою даної технології є підвищення продуктивності сушильної установки пропорційно кількості теплових зон, задіяних у роботі. Так, для сушарок модульного типу, наприклад, Mathews-3180 ВЕМ-NG або її аналогів, які мають сім теплових зон, у режимі звичайного сушіння (прогрівання, сушіння, охолодження) на охолодженні можуть бути задіяні дві нижні зони, причому третя повинна працювати при зниженому тепловому навантаженні.

Таким чином, збільшення продуктивності у роботі сушарки відбувається за рахунок раніше не використовованого резерву теплових горілок, а також за рахунок самостійного досушування зернової маси своїм теплом (закладеним високотемпературним сушінням) протягом тривалого часу при понижених температурах у процесі термостатування, тобто теплом, здобутим при нагріванні у процесі високотемпературного сушіння.

Інший аспект економії – ефективний спосіб використання високотемпературного сушіння зерна у поєднанні з активним вентиляванням. Даний спосіб базується на інтенсифікації процесу теплової обробки за рахунок підвищення ефективності використання термодифузії вологи, потік якої у процесі охолодження зерна співпадає з потоком вологи, яка видаляється шляхом дифузії. У цьому випадку особливістю ведення процесу є те, що високотемпературне сушіння припиняється при вологості до 2 %, після чого відбувається процес термостатування зерна і перерозподіл значення градієнту вологовмісту в об'ємі зернівки з наступним досушуванням на установках активного вентилявання. Очевидною перевагою даної технології є підвищення продуктивності сушильної установки пропорційно кількості теплових зон, задіяних у роботі. Так, для сушарок модульного типу, наприклад, Mathews-3180 ВЕМ-NG або її аналогів, які мають сім теплових зон, у режимі звичайного сушіння (прогрівання, сушіння, охолодження) на охолодженні можуть бути задіяні дві нижні зони, причому третя повинна працювати при зниженому тепловому навантаженні.

Таким чином, збільшення продуктивності у роботі сушарки відбувається за рахунок раніше не використовованого резерву теплових горілок, а також за рахунок самостійного досушування зернової маси своїм теплом (закладеним високотемпературним сушінням) протягом тривалого часу при понижених температурах у процесі термостатування, тобто теплом, здобутим при нагріванні у процесі високотемпературного сушіння.

Інші напрямки у сфері енергозбереження теж можуть принести чималий економічний ефект. Проведено тестування світлодіодних ламп ТМ MAXUS, вони мають замінити люмінесцентні і за однакової освітленості вивільняються

50 % електричних потужностей. Збільшуються терміни служби ламп (30 000 годин для діодних проти 13 000 годин для люмінесцентних), існує позитивний фактор для екології.

Головне завдання минулого і прийдешнього років – зменшити на елеваторі споживання газу як у технологічному процесі сушіння зерна, так і у виробництві гречки. У реалізації намічених цілей підприємство вже істотно просунулося. Технічні фахівці мають намір найближчі роки присвятити впровадженню енергозберігаючих технологій на зерносховищах групи. Ми хочемо відійти від топкового відділення, громіздких стандартних вентиляторів із електродвигунами потужністю 50-55 кВт. Встановимо локальний вентилятор індивідуального виготовлення з необхідною потужністю, в який буде вбудовано локальний пальник. Тобто реалізуємо принцип, який застосовується на сучасних зерносушарках. Додамо частотний перетворювач із можливістю регулювання подачі повітря в саму сушарку. Це дасть можливість працювати з різними культурами. Чим легша культура, тим менше потрібно повітря, інакше відбуватиметься процес видування з коробів. Адже ніхто не буде під кожную культуру замінювати двигун – досить змінювати частоту. При згорянні палива тепло буде відразу подаватися безпосередньо в сушарку. Тобто втрати тепла зведуться до мінімуму.

1. Заміна стандартних вентиляторів із електродвигунами потужністю 55 кВт на двигуни потрібної потужності.
2. Заміна двигунів елеватора на двигуни потрібної потужності.
3. Модернізація конвеєра – заміна стрічки та привідного обладнання.

2.2 Опис запропонованих напрямів підвищення енергоефективності

Головне завдання енергозбереження - зменшити на елеваторі споживання енергоресурсів у технологічному процесі сушіння зерна.

Зерносушарки ДСП-32 можуть працювати на пічному паливі - мазуті і природному газі.

Використання соломи у вигляді істочника палива не розглядають, оскільки сушити зерно, використовуючи соломку, вигідно дрібним фермерам, у яких стоять сушарки з продуктивністю 2-5 т на годину. Цього достатньо для 200-300 т зерна, а для елеватора, де сушиться 2-3 тис. тон на добу, солома не рентабельна, оскільки потрібна дуже велика її кількість. Якщо прибрати з полів соломку, «підє» азот, доведеться більше додавати добрив. Також соломку потрібно накопичувати у великих кількостях, а значить, необхідно організувати склади. Це не дуже вигідно.

Можлива робота пальників на біомасі, тобто на відходах після підробки ячменю, соняшнику, будь-якої культури, яку очищають. Таких відходів багато, і їх вивозять на звалище, замість того, щоб задіяти у виробництві. Відходи від спалювання лушпиння також приносять дохід. Їх можна реалізувати як добриво для теплиць.

У центральній частині України є кілька зерносушарок, що працюють на відходах, але у них низький ККД горіння. Є повний хімічний дожиг, але гарячі гази, що подаються в топку сушарки - це великі втрати. Поки вони пройдуть вентилятори, потраплять в саму сушилку, на думку фахівців, втрачається 30% тепла. Поки немає раціональних варіантів, як гарячі гази з пальника подавати локально безпосередньо в саму сушарку, відходи вигідніше продати, ніж використовувати їх для зерносушарки.

Тому одним із шляхів зниження енергоспоживання елеваторів є використання енергії з нетрадиційних та відновлюваних джерел.

2.3 Модернізація конструкції та роботи елементів зерносховища

Принцип роботи сонячного колектора дуже простий і логічний - використовується парниковий ефект. Сонячне світло (ультрафіолет, видиме

світло, короткохвильове інфрачервоне випромінювання) проходить крізь прозорий матеріал (наприклад стільниковий полікарбонатний лист), під яким світло поглинається чорним теплоприймачем (гофрованим металевим листом). Теплоприймач нагрівається сонячним світлом і нагріває повітря. Це нагріте повітря і використовується для сушки зернової маси або повітря для опалення.

Потенціал сонячної енергії в Україні величезний. В результаті обробки статистичних метеорологічних даних по надходженню сонячної радіації, визначені енергетичні показники надходження сонячної енергії та розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання для кожної з областей України. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт.год / м² в північній частині України до 1400 кВт.год / м².

Відомо, що максимальна сонячна радіація надходить на поверхню, нахилену під кутом до горизонту, рівним широті місцевості.

Розсіяне сонячне світло, у хмарну погоду, також несе теплову енергію, але її потужність приблизно в 2,5 рази менша за потужність, отримувану колектором при прямому сонячному випромінюванні. Однак розсіяне світло також забезпечує під світлопрозорих покриттям достатній нагрів повітря для ефективного використання в технологічному процесі сушіння і т.п.

Атмосфера не завжди буває прозорою, а колектор не завжди ідеально чистим, також частина його робочої поверхні (близько 5%) буде містити елементи кріплення світлопрозорого матеріалу. Крім того, ідеальної теплоізоляції не буває, тому будуть мати місце втрати тепла, на тіньовій стороні колектора (близько 25 Вт / м²). Приблизно стільки ж будуть випромінювати торці сонячного колектора і трубопровід для повітря. Тому, за таких умов, для розрахунку рекомендується брати більш низьку середню потужність.

Зерносховище-сушарка призначена для сушіння і тривалого зберігання великих мас зерна з використанням відновлюваної, екологічно чистої енергії.

Зернохвище-сушарка містить електровентилятор 1, бункер 2, сушильний корпус 3 з перфорованої бічною поверхнею. Усередині корпусу розміщена повітророзподільна перфорована труба 4.

Силос 5 концентрично охоплює бункер 2. На верхній частині перфорованої труби встановлена завантажувальна крильчатка 6. Також в перфорованої трубі розміщені: рухливий еластичний гофрований циліндр 7, до якого прикріплений на висоті "h" еластичний гофрований клапан 8.

Система вентилявання складається з електровентилятору 1, електродвигун і вентилятор якого закріплений в тандемі з рухомим еластичним гофрованим циліндром 7, і еластичним гофрованим клапаном 8. При цьому, вентилятор 1 встановлений і закріплений безпосередньо в рухомому гофрованому циліндрі 7, а його електродвигун, для запобігання перегріву, встановлений і закріплений безпосередньо на верхній частині еластичного гофрованого клапана 8.

До гофрованого циліндру 7, герметично прикріплений повітропровід-гармошка 9, який може в кілька разів змінювати свою довжину при розтягуванні або стисненні. Другий кінець даного воздуховода-гармошки з'єднаний через нерухомий трубопровід 10 з нагрівачем повітря, в якості якого застосований повітряний сонячний колектор 11.

Після завершення сезонної сушки зернових даний колектор може бути використаний і на інших об'єктах.

Конструкція зернохвища-сушарки оснащена трос-блоковим пристроєм 12, яке служить для переміщення (вгору і вниз) системи вентилявання: електровентилятору з гофрованими циліндром 7 і клапаном 8.

На днищі сушильного корпусу радіально встановлений поворотний шнековий зачистний транспортер 13, а в центральній частині днище корпусу оснащено вивантажувальними отворами з заслінками 14. Заслінки розташовані співвісно з повітророзподільної перфорованої трубою 4.

Під отворами з заслінками, концентрично повітрерозподільчої трубі, розміщена крильчатка 15, яка призначена для подачі зернової маси до вивантажувального транспортера 16.

Зерносховище-сушарка оснащена норією 17, а її силос містить верхній (завантажувальний) 18 і нижній (зачистной) 19 кільцеві скребкові транспортери. Також силос оснащений вивантажувальними лотками 20, які оснащені герметичними заслінками, причому один з літаків розташований в зоні завантаження норії.

Монтаж зерносховища-сушарки виконується на спеціальній височини 21, який формується з землі й бетонується, також вона може бути виконана у вигляді рамної конструкції.

Дана височина містить траншею 22, а по центру - вертикальну нішу 23. У траншеї встановлений трубопровід 10, а повітропровід-гармошка 9 (в стислому стані) розміщується у вертикальній ніші 23.

При використанні зерносховища-сушарки для сушіння зерна кукурудзи, де потрібно забезпечити високу робочу температуру, причому в осінній період, її конструкція повинна бути додатково укомплектована калорифером.

Потужність даного калорифера повинна бути на 30-40% менше, ніж у звичайних сушарках. Це обумовлено тим, що в нього надходить уже підігріте повітря в сонячному колекторі.

Зернова маса подається норією 17 і крильчаткою 6 рівномірно розподіляється в циліндричному перфорованому сушильному корпусі 3.

При проведенні сушки, охолодження або провітрювання завантаженої зернової маси, пристрій 12 переміщує систему вентилявання (електровентилятор з клапаном і гофрованим циліндром) в необхідне по висоті положення. Переміщення виконує мотор-редуктор при ручному управлінні або через процесор, за відповідною програмою. Програма враховує вологість і температуру зерна.

Необхідне положення вибирається таким чином, щоб у проміжку висотою "h" виявився необхідний для вентилявання зернової шар.

Переміщення виконується трос-блоковою системою, при цьому повітропровід-гармошка стискається, або розтягується (залежно від напрямку руху).

Включається в роботу електровентилятор 1, який нагнітає повітря в обмежений висотою "h" ділянку повітророзподільної перфорованої труби 4. Під дією повітряного напору еластичні гофровані поверхні циліндра 7 і клапана 8 притискаються до перфорованої труби 4. Таким чином герметизується ділянку труби висотою "h". Далі, повітря, через перфорації труби, спрямовується в горизонтальному напрямку і пронизує шари зернової маси.

При роботі в режимі сушки, електровентилятор, через трубопровід 10 всмоктує з сонячного колектора 11 нагріте повітря і нагнітає в зернову масу.

Нагріте повітря, пронизує зерновий шар, і відбирає від нього вологу. При досягненні зовнішньої бокової поверхні зернової маси, повітря виходить через зернову поверхню, яка сформована кутом природного укусу (для зернових культур величина кута становить $\leq 30^\circ$) і на яку не діють розпірні зусилля. Тому отвори перфорованих поверхонь сушильного корпусу 3 і відповідно повітророзподільної труби 4 не будуть забиті окремими зернами, що забезпечує надійність і ефективність вентилявання. Потім повітря, через зазор між бункером і корпусом, відводиться назовні корпусу.

Через заданий програмою проміжок часу (наприклад 1 - 2 години), система вентилявання (електровентилятор з гофрованим циліндром 7 і клапаном 8) переміщуються в наступне положення і в такому режимі відбувається сушка чергової порції зерна. Процес повторюється багаторазово, поки в бункери не просушити вся зернова маса.

При необхідності, сушінні знову піддаються раніше провентилювати зернові шари (порції). Залежно від початкової вологості зерна та погодних умов - даний процес повторюється кілька разів.

Цей принцип роботи дозволяє в зерносховищі-сушарці реалізувати енергозберігаючу технологію, що базується на ефекті чергування процесів активного сушки і «відпочинку» зерна. Адже на практиці відомо, що за рахунок того, що зерно якийсь час «відпочиває» (відлежується) від сушки, волога

встигає плавно перейти від центру зернівки до її поверхні, і при подальшому сушінні відділяється при менших енерговитратах, в результаті чого зерновка стає сухий і неушкодженою.

Загальновідомо, що безпечний термін зберігання вологою зернової маси без вентиляції, наприклад при температурі 20 ° С і з вмістом води до 20% для пшениці, жита та ячменю становить 2 тижні (див. Мельник Б.Є. Активне вентилування зерна. Довідник. - М.: Агропромиздат, 1986.табл.25, стор.55). У цьому зерносушарці час знаходження зернової маси без вентиляції в кілька разів менше вище зазначеного. Тому дана технологія сушіння не призводить до псування зерна.

У нічний час, також проводиться вентилування, наприклад для охолодження зернової маси, або досушування. Адже згідно сучасним науково-практичним даними, для досягнення ефективності процесу сушіння, досить забезпечити перевищення температури повітря, що нагнітається щодо температури зернової маси лише на 7 ° С. Такої кількості тепла достатньо в навколишньому повітрі влітку і на початку осені.

При охолодженні або провітрюванні, повітря відбирається безпосередньо з навколишнього середовища, а в нічні години з колектора.

Вивантаження з бункера висушеної зернової маси проводиться при відкритих заслінках 14. Зерно надходить на крильчатку 15, яка подає його на вивантажний транспортер 16, а потім воно потрапляє в норію 17. Далі, норією, зерно подається в силос 5 на зберігання.

Верхній кільцевої скребковий транспортер 18 забезпечує рівномірне завантаження силосу. Після сушіння в корпусі 3 нової порції зерна, процес завантаження силосу повторюється - до повного його заповнення.

Вивантаження з силосу зернової маси виконується через лотки 20, оптимальна кількість яких - 3 шт. (При їх розміщенні через 120 °). Один з літаків технологічно пов'язаний з норією. Повне очищення силосу від зерна забезпечує нижній кільцевої (зачистной) транспортер 19. Також даний транспортер здатний забезпечити розвантаження зерна через один лоток,

наприклад в зону дії норії. Це дозволяє автономно проводити перевантаження зерна з силосу в бункер і знову в силос, наприклад при провітрюванні.

Згідно реалізованого проекту: "Зберігання зерна в Україні" ТАСІС \ 93 \ АFUK9302), рекомендована товщина вентиляваного шару, при сушінні пшениці або ячменю при 20% вмісті вологи, повинна становити не більше 3,0 м. Тому, в даному зерноховище-сушарці, діаметри корпусу (поз.3) і повітророзподільної перфорованої труби (поз. 4), складають відповідно: 6,8м, і 1м. При таких розмірах товщина вентиляваного шару складає 2,9 м.

Висота вентиляваного шару конструктивно прийнята рівною, м:

$$h = 4,25.$$

Тоді обсяг зернової маси в одному вентиляваному шарі становить, м³:

$$Q_1 = 150 ,$$

і при щільності зерна в 780 кг / м³, його маса в одному вентиляваному шарі становить, т:

$$G_1 = 117.$$

Конструктивно прийнята сумарна висота завантаження зерновою масою сушильного корпусу рівною чотирьом вентиляваним шарам, м:

$$H = 4 \cdot h \tag{2.1}$$

$$H = 4 \cdot 4,25 \text{ м} = 17.$$

Таким чином, загальний корисний об'єм сушильного корпусу складає, м³:

$$Q_{с.к.} = 4 \cdot 150 = 600,$$

де розміститься, т зерна:

$$G_{с.к.} = 117 \cdot 4 = 468.$$

Розрахунок показує, що для вище обґрунтованих та прийнятих конструктивних параметрів, а саме діаметра силосу $D_c = 20$ м і висоти його циліндра $H_c = 23,5$ м, зерносушище-сушарка матиме корисний сумарний обсяг силосу разом з сушильним бункером, м³:

$$Q_{сум.} = 6412.$$

У такому обсязі розміститься для зберігання 5000 т доведеної до кондиції зернової маси.

З південного боку, до бічної циліндричної поверхні силосу кріпиться повітряний сонячний колектор з робочою площею стосовно до розмірів силосу: довжина стінки 20 м; висота 23,5 м, м²:

$$F = 20 \text{ м} \cdot 23,5 = 470.$$

Згідно технологічного розрахунку і практики, в літній час такої колектор здатний нагрівати на годину 30 000 м³ повітря до температури, яка буде перевищувати температуру навколишнього середовища на 20 °С ... 25 °С .

Якщо під час жнив, при збиранні зернових культур, температура зовнішнього повітря становить, наприклад 25 °С, то повітря, що відбирається від колектора буде мати температуру, рівну

$$25 \text{ °С} + (20 \dots 25) \text{ °С} = (45 \dots 50) \text{ °С}.$$

Цього повітря і його тепла достатньо для забезпечення процесу якісної сушки 150 м^3 зерна, яке розміщується в одному вентиляованому шарі сушильного корпусу, з висотою шару: $h = 4,25 \text{ м}$.

У жнива, така конструкція зернохловища-сушарки, протягом місяця здатна, за 11 завантажень сушильного корпусу, довести до кондиції (висушити) і розмістити для подальшого зберігання 5000 т зерна.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика зернохловища-сушарки

Показник	Значення
Діаметр силосу зернохловища-сушарки, м	20,0
Висота циліндричної частини силосу, м	23,5
Корисний об'єм зернохловища-сушки, м^3	6412,0
Місткість (при щільності $0,78 \text{ т} / \text{м}^3$), т	5000,0
Товщина вентиляованого зернового шару при сушінні, м	2,9
Висота вентиляованого зернового шару при сушінні, м	4,25
Обсяг зернової маси в одному вентиляованому шарі, м^3	150,0
Продуктивність зернохловища-сушарки на пшениці, при зниженні вологості з 20% до 14%, т / місяць	5 000,0

Стосовно використання зернохловища-сушарки можна зробити наступні висновки:

1. Суттєва економія енергії досягається за рахунок максимального використання для сушки температури навколишнього середовища і безпосередньо енергії Сонця. Так як ціна на енергоносії (нафтопродукти, газ та ін ..) постійно підвищується, то економічний ефект з роками зростатиме.

2. Запропоноване зернохловище-сушарка повністю укомплектовано засобами механізації вантажно-розвантажувальних операцій.

3. В відміну від дії на зерно високотемпературних сушарок, створена конструкція реалізує процес сушіння в м'якому режимі, який не допускає

розтріскування зерен і дає можливість використовувати зернохновище-сушарку також для сушіння насіннєвого матеріалу.

4. Зернохранилище-сушарка реалізує енергозберігаючу технологію, і є екологічним проектом, який суттєво зменшує забруднення навколишнього середовища.

2.4 Впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти живлячої напруги

Перелік основного обладнання, що споживає електричну енергію за різними стадіями технологічного процесу, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік електрообладнання

Стадія технологічного процесу	Обладнання
Очищення зерна	Сепаратори
Транспортування на сушіння / зберігання	Норії
Відвантаження зерна	Транспортери
Сушіння зерна	Вентилятори

В більшості елеваторів використовують у топочних відділеннях громіздкі стандартні вентилятори з електродвигунами у 50-55 кВт.

Енергозберігаючим рішенням є встановлення індивідуально виготовленого локального вентилятора з необхідною потужністю, в який буде вбудовано локальний палик. Тобто реалізується принцип, який застосовується на сучасних зерносушарках.

Також енергозберігаючим рішенням є встановлення частотного перетворювача з можливістю регулювання подачі повітря в саму сушарку. Це дасть можливість працювати з різними культурами. Чим легше культура, тим

менше потрібно повітря, інакше буде відбуватися процес видування з коробів. Адже ніхто не буде під кожную культуру міняти двигун, достатньо міняти частоту. Недоліком такого рішення є висока вартість частотних перетворювачів, які потрібно встановлювати на кожний двигун кожної сушарки.

Понад 80% енергоносіїв Україна імпортує. Ось чому дедалі актуальнішою проблемою є ефективне використання в технологічних процесах альтернативних джерел енергії. Оскільки одним із найенергоємніших процесів у зерновиробництві є досушування зерна, то розробка і впровадження енергоощадних технологій доведення його до кондиції є чи не найважливішим завданням сьогодення.

Недолік відомих зерносклади і сушарок - потреба в підведенні до їхнього обладнання великої енергетичної потужності. Наприклад, у зерноскладах здійснюється одночасне вентилявання всієї закладеної зернової маси одним чи кількома потужними електровентиляторами чи компресорами. Це призводить до солідних витрат "традиційної" непоновлюваної енергії, вартість якої істотно підвищує собівартість зернової маси, яка закладена на досушування й далі зберігання з періодичним вентиляванням для провітрювання та охолодження.

Короби (8) прикріплені до центральної суцільної стінки (10), яка розділяє силос зерносклади-сушарки в поздовжньому напрямку на дві місткості. Також слід зазначити, що короби (8) знизу відкриті лише для проникнення повітря, але захищені від потрапляння зерна перфорованими металевими поверхнями. Стінка силосу, на якій розміщено торцеві отвори, має вертикальні напрямні (11), на яких встановлено рухому рамку (12), до якої приєднано вентилятор. Вентилятор із рухомою рамкою може переміщуватися стінкою і почергово герметично приєднуватися до того чи іншого торцевого отвору (9) напірних горизонтальних каналів відповідно до програми вентилявання. Торцеві отвори оснащено заслінками (13) дросельного типу: коли вентилятори вимкнено, вони завжди відчинені.

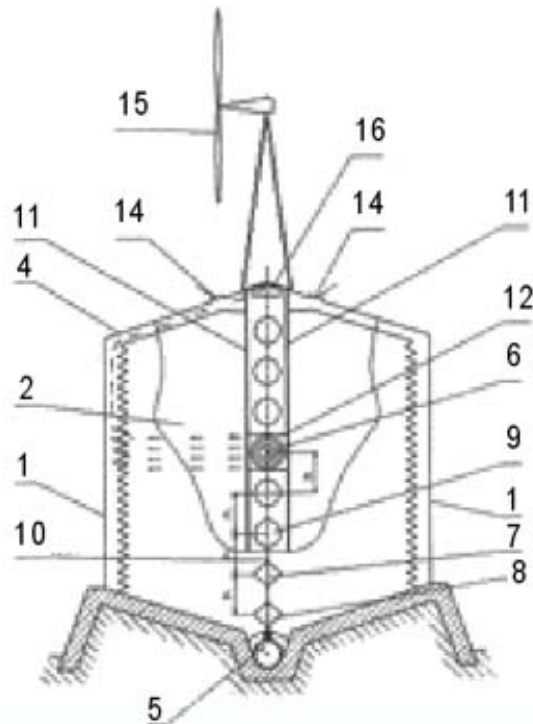


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд зерносховища-сушарки

На рисунку 2.1 наведено загальний вигляд зерносховища-сушарки, на рисунку 2.2 - вигляд згори зерносховища-сушарки, на рис. 3 показано пристрій, з допомогою якого приєднують вентилятор до вентиляційних отворів зерносховища-сушарки. Зерносховище-сушарка (див. рис. 1, 2) має силос, який складається: з бічних (1), передньої (2) і задньої (3) стінок та даху (4); а також вивантажувальної системи з конвеєром (5) і системи вентиляції, в якій вмонтовано вентилятор (6) і горизонтальні напірні канали (7), утворені лопатями; з розміщених один над одним відкритих знизу коробів (8), що оснащені торцевими отворами (9) на передній стінці силосу в одному ряду і на рівних відстанях за висотою "h" відносно один одного.

Дах силосу оснащено кількома завантажувальними люками (14), що забезпечує рівномірне розподілення зернової насипної маси за довжиною силосу. Крім того, зерносховище-сушарку оснащено двигуном (15), який через блок безперебійного живлення (на рис. не вказано) постачає енергію до вентилятора, а передня й задня стінки силосу зерносховища-сушарки оснащені повітровідвідними отворами (16) із клапанами. Вентилятор має також

виконавчий механізм (17) (електромагніт), яким кінематично зв'язаний із циліндричним рухомим соплом (18), оснащеним ущільнювальним еластичним елементом, які змонтовано на кінці повітрянапірного патрубку вентилятора. Зазначимо, що силос зроблено із стінок 1,2,3 і 10, які виготовлено із сталевого тонколистового оцинкованого профілю (товщина листа - 0,55-0,8 мм), причому лист оснащено гофрами спеціальної форми, що знижує в 6-9 разів горизонтальні розпірні зусилля від насипної зернової маси. Це забезпечує високу жорсткість пласких стінок під час взаємодії з насипною масою та дає можливість зменшити металомісткість і, відповідно, вартість спорудження зерносховища-сушарки.

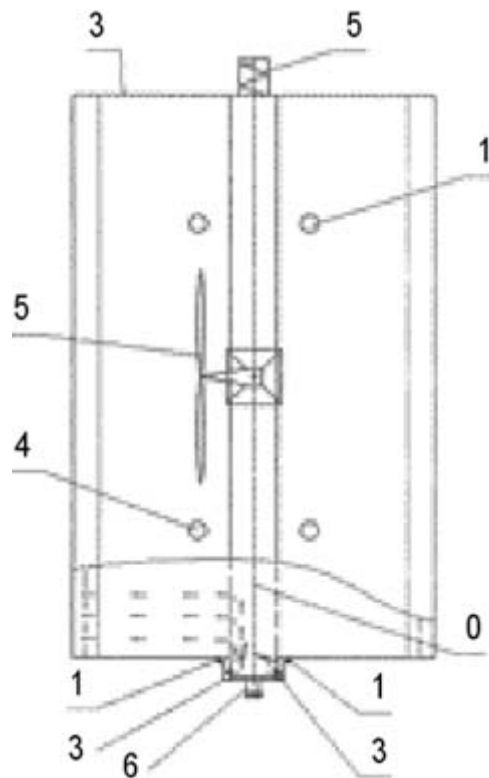


Рисунок 2.2 -Вигляд згори зерносховища-сушарки

Зерносховище-сушарка працює так: зернова маса подається до силосу норією чи іншим конвеєром через завантажувальні люки (14). Досушування, охолодження чи провітрювання завантаженої зернової маси виконують так: механізм переміщення вентилятора (ланцюгова передача з автономним приводом, на рис. не вказані) переміщує по напрямних (11) рухому рамку (12) із вентилятором (6) до того чи іншого торцевого отвору (9) напірних

горизонтальних каналів відповідно до програми вентиляювання (через процесор), яка враховує температуру повітря навколишнього середовища, а також вологість і температуру зерна (датчиками вологості та температури оснащено вентилявані ділянки силосу зерносховища-сушарки).

В програмі закладено інформацію, через який напірний горизонтальний канал потрібно вентилявати зернову масу, а також в якому порядку й скільки часу слід вентилявати. Перед переміщенням вентилятора виконавчий механізм (17) підтягує рухоме циліндричне сопло (18) до нагнітального патрубку вентилятора й тим самим роз'єднує його з торцевим отвором (9) раніше провентильованого напірного горизонтального каналу. Після чергового переміщення вентилятор з рамкою зупиняється в такому положенні, коли його рухоме сопло (18) розміститься співвісно з торцевим отвором того напірного каналу, який, згідно з показниками температури та вологості, вибрала програма керування й, відповідно, який потрібно вентилявати першим. Потім виконавчий механізм (17) переміщує рухоме сопло (18) в отвір (9) і герметизує з'єднання завдяки стисненню ущільнювального еластичного елемента (поліуретанової манжети). Точність траєкторії переміщення вентилятора з рамкою забезпечують вертикальні напрямні (1). Вентилятор, який нагнітає повітря, спрямовують через горизонтальний напірний канал у розміщену біля нього зернову масу, одночасно в торцевому отворі цього каналу відчиняється дросельна заслінка (13).

Повітря пронизує зерновий шар і виходить із вентиляваного силосу через повітровідвідні отвори (16). Потім в автоматичному режимі знову вентиляються раніше провентильовані ділянки силосу із зерновою масою, і цей процес реалізується в тривалому режимі (наприклад, кілька тижнів), при цьому витрачається недорога нетрадиційна поновлювана енергія вітру, яку генерує відносно малопотужний і недорогий вітрогенератор.

Зернову масу із силосу зерносховища-сушарки вивантажують конвеєром (5), перед цим відкривають розміщені над ним заслінки шибєрного типу.

Сучасні науково-практичні дані щодо енергоощадного досушування активним вентиляванням свідчать, що для досягнення ефективності процесу досушування достатньо забезпечити перевищення температури повітря, що нагнітається, відносно зернової маси лише на 7°C. Такої кількості тепла достатньо і за навколишнього повітря влітку, і на початку осені. У разі потреби прискорити досушування нетрадиційною дешевою енергією вентилятор слід оснастити теплогенератором (нагрівачем повітря). Для цього монтаж даного зерносховища-сушарки слід виконати так, щоб поздовжня частина його даху була зорієнтована на сонячний бік, і на даху слід розмістити системи фотоелектричних сонячних батарей. Тоді буде збільшено виробництво нетрадиційної поновлюваної енергії (сумарної від вітрогенератора і сонячних батарей), частину якої через наявний блок безперебійного живлення можна буде спрямовувати до теплогенератора для підігрівання повітря.

Практика свідчить, що зерно із вмістом вологи 20% слід вентилявати потоком зовнішнього повітря 0,05 м³/с, при цьому вміст вологи за добу знизиться приблизно на 0,55%. Рекомендована товщина вентиляваного шару для пшениці чи ячменю за початкового 20%-го вмісту вологи має становити 2,5-3 м.

Проведемо розрахунок потужності вентилятора для зерносушарки ДСП-32 № 1 площею 75 м².

Ширина передньої (2) і задньої (3) стінок по 7 м. Тоді ширина одного вентиляваного зернового шару становитиме 3 м. Довжину силосу конструктивно візьмемо рівною 14 м, а висоту вентиляваного шару:

$$h = 0,84 \text{ м.}$$

Тоді об'єм зернової маси, яка розміститься в одному вентиляваному шарі (вище за взяті розміри), становитиме:

$$Q_1 = p_{ш} \cdot l_c \cdot h_{ш} \quad (2.2)$$

де $p_{ш}$ – ширина одного вентиляваного зернового шару, м;

l_c – довжина силосу, м;

$h_{ш}$ – висота вентиляваного шару, м.

$$Q_1 = 3 \cdot 14 \cdot 0,84 = 35,28 \text{ м}^3$$

і за щільності зернової маси в 780 кг/м^3 маса зерна в одному вентиляваному шарі становитиме

$$M_1 = Q_1 \cdot \rho \quad (2.3)$$

де ρ - щільності зернової маси, кг/м^3 .

$$M_1 = 35,28 \cdot 780 = 27,51 \text{ т.}$$

Візьмемо конструктивно сумарну висоту засипання зернової маси в зерносховище-сушарку, що дорівнює десяти вентиляваним шарам:

$$H = 10h \quad (2.4)$$

$$H = 10 \cdot 0,84 = 8,4 \text{ м.}$$

Тоді загальна кількість вентиляваних шарів у лівій і правій частині зерносховища-сушарки становитиме 20 шт., а загальний корисний об'єм силосу зерносховища-сушарки становитиме:

$$Q = Q_1 \cdot n \quad (2.5)$$

$$Q = 35,28 \cdot 20 = 705 \text{ м}^3,$$

а загальна маса закладеного на доведення до кондиції зерна, відповідно, становитиме:

$$M = M_1 \cdot n \quad (2.6)$$

$$M = 27,51 \cdot 20 = 550 \text{ т.}$$

Для забезпечення оптимального вентиляювання окремого зернового шару, в якому міститься 27,51 т зернової маси за рекомендованої витрати повітря 0,05 м³/с на 1 т потрібно, щоб продуктивність електровентилятора становила:

$$Q_{ев} = M_1 \cdot v \cdot 3600 \quad (2.7)$$

де v – витрата повітря на 1 тону зерна.

$$Q_{ев} = (27,51 \cdot 0,05 \cdot 3600 = 4951 \text{ м}^3 / \text{годину.}$$

При цьому оптимальний тиск повітря в горизонтальних напірних каналах зерносховища має становити 100-110 мм водяного стовпчика. Такі параметри вентиляювання може забезпечити вентилятор осьового типу середнього тиску з потужністю електродвигуна 4-5 кВт. Тому для доведення до кондиції (досушування, охолодження й провітрювання) закладеної на зберігання 705 м³ (550 т) зернової маси з використанням недорогої нетрадиційної поновлюваної енергії вітру, достатньо використати вітрогенератор із номінальною потужністю 4-5 кВт. (За безвітряної погоди використовують енергію від акумуляторів, якими комплектують вітрогенератор).

В даний час найпоширенішим способом підтримки постійного тиску в системах подачі повітря є дроселювання. Досягнення необхідного витрати повітря та напору виробляється зміною характеристик повітряпроводу при незмінній характеристиці вентиляторів.

Істотним недоліком даного способу регулювання є той факт, що продуктивність, а отже, і енергоспоживання насоса є незмінним і підтримується на максимальному рівні.

З використанням частотного регулювання, а саме ПЧ Altivar 61 PLUS, можливо створити автоматизовану систему, яка керувала б продуктивністю вентиляторів таким чином, щоб він подавав у систему рівно стільки повітря, скільки необхідно в даний момент часу. Технічні характеристики ПЧ Altivar 61 PLUS представлені в таблиці 3.2. У такій системі досягнення необхідних параметрів виробляється зміною характеристик вентиляторів при незмінній характеристиці повітряпроводу.

Ключові показники ефективності при частотному регулюванню представлені в таблиці 2.3, 2.4.

Установка частотного перетворювача забезпечить регулювання швидкості обертання електричного двигуна, шляхом зміни параметрів частоти електроенергії, знизивши при цьому її споживання.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики ПЧ Altivar 61 PLUS

Параметри	Значення
Напруга живлення	380 В, 50/60 Гц
Діапазон потужностей	0,75-630 кВт
Діапазон вихідної частоти	0,5-1000 Гц до 37кВт, 0,5-500 Гц від 45 до 630 кВт
Перехідний момент	120-130% номінального моменту двигуна протягом 60 секунд
Комунікаційний зв'язок	Modbus; Ethernet TCP/IP, ModbusPlus, Modbus/Uni-Telway
Конфігуровані аналогові, дискретні і релейні входи/виходи	
Вбудований ПД-регулятор	

Таблиця 2.4 – Ключові показники ефективності

Ключові показники ефективності	Одиниці вимірювання	Витрати		Змінення
		До	Після	
Споживання електроенергії	кВт·год/рік	633 706	327 789	-305 917
Економічний ефект	грн/рік	0	477230,5	477230,5

Використання частотних перетворювачів на виробництві забезпечує:

- високу точність регулювання частоти обертання електродвигуна;
- зниження електроспоживання (за рахунок оптимального управління електродвигуном);
- усунення пікових навантажень на електромережу;
- плавне регулювання швидкості обертання електродвигуна від нуля до номінального значення;
- повний захист електродвигуна від короткого замикання, перегрів, перевантажень, проблем з живленням;
- зниження акустичного шуму електродвигуна;
- зберігається максимальний момент на валу;
- збільшення терміну служби обладнання;
- спрощення технічного обслуговування;
- зниження витрат на ремонтні роботи.

На рисунку 2.3 зображена схема управління насосом при встановленні частотного перетворювача.

Сумарна потужність електродвигунів вентиляторів – 152,69 кВт.

Без частотного перетворювача:

- у режимі холостого ходу, електродвигун споживає – 55 кВт·год;
- час роботи насоса в режимі холостого ходу – 4150,28 годин на рік.

Після установки частотного перетворювача:

- у режимі холостого ходу, електродвигун споживає – 38,98 кВт·год;
- час роботи насоса в режимі холостого ходу – 4150,28 годин на рік.

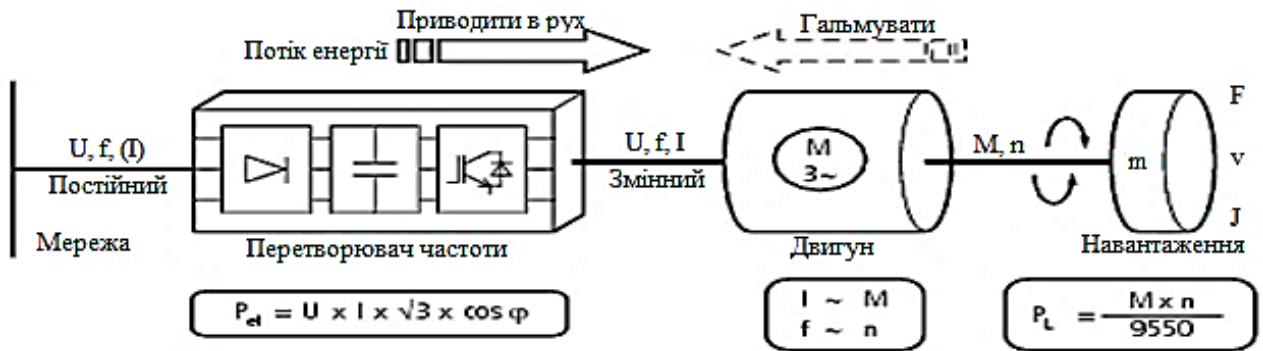


Рисунок 2.3 – Схема управління двигуном вентилятора частотним перетворювачем

Розрахунок економічного ефекту.

–

Спожита кількість електричної енергії в режимі холостого ходу, за рік роботи електродвигуна мережевого насоса, без частотного перетворювача:

$$W_1 = P_{x.x.} \cdot T, \quad (2.8)$$

де $P_{x.x.}$ – споживання електродвигуном електроенергії у режимі холостого ходу, кВт;

T – час роботи на рік, год.

Спожита кількість електричної енергії в режимі холостого ходу, за рік роботи електродвигуна вентилятора, з частотним перетворювачем:

$$W_2 = P_{x.x.} \cdot T, \quad (2.9)$$

де $P_{x.x.}$ – споживання електродвигуном електроенергії у режимі холостого ходу, кВт;

T – час роботи на рік, год.

Економічний ефект заходу:

$$W_{\text{екон}} = W_1 - W_2; \quad (2.10)$$

$$E = W_{\text{екон}} \cdot C, \quad (2.11)$$

де $W_{\text{екон}}$ – економія електроенергії в рік, кВт·год;

C – ціна кВт електроенергії, грн.

Спожита кількість електричної енергії за рік без частотного перетворювача:

$$W_1 = 152,69 \cdot 4150,28 = 633706 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Спожита кількість електричної енергії за рік з частотним перетворювачем:

$$W_2 = 38,98 \cdot 4150,28 = 327789 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економічний ефект в рік:

$$W_{\text{екон}} = 633706 - 327789 = 905917 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$E = 905917 \cdot 1,56 = 148723,52 \text{ грн}.$$

Частотний перетворювач коштує 297926,34 грн, то термін окупності установки частотного перетворювача на насос приблизно дорівнює:

$$T = \frac{K}{P}, \quad (2.12)$$

де K – капітальні вкладення, грн;

P – річна економія, грн,

$$T = \frac{216926,34}{148723,52} = 2,007 \text{ років або 2 роки і 1 місяць}.$$

Схема підключення ПЧ Altivar 61 PLUS представлена на рисунку 2.4.

В таблицях 2.5 та 2.6 представлені дані споживаної потужності електродвигуном насоса без частотного перетворювача та з частотним перетворювачем.

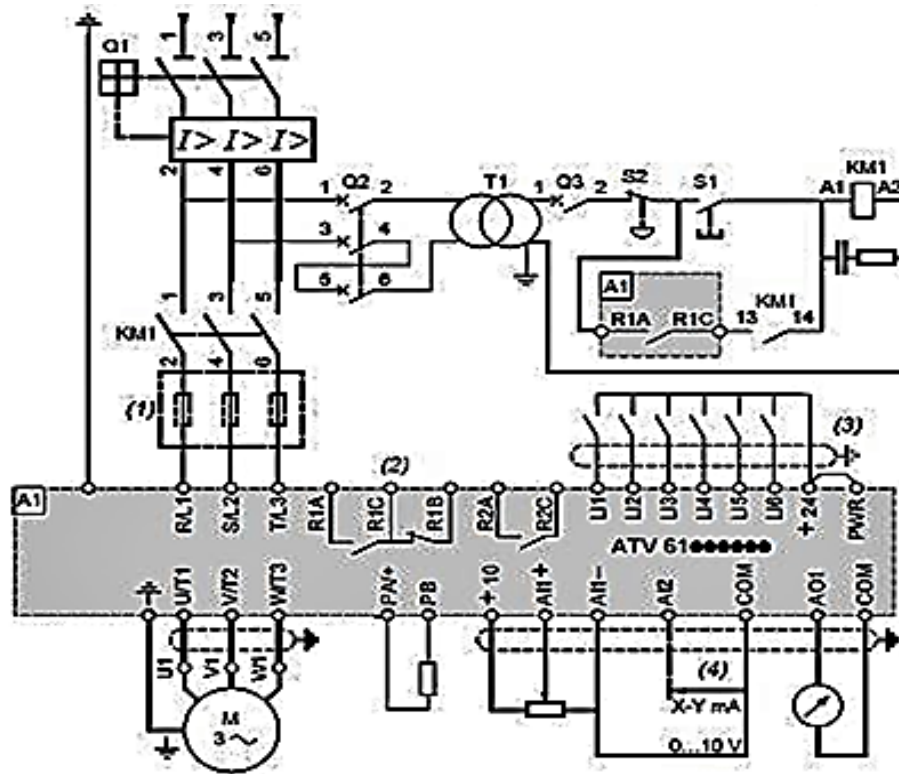
В таблиці 2.7 приведена економія енергії за проміжки часу після встановлення частотного перетворювача.

Таблиця 2.5 – Споживана потужність без частотного перетворювача

Режим роботи насоса	Час роботи, год	Споживана потужність, кВт·год
Корисний час роботи на добу, 24 год	12,63	2726,52
Холостий хід на добу, 24 год	11,37	1736,12

Таблиця 2.6 – Споживана потужність з частотним перетворювачем

Режим роботи насоса	Час роботи, год	Споживана потужність, кВт·год
Корисний час роботи на добу, 24 год	12,63	2726,52
Холостий хід на добу, 24 год	11,37	897,99



(1) - мережевий дросель за вибором, (2) - контакти реле несправності для дистанційної сигналізації стану ПЧ, (3) - підключення загальної точки дискретних входів залежить від положення перемикача SW1; (4) - аналоговий вхід, конфігурується по струму (0 - 20 мА) або по напрузі (0 - 10 В)

Рисунок 2.4 – Схема підключення ПЧ Altivar 61 PLUS

Таблиця 2.7 – Економія енергії за проміжки часу

Економія за проміжок часу	Значення
Економія на добу, кВт·год	1307,48
Економія на місяць, кВт·год	39769,21
Економія в рік, кВт·год	477230,52

Altivar являє собою частотний перетворювач, на основі якого може бути зібрана станція частотного управління і регулювання групою насосів або компресорів. Станція буде контролювати і регулювати подачу і напір насосів. Також буде виконувати функцію блоку захисту насосів або компресорів.

Функціональна схема роботи автоматизованої системи подачі води представлена на рисунку 2.5.

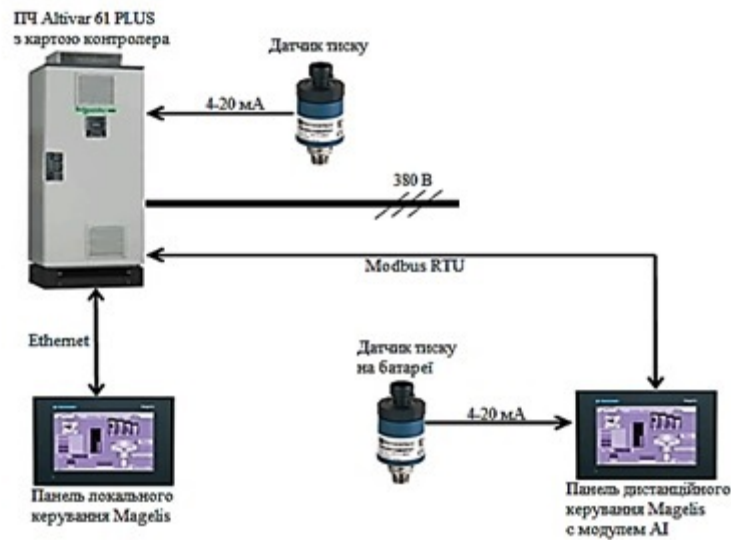


Рисунок 2.5 – Функціональна схема роботи автоматизованої системи подачі повітря

Комплектація перетворювача частоти Altivar 61 PLUS зображена на рисунку 2.6.

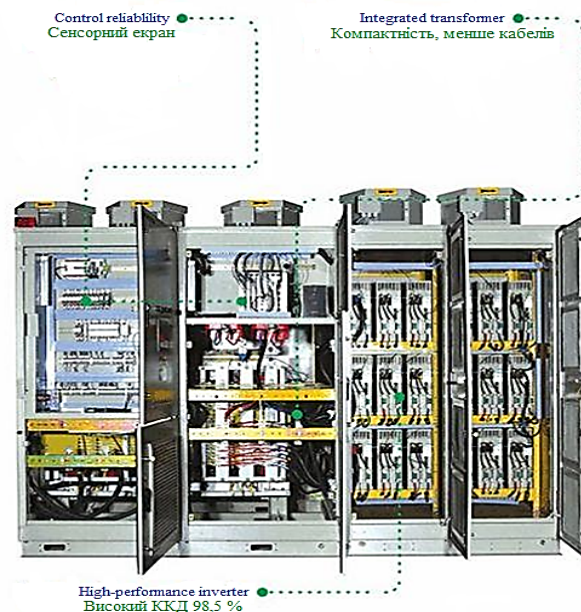


Рисунок 2.6 – Комплектація перетворювача частоти Altivar 61 PLUS

Даний блок частотного регулювання дозволяє контролювати основні параметри вентилятора: тиск / подачу / оберти двигуна / витрати на електроенергію.

2.5 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок заміни електродвигунів елеватора

На підприємстві наявні агрегати завищеної потужності. Необхідна заміна електродвигунів елеватора на двигуни необхідної потужності [28].

Статична потужність електроприводу елеватора при максимальній продуктивності може бути розрахована за формулою:

$$P_{ст} = \frac{T_{max} \cdot V_{max} \cdot \eta}{102}, \quad (2.13)$$

де T_{max} - максимальна продуктивність,

V_{max} - максимальна швидкість,

η - ККД редуктора.

Звідси, у розрахунку на один двигун це становить 7кВт.

Враховуючи дію динамічної потужності коефіцієнтом запасу який для дводвигунної системи прийнятий рівним 1,1, маємо:

$$P = K_{\partial} \cdot P_{ст}. \quad (2.14)$$

Отже,

$$P = 1,1 \cdot 7 = 7,7 \text{ кВт}$$

На елеваторы встановлено 2 двигуна по 7 кВт згідно каталогу на електричні машини.

Двигун працює із завантаженням в 50%, отже його споживана потужність в заданих умовах 2,5 кВт·год, ККД двигуна дорівнює 0,95.

При заміні даного двигуна на менш потужний 3 кВт він буде завантажений на 100% від номіналу. ККД його так само 0,95.

Втрати потужності електродвигуна 7 кВт на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування складають:

$$\Delta P = \frac{P}{\eta} - P, \quad (2.15)$$

де P – потужність двигуна,

η - ККД двигуна.

Втрати потужності електродвигуна 7 кВт на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування складають:

$$\Delta P_2 = \frac{160}{0,95} - 160 = 8,42 \text{ кВт.}$$

Різниця втрат становить:

$$\Delta p = \Delta P_1 - \Delta P_2, \quad (2.16)$$

де ΔP_1 , ΔP_2 - втрати потужності електродвигуна на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування для двигуна 7 та 3 кВт відповідно.

$$\Delta p = 5,57 - 3,42 = 2,14 \text{ кВт.}$$

Економія електроенергії складе 2,14 кВт·год, але, при цьому, двигун з меншою потужністю буде завантажений за номіналом.

Річна економія електроенергії складе:

$$E_w = \Delta p \cdot t, \quad (2.17)$$

де Δp - різниця втрат,

t – час роботи двигунів за рік.

Отже, річна економія складатиме:

$$E_w = 2,14 \cdot 8300 = 19886 \text{ кВт.}$$

Для заміни вибираємо двигун AIP355S6 (AIP 355 S6) 3 кВт. Ціна якого дорівнює 126791 грн.

Характеристики обраного двигуна.

Електродвигун трифазний AIP355S6 (AIP 355 S6) відноситься до серії загальнопромислових асинхронних електродвигунів змінного струму з короткозамкненим ротором. Цей електродвигун має дві схеми підключення (трикутник/зірка) залежно від напруження токоподаючої мережі – 380 В. Потужність електродвигуна AIP 355S6 становить 3 кВт, а частота обертів - 1000 об/хв. Висота осі обертання (габарит) електродвигуна AIP355 S6 - 355 мм, діаметр валу - 75 мм. Двигун AIP355 S6 призначений для роботи в режимі S1 -

тривалий режим роботи, при якій навантаження на електродвигун незмінне тривалий час. Ступінь захисту IP55 - підвищений захист електродвигуна від вологи і пилу. Клас ізоляції обмоток статора "F" - пікова температура нагріву 150°C.

Основні характеристики електродвигуна АІР 355S6 3 кВт:

- виробник - Сібелектромотор;
- країна виробник – Росія;
- тип двигуна – Асинхронний;
- потужність 3,0 (кВт);
- коефіцієнт потужності 0,88;
- частота обертання 1000 (об/хв);
- режими роботи – тривалий;
- система охолодження двигуна – повітряна;
- ККД не менше 95%;
- габаритні розміри: довжина 560 (мм), висота 101 (мм), діаметр 80(мм), діаметр валу 75 (мм).

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ НА ТОВ «ШИРОКІВСЬКИЙ ЕЛЕВАТОР-1»

3.1 Загальні показники енергозберігаючих заходів

Питання енергозбереження та енергоефективності з кожним роком стають все більш актуальними. При цьому напромак викликає інтерес не тільки у держави та власників бізнесу, а також у представників простих домогосподарств.

Цьому служить ряд причин: - дефіцит і постійне зменшення природних ресурсів; - питання енергетичної безпеки України; - висока енергоємність української економіки; - поступове збільшення споживання; - щорічне зростання цін на імпортовані Україною енергоресурси (газ, нафта).

Висока енергоємність галузей економіки пояснюється низкою факторів, серед яких найвпливовішими є:

- 1) значна частка витрат паливно-енергетичних ресурсів у загальній структурі собівартості продукції;
- 2) високий ступінь фізичного зносу основних фондів, у тому числі виробничого обладнання (65-70 %);
- 3) дефіцит інформації про програми і технології енергозбереження;
- 4) порівняно невеликий досвід фінансування таких проектів і, як результат, неактивна їх реалізація.

Представники великих виробничо-промислових компаній України вже сьогодні приділяють велику увагу показникам енергоспоживання, енергозбереження та підвищення енергоефективності виробництва.

В результаті аудиту було виявлено великий потенціал енергозбереження, і стало зрозумілим, що інвестиції в енергоефективність приведуть в майбутньому до скорочення щорічних витрат.

Під час проведення аудиту, були визначені основні споживачі природного газу на електроенергії, розміри їх споживання. Ними є ковпакові печі та прокатні стани відповідно.

Вирішено розглядати такі проекти підвищення енергоефективності цеху: застосування частотних перетворювачів кранових механізмів з пристроями рекуперації; модернізація димососів мартенівських печей; модернізації системи подачі води високого тиску.

Розглянуті проекти енергозбереження є незалежними, тобто їх реалізація може відбуватися як спільно, так і окремо. Наведемо результати розрахунку економії енергоресурсів за рік від впровадження заходів у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Економія енергоресурсів за рік від впровадження заходів

Заходи	Одиниці вимірювання	Економія
1. Впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти	тис.кВт·год/рік	95
2. Реконструкція обладнання норії	тис.кВт·год/рік	147
3. Заміна стрічки та застарілих електродвигунів головок конвеєрів на енергоефективні	тис.кВт·год/рік	125

Наведемо методику оцінки ефективності заходів [19].

Економічний ефект заходів визначається за рахунок зменшення споживання електроенергії.

Розраховуємо економічний ефект:

$$E = E_{w,Q} \cdot \text{тариф}, \quad (3.1)$$

де E_w або E_Q – економія електроенергії;

тариф – тариф на електроенергію 1,56 грн./кВт·год

Визначаємо період простої окупності проекту – це найбільш простий метод оцінки проекту, при котрому розраховується період часу, протягом якого, вигоди від проекту будуть рівними витратам на проект, років:

$$T = \frac{K}{E}, \quad (3.2)$$

де K – капітальні витрати, тис.грн;

E – економічний ефект, тис.грн.

Чиста теперішня вартість проекту (NPV) – це сумарна сьогоднішня вартість чистих грошових потоків або різниця між дисконтованими сумарними доходами та сумарними дисконтованими витратами. Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дисконту, використати її для дисконтування потоків витрат та вигод і підсумувати вигоди і витрати. В економічному аналізі ставка дисконту являє собою закладену вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути одержаний при інвестуванні найприбутковіших альтернативних проектів. Якщо ЧТВ позитивна, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо ЧТВ дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу. Якщо ЧТВ менше нуля – проект не приймається.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1 + \alpha)^t}, \quad (3.3)$$

де $B_t - C_t$ – чистий грошовий потік;

α - ставка дисконту. Для проектів енергоефективності приймається рівною 10%;

t – життєвий цикл проекту, років.

Метод розрахунку чистої теперішньої вартості полягає у порівнянні величини початкових інвестицій з загальною сумою дисконтованих чистих грошових надходжень, які генеруються ними протягом прогнозованого строку.

Визначення NPV від реалізації проекту проведемо в таблицях за формулами:

Балансовий прибуток:

$$БП = E_{ПЕР} - EB - A_m, \quad (3.4)$$

де EB – експлуатаційні витрати, тис.грн.;

A_m – амортизаційні витрати, тис.грн.

Амортизація:

$$A_m = K/t, \quad (3.5)$$

де K – капітальні витрати, тис.грн.

Чистий прибуток:

$$ЧП = БП - ПнП, \quad (3.6)$$

де $ПнП$ – податок на прибуток, тис.грн.,

$$ПнП = БП \cdot P, \quad (3.7)$$

де P – ставка податку.

Ставка податок складає 18% від балансового прибутку ЧГП (суми чистого прибутку та амортизації обладнання).

Дисконтований грошовий потік (ДГП) знаходимо за формулою:

$$ДГП = ЧГП \cdot K_d \quad (3.8)$$

Кумулятивний грошовий потік (КГП) знаходимо як суму $КГП$ попереднього року та $ДГП$ даного року.

За допомогою розрахованих даних знаходимо значення NPV.

Внутрішня норма рентабельності (IRR) – це рівень ставки дисконтування, при якому NPV проекту за його життєвий цикл дорівнює нулю. ВНР проекту дорівнює ставці дисконту, при якій сумарні дисконтовані вигоди дорівнюють сумарним дисконтованим витратам, тобто ВНР є ставкою дисконту, при якій NPV проекту дорівнює нулю .

Для розрахунку за даною формулою необхідно підібрати таку ставку дисконтування, щоб NPV при цій ставці була від’ємна.

$$IRR = \alpha_1 + \frac{NPV_1 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)}{(NPV_1 - NPV_2)} \quad (3.9)$$

де α_1 – ставка дисконту, при якій ЧТВ позитивна;

α_2 – ставка дисконту, при якій ЧТВ – від’ємна;

NPV_1 – величина позитивної ЧТВ при ставці дисконту α_1 ;

NPV_2 – величина від’ємної ЧТВ при ставці дисконту α_2 .

Індекс доходності або ануїтет NPV визначається за формулою:

$$PI = \frac{NPV + K}{K} \quad (3.10)$$

Дисконтований термін окупності (РВР) визначається графічно, знаходиться як перетин лінії кумулятивного дисконтованого грошового потоку з віссю X, але проводити за даним показником оцінку не будемо.

Надалі проводимо розрахунки ефективності заходів за даною методикою.

3.2 Реконструкція обладнання норії

Капітальні витрати на реконструкцію обладнання норії.

В таблиці 3.2 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення відповідні двигуни.

Визначаємо економічний ефект проекту E за формулою (3.1):

$$E = 147000 \cdot 1,56 = 228 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо термін окупності проекту $T_{ок}$ за формулою (3.2):

$$T_{ок} = 112000 / 228000 = 0,4 \text{ роки.}$$

Таблиця 3.2 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Двигуни	100
2	Монтажні роботи	12
	Вартість всього	112

Визначаємо та заносимо в таблиці 3.3 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Таблиця 3.3 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту встановлення регулятора

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	112	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	80,784
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	0,624
8	Балансовий прибуток	-	80,16
9	Податок на прибуток	-	14,43
10	Чистий прибуток	-	65,73
11	Потік чистих грошових надходжень	-3,12	66,36

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=66,36 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблиці 3.4 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Таблиця 3.4 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту встановлення вимикача

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	K_d $\alpha=10\%$	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5
0	-112	1	-112	-112
1	66,35	1,1	60,32	57,2
2	66,35	1,21	54,84	112,04
3	66,35	1,33	49,89	161,93
4	66,35	1,46	45,45	207,38
5	66,35	1,61	41,21	248,59

Чиста теперішня вартість проекту NPV=248,59 тис. грн.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR, %.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.5 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 3000%:

Таблиця 3.5 – Дисконтовані потоки проекту при ставці дисконту 3000%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті грошові потоки, тис. грн.	
		$\alpha =10\%$	$\alpha =3000\%$
1	2	3	4
0	-3,12	-3,12	-3,12
1	66,3552	60,32291	2,1404903
2	66,3552	54,83901	0,0690481
3	66,3552	49,89113	0,0022274

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
4	66,3552	45,44877	$7,18 \cdot 10^{-5}$
5	66,3552	41,21441	$2,31 \cdot 10^{-6}$
Всього	-	248,59	-1

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{248,59 \cdot (3000 - 10)}{248,59 - (-1)} = 2898,38 \%$$

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{248,59 + 3,12}{3,12} = 80,68.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

- 1) термін окупності $T_{ок} = 0,04 < 5$;
- 2) значення чистої теперішньої вартості $NPV = 248,59 > 0$;
- 3) величина внутрішньої норми рентабельності $IRR = 2898,38 > 0$;
- 4) величина індексу доходності $PI = 80,68 > 1$.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.3 Заміна стрічки та застарілих електродвигунів головок конвеєрів на енергоефективні

Проводиться заміна електричних двигунів на двигуни меншої потужності, оскільки наявні завищеної потужності.

Капітальні витрати на встановлення двигунів.

В таблиці 3.6 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення двигуни АІР355S6 (АІР 355 S6) 3 кВт.

Таблиця 3.6 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Двигун АІР355S6 - 3 кВт	210
2	Монтажні роботи	2
3	Вартість всього	212

Визначаємо економічний ефект проекту E за формулою (3.1):

$$E = 125000 \cdot 1,56 = 194,044 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.7 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Потік чистих грошових надходжень від проекту $ЧГН=87,97$ тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.8 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Таблиця 3.7 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту заміни двигунів

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	212	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	95,044

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	55,788
8	Балансовий прибуток	-	39,256
9	Податок на прибуток	-	7,066
10	Чистий прибуток	-	32,18
11	Потік чистих грошових надходжень	-278,94	87,97

Таблиця 3.8 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту заміни двигунів

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	K_d $\alpha=10\%$	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5
0	-278,94	1	-278,94	-278,94
1	87,97792	1,1	79,97992727	-198,96
2	87,97792	1,21	72,70902479	-126,251
3	87,97792	1,33	66,14881203	-60,1022
4	87,97792	1,46	60,25884932	0,156613
5	87,97792	1,61	54,64467081	54,80128

Чиста теперішня вартість проекту $NPV=54,8$ тис. грн.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту $IRR, \%$.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.9 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 20%:

Таблиця 3.9 – Дисконтовані грошові потоки проекту заміни двигунів при ставці дисконту 20%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		$\alpha = 10\%$	$\alpha = 20\%$
1	2	3	4
0	-278,94	-278,94	-278,94
1	87,97792	79,97993	73,314933
2	87,97792	72,70902	61,095778
3	87,97792	66,14881	50,913148
4	87,97792	60,25885	42,427623
5	87,97792	54,64467	35,356353
Всього	-	54,8	-16

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{54,8 \cdot (20 - 10)}{54,8 - (-10)} = 18,45\%.$$

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{54,8 + 278,94}{278,94} = 1,19.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

- 1) термін окупності $T_{ок} = 2,93 < 5$;
- 2) чистої теперішньої вартості $NPV = 54,8 > 0$;
- 3) величина внутрішньої норми рентабельності $IRR = 18,45 > 0$;
- 4) величина індексу доходності $PI = 1,19 > 1$.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.4 Впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти

Для керування асинхронними двигунами вентиляторів обираємо частотні перетворювачі фірми Schneider Electric сумарною вартістю 0,297 млн. грн.

Капітальні витрати на їх встановлення.

В таблиці 3.10 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення перетворювачі типу ATV212HD.

Таблиця 3.10 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Частотні перетворювачі	3910
2	Монтажні роботи	200,11
	Вартість всього	4110,11

Визначаємо економічний ефект проекту E за формулою (3.1):

$$E = 112000 \cdot 1,56 = 148 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо термін окупності проекту $T_{ок}$ за формулою (3.2):

$$T_{ок} = \frac{297}{148} = 2,007 \text{ років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.11 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Таблиця 3.11 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту встановлення реле часу

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	297	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	297
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	12,534
8	Балансовий прибуток	-	119,78
9	Податок на прибуток	-	109,76
10	Чистий прибуток	-	90,02
11	Потік чистих грошових надходжень	-12,67	92,56

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=920,56 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.12 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR, %.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.13 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 3000%:

Чиста теперішня вартість проекту NPV=3380,45 тис. грн.

Таблиця 3.12 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту встановлення перетворювачів

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	K_d $\alpha=10\%$	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5
0	-12,67	1	-12,67	-12,67
1	92,56	1,1	84,14	71,47
2	92,56	1,21	76,49	147,97
3	92,56	1,33	69,59	217,56
4	92,56	1,46	63,39	280,96
5	92,56	1,61	57,49	338,45

Таблиця 3.13 – Дисконтовані грошові потоки проекту встановлення перетворювачів при ставці дисконту 3000%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		$\alpha = 10\%$	$\alpha = 3000\%$
1	2	3	4
0	-12,67	-12,67	-12,67
1	92,55852	84,14411	2,9857587
2	92,55852	76,49464	0,0963148
3	92,55852	69,59287	0,0031069
4	92,55852	63,39625	0,0001002
5	92,55852	57,48976	-12,67
Всього	-	338,45	-10

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{338,45 \cdot (3000 - 10)}{338,45 - (-10)} = 2826,77\%.$$

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{338,45 + 12,67}{12,67} = 27,71.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

- 1) термін окупності $T_{ок} = 0,1 < 5$;
- 2) значення чистої теперішньої вартості $NPV = 338,45 > 0$;
- 3) величина внутрішньої норми рентабельності $IRR = 2826,77 > 0$;
- 4) величина індексу доходності $PI = 27,71 > 1$.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.5 Загальний комплексний проект

Для збільшення грошових надходжень від енергозберігаючих проектів обираємо варіант впровадження трьох розглянутих проектів як загального комплексного проекту.

Визначаємо сумарний економічний ефект загального комплексного проекту.

$$E_{\text{сум}} = E_1 + E_2 + E_3, \quad (3.11)$$

де E_1, E_2, E_3 – економічний ефект від впровадження першого, другого, третього проектів, тис. грн./рік.

$$E_{\text{сум}} = 148 + 228 + 194 = 376 \text{ тис. грн./рік}$$

Визначаємо сумарні капітальні витрати комплексного проекту:

$$K_{\text{сум}} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5, \quad (3.12)$$

де K_1, K_2, K_3 – капітальні витрати на впровадження першого, другого та третього проектів, тис. грн.

$$K_{\text{сум}} = 409 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо термін окупності проекту за формулою (3.2):

$$T_{\text{ок}} = \frac{409}{376} = 1,09 \text{ років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.14 результати розрахунків від комплексного проекту.

Проаналізуємо отримані показники ефективності всіх проектів. Строки окупності знаходяться в межах доцільності впровадження енергозберігаючих проектів. Всі проекти мають великий ступінь ефективності, їх чиста теперішня вартість має велике додатне значення та внутрішня норма рентабельності складає великий відсоток.

Отже, зводимо отримані дані до таблиці 3.14 і визначаємо загальні техніко-економічні показники проекту, як окремих заходів, так і сумарні показники.

Таблиця 3.14 – Техніко-економічні показники дипломної роботи

Показники	Одиниця виміру	Енергозберігаючий захід			Всього
		Перетворювачі частоти двигунів вентиляторів	Заміна двигуна та стрічки конвеєра	Заміна двигунів елеватора	
Капітальні витрати	млн. грн.	0,297	0,112	0,212	0,409
Економія, за рахунок ЕЗЗ	млн. грн.	0,148	0,228	0,194	0,376
Ефективність капіталовкладень	-	0,498	2,036	0,915	0,92
Термін окупності	років	2,007	0,491	1,093	1,09

Економічний ефект за ЕЗЗ

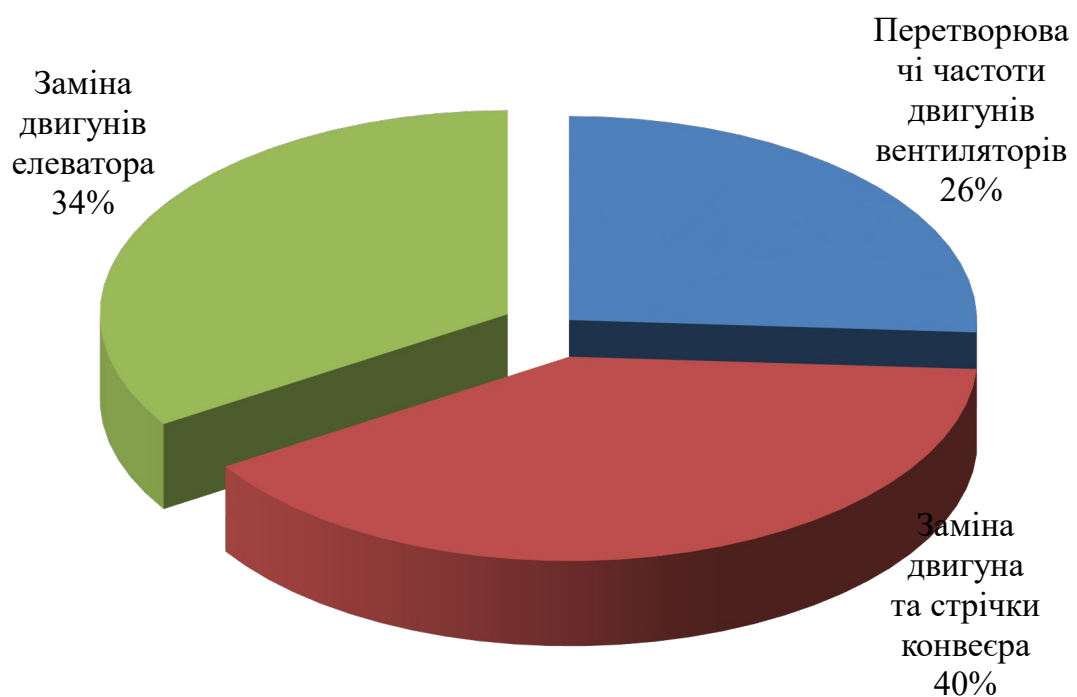


Рисунок 3.1 - Техніко-економічні показники проектів

Для отримання більших грошових надходжень доцільно впровадити загальний комплексний енергозберігаючий проект, який враховуватиме одночасне впровадження всіх трьох проектів. Такий загальний комплексний проект має гарні значення показників ефективності.

ВИСНОВКИ

Понад 80% енергоносіїв Україна імпортує і вартість їх постійно зростає. Тому все більш актуальною проблемою є підвищення енергоефективності технологічного обладнання та ефективного його використання. Загальновідомо, що для підвищення якості зерна, його потрібно вчасно довести його до кондиції (якісно досушити, не допустити перегріву і при зберіганні проводити аерацію (вентилювання). На ці операції йде близько 20% енергії від загального обсягу, який потрібен для вирощування зернових культур.

Отже, основним напрямком діяльності підприємства, що розглядається, є сушіння, зберігання та відвантаження великої кількості різних зернових культур, що потребує великих енергетичних ресурсів, особливо електричної енергії. Тому, метою роботи є зниження втрат в системі електроспоживання підприємства та визначення технічної та економічної доцільності впровадження енергозберігаючих заходів.

За даними енергетичного аудиту підприємства видно, що основними споживаними енергетичними ресурсами є електрична енергія 53 % та природний газ 47%, а витрати за 2021 рік на забезпечення діяльності підприємства складають майже 1,4 та 1,2 млн.грн, відповідно. Основними споживачами електричної енергії є вентилятори сушарок, двигуни конвеєрів та елеватора, тому заходи з підвищення ефективності електроспоживання планується проводити саме в цьому напрямку.

За технологією, для підведення нагрітого або атмосферного повітря в сушильну камеру, відсмоктування запиленого повітря з сепараторів, башмаків та головок норій використовують потужні вентилятори, продуктивність яких не регулюється. Проте, в залежності від оброблюваної культури інтенсивність продувки можна варіювати в широких межах, що дозволяє говорити про потенційний резерв економії електричної енергії.

Норія, або зерновий елеватор також є одним з етапів виробництва і служить для транспортування зернових. Аналіз обладнання останнього показав, що двигуни його є морально застарілими та потребують заміни. Також на підприємстві, для переміщення зернових використовуються стрічкові конвеєри, де ситуація схожа.

В цілому, на основі аудиту підприємства, було запропоновано наступні заходи з енергозбереження:

- впровадження системи контролю та керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів на базі перетворювачів частоти живлячої напруги;
- реконструкція обладнання норії;
- заміна стрічки та застарілих електродвигунів головок конвеєрів на енергоефективні.

Отже, впровадження системи керування продуктивністю електродвигунів вентиляторів за допомогою частотних перетворювачів дасть можливість зекономити підприємству близько 150 тис. грн на рік при строці окупності 2 роки.

Реконструкція обладнання норії потребує капітальних витрат близько 212 тис грн, при цьому економічний ефект складе 194 тис. грн на рік, а строк окупності дещо перевищить 1 рік.

Заміна стрічки та застарілих електродвигунів головок конвеєрів принесе підприємству прибуток у розмірі 228 тис. грн на рік, а строк окупності складе не більше 0,5 року.

Сумарна економія від впровадження запропонованих заходів складе близько 376 тис.грн на рік, а строк окупності не перевищить максимально припустимий і кладе близько 1 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нормы технологического проектирования хлебоприемных предприятий и элеваторов: ВНТП-05-88 / Минхлебопродуктов СССР. ЦНИИПромзернопроект. – М., 1990. – 138 с. 2. Платонов Н.П.,
2. Пунков, С.П., Фасман, В.Б. Элеваторы и склады. – М.: Агропромиздат, 1987. – 319 с. 3.
3. Правила организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях /Минзаг СССР. – М., 1984. – 123 с.
4. Бакалін, Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібник – Харків, 2002 - 200с.
5. Кноринг, Г.Н. Осветительные установки -Л., Энергоаудит, 2002 - 230с.
, 11. Михайлов, В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы. [Текст]/ В.В. Михайлов - М.: «Высшая школа», 1980 - 228с.
6. Гольстрем, В.А. Справочник по экономии топливно - энергетических ресурсов. [Текст]/ В.А. Гольстрем , Ю.Л. Кузнецов - К.: «Техника», 1985 - 383с.
7. Алиев, Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: [Текст]/ Справочник., Г.М. Алиев. - М.: «Металлургия», 1986 - 543с.
8. Беренда, Н.В. Методические указания к контрольной работе «Экономика природоиспользования». [Текст]/ Н.В. Беренда. - Запорожье, ЗГИА, 2003 - 28 с
9. Колобов, А.Д., Осипенко, В.Д. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии. [Текст]/ А.Д. Колобов, В.Д. Осипенко. - К.: «Техника», 1979 - 168с.
10. Гичёв, Ю.А. Источники теплоснабжения промышленных предприятий. [Текст] Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2011. – 52 с.

11 Гичёв, Ю.А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий. [Текст] / Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2012. – 57 с.

12Копилов, І.П. Електричні машини [Текст]: підручник/ І.П. Копилов – Москва: Видавництво «Енергоатоміздат», 1986.-360 с.

13 Загірняк, М. В. Електричні машини [Текст]: підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невалін. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : Знання, 2009. – 399 с. – ISBN 978-966-336-644-6.

14Тихомиров, А. К. Теплопостачання району міста [Текст]: Навчальний посібник / А. К.Тихомиров. – Хабаровськ : Видавництво «Тихоокеан», 2006. – 135 с. ISBN 5 –7389 – 0515 – 6.

15Качан Ю.Г. Основи енергозбереження [Текст]: Конспект лекцій/ Ю.Г. Качан.- Запоріжжя: ЗДІА, перевид. 2005.-184 с.

16Качан Ю.Г. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент» [Текст]/ Ю.Г. Качан, В.В. Артем'єв, О.Г. Воронін.-З.: ЗДІА, 2006.-50с.

17. Овчаренко, А.С.. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий [Текст]/ А.С. Овчаренко, Д.И. Розинский. – К.: Техника, 1989. – 276 с.

18. Королев, А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов. [Текст]/ А.А. Королев. Изд. 2-ое. М.: Металлургия, 1981. – 200 с.

19 Розенгарт, Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование [Текст]/ Ю.И Розенгарт , Б.И Якобсон., З.А. Мурадова - Киев: «Вища школа», 1988 - 328с.

ДОДАТОК А

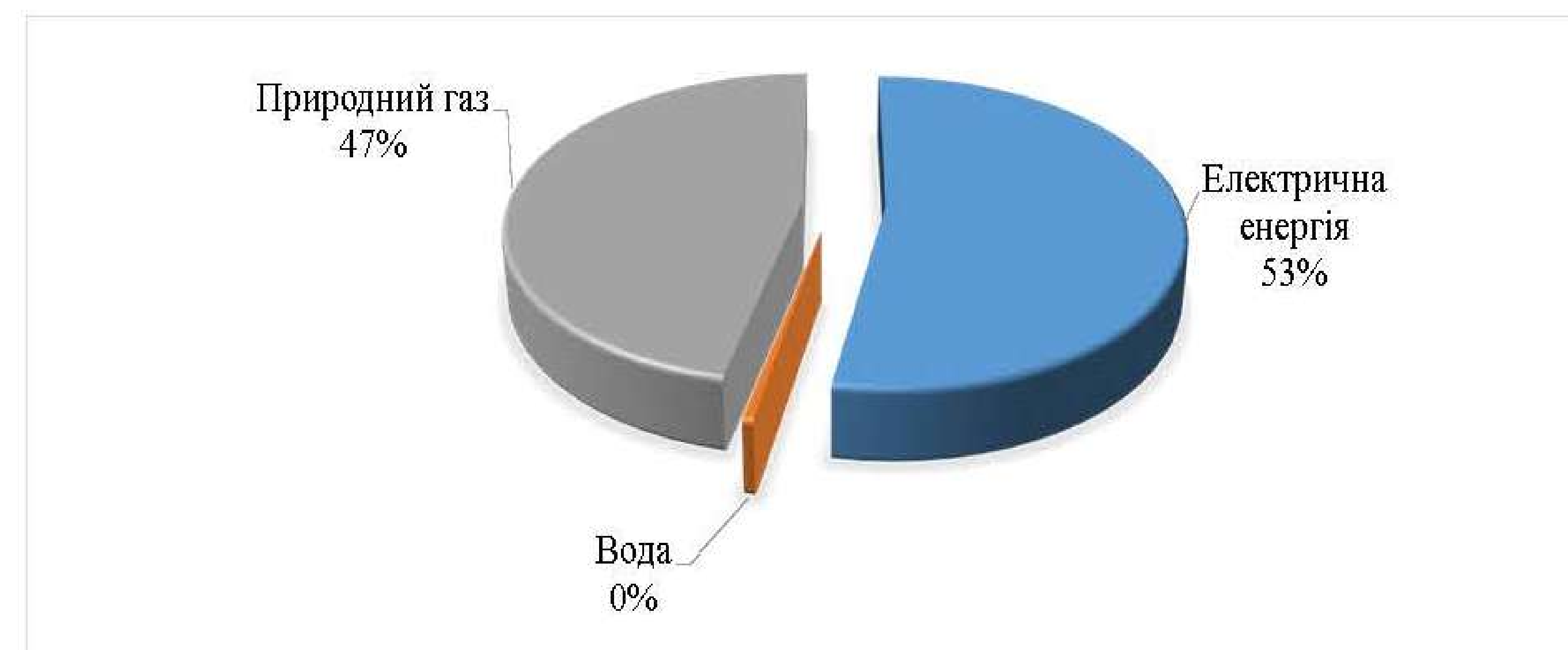
Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТОВ «ШИРОКІВСЬКИЙ ЕЛЕВАТОР-1»

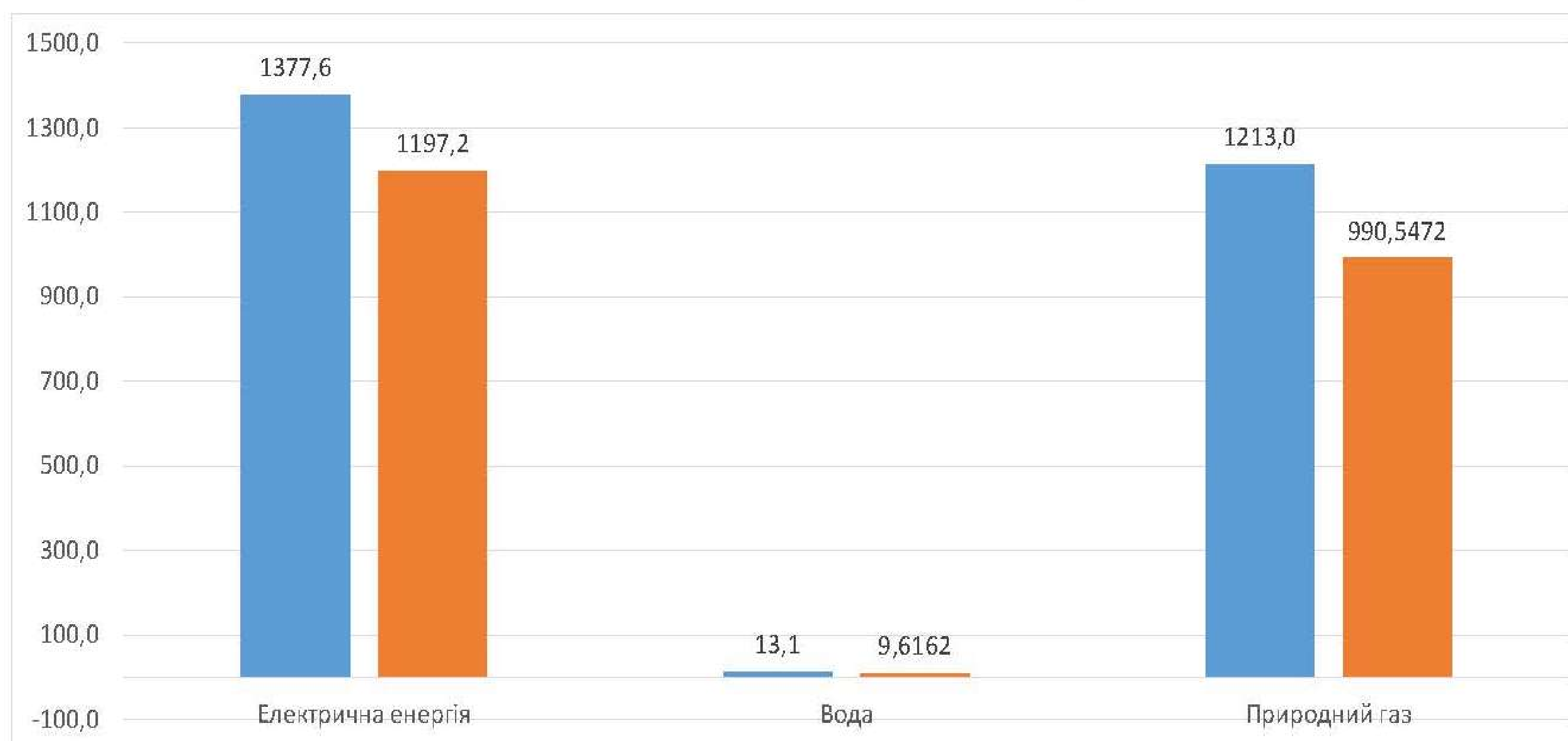
Структура споживання енергоресурсів підприємством

Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат.од.	Витрати за 2021 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	820,0	1377,6	52,9
Вода	м ³	1564,0	13,1	0,5
Природний газ	тис. м ³	134,8	1213,0	46,6
Всього		—	2603,6	100

Баланс витрат на енергоносії

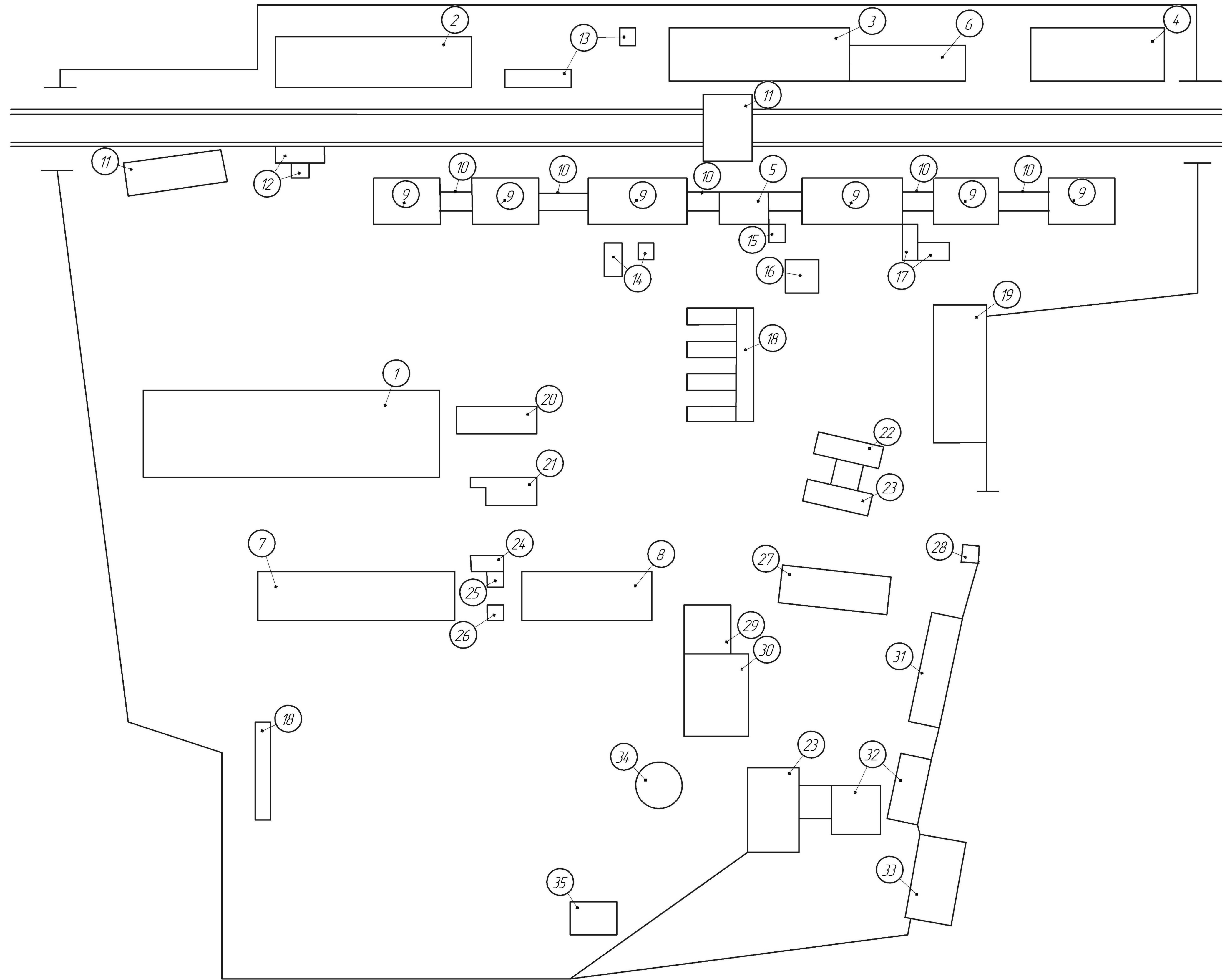


Динаміка витрат на енергоресурси

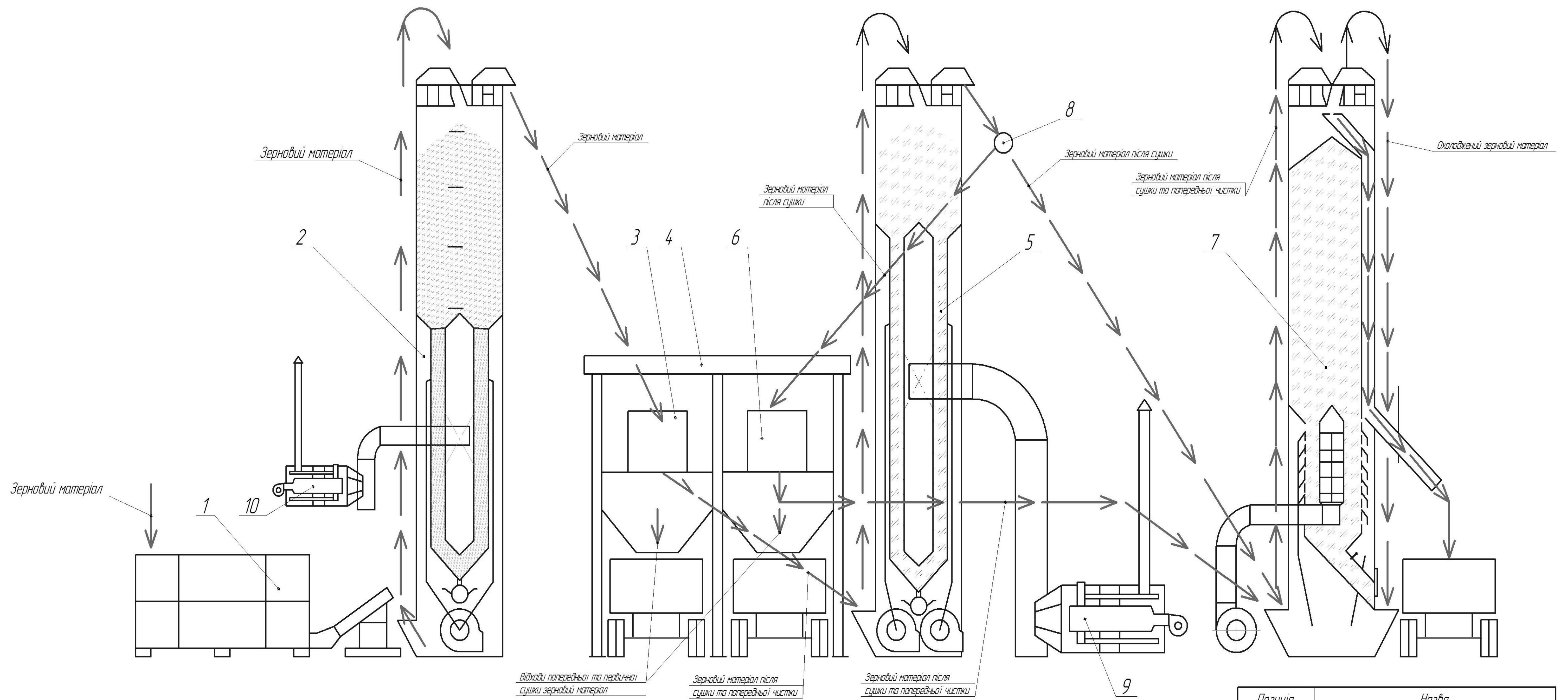


ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН

№	Найменування
1	склад№ 1
2	склад№ 2
3	склад№ 3
4	склад№ 4
5	рабоча вежа
6	склад№ 6
7	склад№ 7
8	склад№ 8
9	силосний корпус
10	з'єднувальна галерея
11	приймання з залізниці
12	залізничні ваги
13	будівля сімстанції
14	зерносушарка Sukir
15	технологічна будівля
16	цех відходів
17	автарозвантажувач
18	автоприймач
19	адмінбудівля, котельна
20	вадолимище 250м
21	гараж
22	ваги електронні
23	ваги механічні
24	топка зерносушарки
25	зерносушарка
26	приймання з автотранспорту
27	будівля червоного кутка
28	прохідна
29	майстерні
30	пожежне депо
31	будівля виробнича
32	склад матеріалів
33	будівля лабораторії
34	дашта Рожнівського
35	трансформаторна підстанція

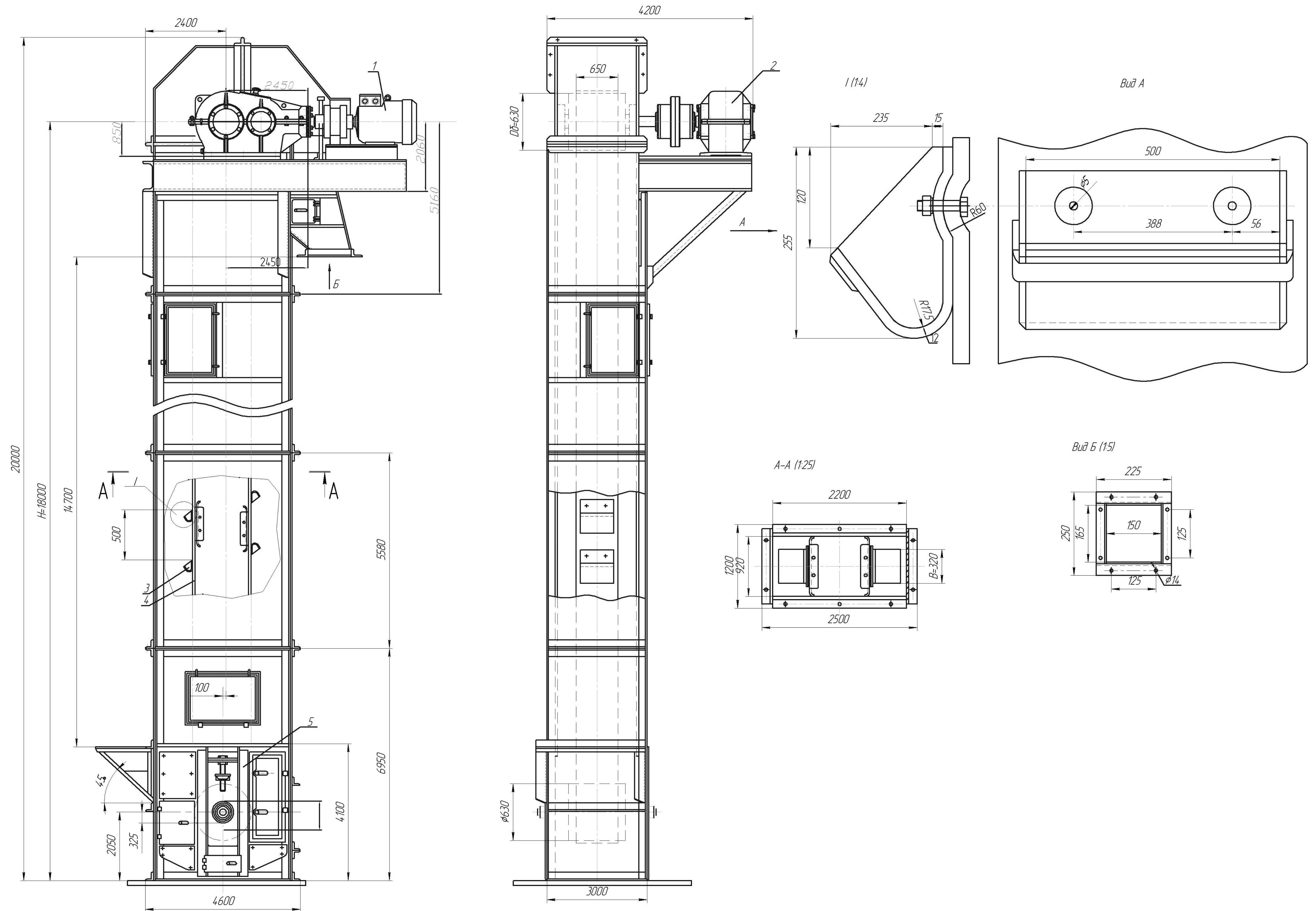


ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА

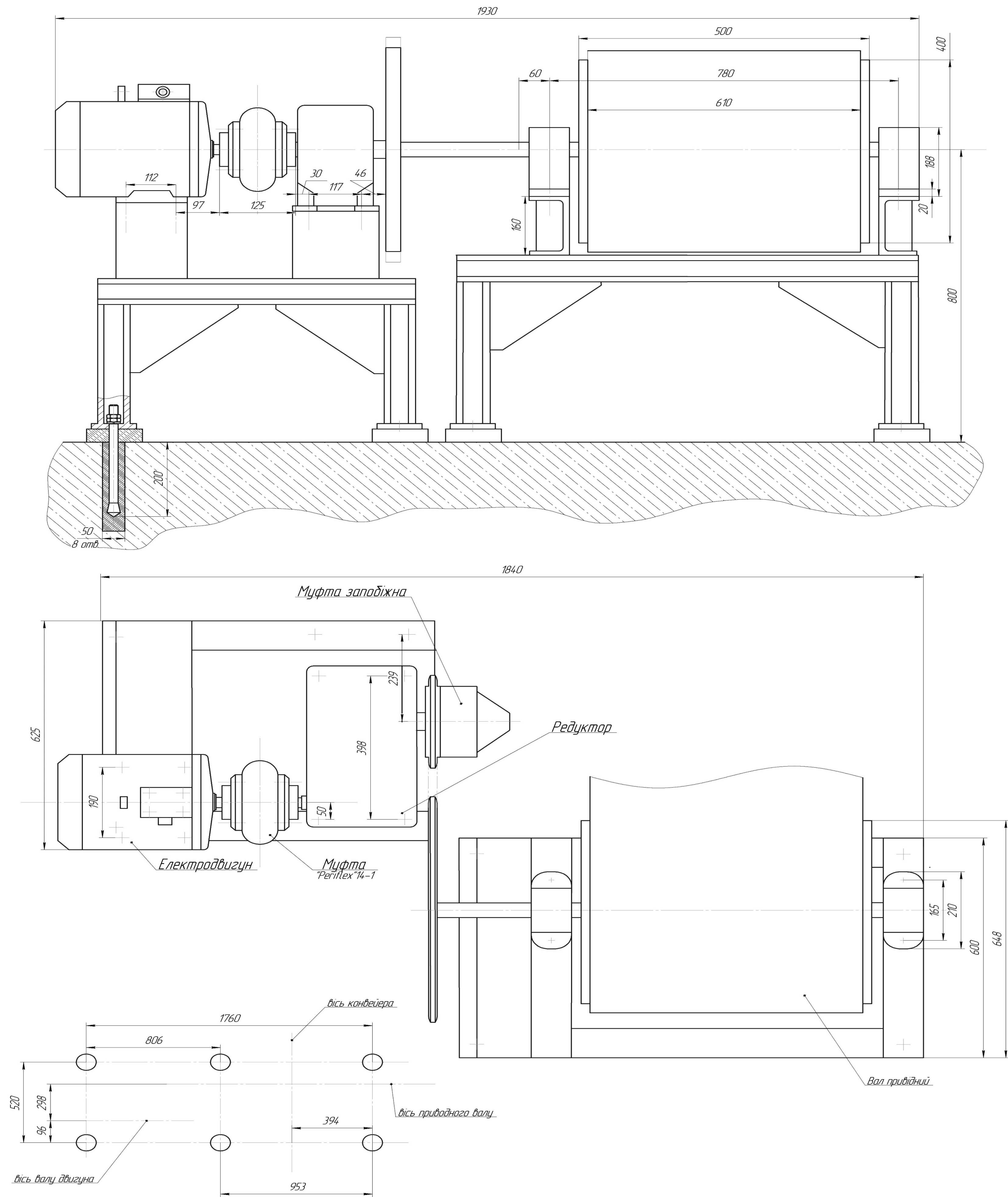


Позиція	Назва
1	Приймально-порційний пистрій
2	Бункер сирого зерна
3	Машина попереднього очищення
4	Бункери очисного механізму
5	Зерносушилка
6	Машина первинного очищення зерна
7	Бункер сухого зерна
8	Розподільник
9	Повітрянагрівач
10	Агрегат топочний

ЕЛЕВАТОР СТРІЧКОВИЙ



ПРИВОД СТРІЧКИ ЕЛЕВАТОРА



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ

Загальні техніко-економічні показники енергозберігаючих заходів

Показники	Одиниця виміру	Енергозберігаючий захід			Всього
		Перетворювачі частоти двигунів вентиляторів	Заміна двигуна та стрічки конвеєра	Заміна двигунів елеватора	
Капітальні витрати	млн. грн.	0,297	0,112	0,212	0,409
Економія, за рахунок ЕЗЗ	млн. грн.	0,148	0,228	0,194	0,376
Ефективність капіталовкаладень	-	0,498	2,036	0,915	0,92
Термін окупності	років	2,007	0,491	1,093	1,09

Економічний ефект за ЕЗЗ

