

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕРНОСХОВИЩА НА
ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Синявський О.Ю.
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Окушко О.В.
(ПІБ)

Виконав

(ПІБ)

(підпис)

Герасимчук В.О.

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

доц., к.т.н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” ”
число місяць рік 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

Герасимчуку Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Підвищення енергоефективності електротехнологічних процесів зерносховища на основі впровадження когенераційних установок»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025р. № 2607,,С”.

Термін подання завершеного проекту на кафедру 2026.05.31
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:

- 1) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2017).
- 2) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС).
- 3) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС).
- 4) ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
- 5) ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
- 6) ДСТУ EN 62305-3:2021 «Захист від блискавки».
- 7) Система планово-запобіжних ремонтів і технічного обслуговування електрообладнання сільськогосподарських підприємств (ПЗР і ТО)
- 8) Проектна документація з систем: проектування освітлення, Проектування когенераційних установок та блискавкозахисту, надана ТОВ ІК « СИНЕРГІЯ» для використання в дипломній роботі в навчальних цілях.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків вирішення завдань, що розглядаються у проекті.

2) Технологічна частина. Опис технологічного процесу та вибір електроенергетичного обладнання елеваторного комплексу.

3) Електрична частина проекту. Розрахунок вентиляції, освітлення, вибір трансформатора та розробка системи електропостачання.

4) Спеціальне питання: «Модернізація системи енергозабезпечення зерносклади із впровадженням когенераційної установки». Вибір КГУ RSE2300MWM, розрахунок енергетичного балансу та технічні рішення з інтеграції в систему електропостачання.

5) Безпека життєдіяльності та охорона праці. Аналіз виробничих факторів, розрахунок заземлення та блискавкозахисту КГУ.

6) Економіка. Розрахунок витрат та оцінка економічної ефективності проекту.

7) Висновки.

8) Список використаних джерел.

9) Додатки.

Перелік графічних документів (за потреби):

1. План елеваторного комплексу.

2. Розрахунки освітленості складського приміщення (DIALux evo 14).

3. Принципова електрична схема проектного розподільчого щита.

4. План розміщення проектного обладнання складу загального призначення.

5. Однолінійна схема електропостачання елеваторного комплексу після реконструкції (проектвана).

6. Комірка КСО-393-17В. Принципова схема та склад обладнання.

7. Система заземлення КГУ, що проектується. Розрахунок опору розтікання системи заземлення.

8. План блискавкозахисту КГУ.

Дата видачі завдання _____ 30 жовтня 2025р.

Керівник дипломного проекту бакалавра

Окушко О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Герасимчук В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота: 73 с., 10 рис., 37 табл., 30 джерел.

Об'єкт дослідження — електротехнологічні процеси елеваторного комплексу з когенераційною установкою RSE2300MWM.

Предмет дослідження — методи підвищення енергоефективності елеваторного комплексу на основі когенераційних установок.

Метод дослідження — розрахунково-аналітичний із застосуванням програмних комплексів для світлотехнічних та енергетичних розрахунків, інженерних методів аналізу та техніко-економічного обґрунтування впровадження когенераційних установок.

Мета роботи — розробка технічних рішень з підвищення енергоефективності зерносховища на основі впровадження когенераційної установки та обґрунтування їх економічної доцільності.

Проведено аналіз системи енергозабезпечення елеваторного комплексу та обґрунтовано доцільність впровадження когенерації. Виконано розрахунок електрообладнання — електродвигунів, вентиляції, освітлення та силового трансформатора. Розроблено технічні рішення з інтеграції КГУ RSE2300MWM в систему електропостачання, розраховано заземлення та блискавкозахист. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило ефективність проекту: термін окупності — 4,6 років, $NPV = 36,6$ млн грн, $IRR = 21,5$ %.

Ключові слова: когенераційна установка, енергоефективність, елеватор, електропостачання, РДН, освітлення, електропривід, заземлення, блискавкозахист.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	10
АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ ЗАВДАНЬ, ЯКІ ВИРІШУЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ	10
1.1 Аналіз системи енергозабезпечення елеваторного комплексу та обґрунтування необхідності її модернізації	10
РОЗДІЛ 2	12
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1. Опис технологічного процесу Технічне обслуговування електрообладнання елеваторного комплексу	12
2.2 Технологія виробничих процесів елеваторного комплексу з урахуванням КГУ та перспектив розвитку	13
2.2.1 Використання електричної енергії КГУ ..	14
2.2.2 Використання теплової енергії КГУ ..	14
2.3 Вибір основної технології та електроенергетичного обладнання	15
РОЗДІЛ 3	19
ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА	19
3.1 Розрахунок вентиляції для складського приміщення загального призначення	19
3.2 Розрахунок і проектування механічних властивостей двигуна вентилятора	22
3.2.1 Розрахунок і проектування механічних властивостей двигуна вентилятора	27
3.3 Розрахунок електроосвітлення складського приміщення загального призначення та монтаж систем освітлення.	29
3.3.1 Вибір та обґрунтування системи освітлення	30
3.3.2 Світлотехнічний розрахунок у DIALux evo 14 Створення проекту та налаштування параметрів	31
3.3.3 Результати розрахунку та їх аналіз.	34
3.3.4 Вибір електрообладнання	36
3.3.5 Монтаж системи освітлення	36

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.4 Розрахунок та вибір номінальної потужності силового трансформатора для електропостачання складського приміщення.....	36
3.5 Система електропостачання елеваторного комплексу.....	38
3.5.1 Власні джерела генерації.....	38
РОЗДІЛ 4.....	39
МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕРНОСХОВИЩА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....	39
4.1. Когенераційна установка: принцип дії, класифікація та призначення.....	39
4.1.1. Характеристика проекрованої когенераційної установки RSE 2300 MWM.....	41
4.2. Енергетичний баланс когенераційної установки RSE 2300 MWM та покриття потреб елеваторного комплексу.....	43
4.3. Технічні рішення з впровадження КГУ RSE2300MWM в систему електропостачання елеватора	47
РОЗДІЛ 5.....	51
БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	51
5.1. Перелік основних нормативних документів	51
5.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	51
5.3. Техніка безпеки на елеваторному комплексі	52
5.4. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки уражень електричним струмом	53
5.5. Техніка безпеки в приміщеннях ЗТП	54
5.6. Блискавкозахист КГУ	56
5.7. Заземлення електроустановок.....	58
5.8. Пожежна безпека на елеваторному комплексі.....	60
5.9. Дії персоналу при аварійних та надзвичайних ситуаціях	60
РОЗДІЛ 6.....	61
ЕКОНОМІКА.....	61
6.1. Загальна характеристика інвестиційного проекту.....	61
6.2. Капітальні витрати на реалізацію проекту.	62
6.2.1. Вартість основного обладнання.....	62
6.2.2. Вартість монтажних та будівельних робіт	62
6.2.3. Зведений кошторис капітальних витрат	62

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

6.3. Обґрунтування режиму роботи КГУ та стратегії продажу електроенергії	62
6.4. Річні експлуатаційні витрати	64
6.5. Доходи від реалізації проекту	66
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТКИ.....	75
ДОДАТОК А	75
ДОДАТОК Б	77
ДОДАТОК В	80
ДОДАТОК Д	83
ДОДАТОК Е	87
ДОДАТОК Ж	91

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності забезпечення енергетичної незалежності питання підвищення енергоефективності промислових підприємств набувають особливої актуальності. Зернозберігальні підприємства (елеваторні комплекси) належать до галузей зі значним рівнем споживання електричної та теплової енергії — основні витрати припадають на транспортування, очищення, вентильовання та сушіння зерна.

Важливою особливістю елеваторів є суттєва частка електроспоживання, пов'язана з роботою електроприводів, вентиляторів, систем аспірації та автоматизованих систем керування. Оскільки електроенергія надходить переважно з зовнішніх мереж, підприємство залежить від режимів роботи енергосистеми, коливань напруги та можливих аварійних відключень. Особливої уваги заслуговує процес сушіння зерна — один із найбільш енергоємних, що визначає значну частку експлуатаційних витрат. Традиційні системи теплопостачання зерносушарок супроводжуються підвищеними витратами палива та низьким рівнем використання енергетичного потенціалу.

Одним із перспективних напрямів є впровадження когенераційних установок, які забезпечують комбіноване виробництво електричної та теплової енергії. Це дозволяє одночасно вирішити дві ключові задачі: покрити власні потреби підприємства в електроенергії та ефективно використовувати відпрацьоване тепло для технологічних процесів, зокрема сушіння зерна.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Герасимчук В.О			Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Окушко О.В.					С	8	74
Реценз.							НУБіПУ, ЕЕЕ-230026СТ		
Н. контр.		Коробський В.В.							
Затверд.		Окушко О.В.							

Сучасні тенденції розвитку енергетики також передбачають формування локальних енергетичних систем із можливістю інтеграції відновлюваних джерел енергії та установок зберігання енергії. Поєднання когенераційних установок із сонячними електростанціями та системами накопичення дозволяє оптимізувати режими генерації та споживання електроенергії, підвищити надійність і автономність енергопостачання підприємства.

Метою даної роботи є розробка та обґрунтування підвищення енергоефективності електротехнологічних процесів зерносховища на основі впровадження когенераційної установки. Об'єктом дослідження є електротехнологічні процеси зерносховища, предметом — методи та засоби підвищення їх енергоефективності із застосуванням когенераційних установок.

У роботі використано аналітичні методи, інженерні розрахунки, методи енергетичного аналізу та техніко-економічного обґрунтування. Наукова новизна полягає у комплексному підході до використання когенераційної установки для одночасного забезпечення електричних і теплових потреб зерносховища з урахуванням режимів електроспоживання та інтеграції у технологічні процеси. Практичне значення роботи — можливість застосування запропонованих рішень на діючих елеваторних підприємствах з метою зниження витрат на енергоносії, підвищення енергоефективності та забезпечення стабільної роботи технологічного обладнання.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ ЗАВДАНЬ, ЯКІ ВИРІШУЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ

1.1 Аналіз системи енергозабезпечення елеваторного комплексу та обґрунтування необхідності її модернізації

Елеваторні підприємства призначені для приймання, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зерна. Для реалізації цих процесів використовується значна кількість електромеханічного обладнання — транспортери, вентилятори, зерноочисні машини, зерносушарки та системи аерації, що зумовлює значний рівень енергоспоживання.

Основними споживачами електроенергії є транспортні механізми, вентилятори та зерноочисне обладнання. Найбільш енергоємним процесом є сушіння зерна, яке потребує значних витрат теплової та електричної енергії. Характерною особливістю є сезонна нерівномірність навантаження з піковими режимами в період жнив.

Електропостачання здійснюється від централізованих мереж, тепла енергія генерується автономно. Роздільне виробництво енергії знижує загальний ККД системи, підвищує експлуатаційні витрати та залежність від зовнішніх постачальників.

Аналіз виявив такі ключові проблеми: високі витрати на електричну та теплову енергію; низький загальний ККД; значні теплові втрати при сушінні; відсутність утилізації вторинної енергії; нерівномірність навантаження; залежність від зовнішніх джерел.

Усе це підвищує собівартість обробки зерна та знижує ефективність підприємства.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективним напрямком є впровадження когенераційних установок (КГУ), які забезпечують одночасне виробництво електричної та теплової енергії. КГУ дозволяє утилізувати тепло двигуна для сушіння зерна, підвищити загальний ККД, знизити витрати на паливо та підвищити надійність енергопостачання.

У перспективі можливе впровадження сонячних електростанцій та систем накопичення енергії для підвищення гнучкості енергосистеми. У даній роботі основна увага зосереджена на когенераційній установці як базовому елементі підвищення енергоефективності.

У роботі передбачається: аналіз технологічних процесів та їх енергетичних параметрів; розрахунок електричних навантажень; підбір електродвигунів та вентиляційних установок; проектування системи освітлення; вибір апаратів захисту та перерізів кабелів; розробка схеми інтеграції КГУ в енергосистему підприємства та оцінка ефективності запропонованих рішень.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Опис технологічного процесу Технічне обслуговування електрообладнання елеваторного комплексу.

Технологічний процес елеваторного комплексу включає приймання, транспортування, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зерна.

Зерно надходить автомобільним або залізничним транспортом, проходить ваговий контроль та оцінку якості, після чого подається конвеєрами та норіями до вузлів очищення. На етапі очищення сепаратори видаляють домішки, аспіраційні системи — пил.

Залежно від вологості зерно направляється або на зберігання, або на сушіння. Процес сушіння виконується у зерносушарках, де джерелом тепла може слугувати когенераційна установка, що забезпечує одночасне виробництво електричної та теплової енергії та підвищує загальну енергоефективність.

Після сушіння зерно подається у силоси, де здійснюється контроль температури, вологості та аерація. Заключним етапом є відвантаження споживачам через систему бункерів на автомобільний або залізничний транспорт.

Робота елеватора забезпечується допоміжними системами: трансформаторною підстанцією, системами автоматизації, вентиляції, аспірації, освітлення та протипожежного захисту. Також передбачено складське приміщення для зберігання допоміжних матеріалів та обладнання. Технологічна схема процесу роботи елеваторного комплексу знаходиться на рис. А.1 в ДОДАТОК А (Арк 76)

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Технічне обслуговування електрообладнання елеваторного комплексу виконується за планом або у разі аварій чи відхилень у роботі обладнання.

Перед початком робіт оформлюється наряд-допуск, вивчаються електричні схеми, відключається живлення, перевіряється відсутність напруги та накладається заземлення.

Перевірка обладнання включає візуальний огляд кабелів і контактів, контроль рівня шуму, вібрації та нагріву, а за потреби — вимірювання опору ізоляції, струму та напруги з використанням тепловізора і вібродіагностичних приладів.

За результатами перевірки визначається стан обладнання: за норми виконуються профілактичні роботи, при відхиленнях — ремонт, у разі серйозних пошкоджень — заміна. Обслуговування охоплює електродвигуни, пуско-захисну апаратуру, кабельні лінії, системи автоматизації, зерносушарки, транспортне обладнання та трансформаторну підстанцію.

Після завершення робіт виконується пробний пуск спочатку без навантаження, потім у робочому режимі з контролем струму, температури та вібрації. У разі нормальної роботи обладнання вводиться в експлуатацію, після чого оформлюється відповідна документація.

2.2 Технологія виробничих процесів елеваторного комплексу з урахуванням КГУ та перспектив розвитку

Технологічний процес елеваторного комплексу являє собою безперервну систему обробки зерна, що включає основні операції від приймання до відвантаження. Особливістю таких підприємств є значна частка енергоспоживання, що обумовлює необхідність застосування ефективних джерел енергії.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

У даному випадку таким рішенням є когенераційна установка (КГУ), яка забезпечує підприємство як електричною, так і тепловою енергією.

2.2.1 Використання електричної енергії КГУ. Електрична енергія, що виробляється когенераційною установкою, використовується для роботи основного та допоміжного обладнання елеваторного комплексу. Найбільше електроспоживання припадає на електроприводи транспортних систем, які забезпечують безперервність технологічного процесу.

До основних споживачів електроенергії належать:

- норії та транспортери (транспортування і переміщення зерна);
- очисне обладнання та аспіраційні системи;
- вентилятори сушарок і систем аерації;
- системи автоматизації, контролю та освітлення.

Особливістю роботи елеватора є змінний характер навантаження, пов'язаний із режимами окремих ділянок. Використання КГУ дозволяє частково покривати ці навантаження за рахунок власної генерації, зменшуючи залежність від зовнішньої мережі.

Локальне виробництво електроенергії також сприяє зниженню втрат, більш стабільній роботі обладнання та підвищенню надійності електропостачання.

2.2.2 Використання теплової енергії КГУ. Теплова енергія, що утворюється під час роботи когенераційної установки, ефективно використовується в технологічних процесах елеваторного комплексу.

Найбільш енергоємним процесом є сушіння зерна. Використання КГУ дозволяє забезпечити нагрів повітря, що подається у зерносушарки, без додаткових витрат палива.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Джерелами теплової енергії є:

- система охолодження двигуна КГУ;
- тепло вихлопних газів.

Ця енергія передається через теплообмінники та використовується для нагріву повітряного потоку.

Крім сушіння, тепла енергія може застосовуватись для підтримання температурного режиму під час зберігання зерна, зокрема в системах аерації, що зменшує ризик утворення конденсату.

Таким чином, використання теплової енергії КГУ забезпечує більш повне використання енергоресурсів та підвищує ефективність роботи елеваторного комплексу.

2.3 Вибір основної технології та електроенергетичного обладнання

З метою забезпечення стабільної та ефективної роботи елеваторного комплексу необхідно правильно обрати основне технологічне та електротехнічне обладнання. Особливу увагу приділяють вузлам у яких використовується значна кількість електроприладів, оскільки вони формують основне електричне навантаження підприємства.

Вибір обладнання здійснюється з урахуванням технологічного процесу, режимів роботи та умов експлуатації. При цьому важливими є надійність, енергоефективність і відповідність параметрів обладнання фактичним навантаженням.

У даній роботі розглядається основні технологічні вузли елеваторного комплексу в яких застосовується електродвигуни та приводи зокрема системи транспортування, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зерна.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живлення електрообладнання передбачається як від зовнішньої мережі, так і від когенераційної установки, що дозволяє підвищити надійність роботи та зменшити витрати електроенергії.

Перелік основних технологічних вузлів з електроприводами:

1. Пункт приймання зерна з автотранспорту оснащений транспортерами, норіями та приводами засувки.
2. Пункт приймання зерна включає обладнання для подачі зерна, транспортери та відповідні електроприводи.
3. Пункт очищення зерна обладнаний сепараторами з електродвигунами та аспіраційною системою з вентиляторами для видалення пилу.
4. Пункт сушіння зерна включає вентилятори сушарок, транспортери подачі зерна та електроприводи технологічних механізмів.
5. Зерносушки оснащені вентиляторами, приводами подачі та вивантаження зерна і системами керування.
6. Норійно-транспортна система складається з норій (ковшових елеваторів), стрічкових і скребкових транспортерів та електроприводів.
7. Галереї транспортування зерна обладнані стрічковими транспортерами з електроприводами для внутрішнього переміщення зернових потоків.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 2.1.

Перелік електроприводів

№	Найменування обладнання	Потужність, кВт	Тип пуску	Основна пуско-захисна апаратура	Особливості роботи
1	Норія 14.1.1	37	Плавний пуск	ATS22D88Q, автомат NSX160F	Безперервний режим роботи
2	Конвеєр стрічковий 13.2.1	37	Плавний пуск	ATS22D88Q, автомат NSX160F	Транспортування зерна
3	Конвеєр ланцюговий 7.1.3	30	Плавний пуск	ATS22D75Q, автомат GV3P65	Високе пускове навантаження
4	Конвеєр ланцюговий 7.2.3	30	Плавний пуск	ATS22D75Q, автомат GV3P65	Робота у транспортній лінії

Таблиця 2.2.

Технічні характеристики електродвигунів та перевірка їх відповідності електроприводам норії 14.1.1 і конвеєра стрічкового 13.2.1.

Норії 14.1. АІР 200L4 / Конвеєр стрічковий 4АМ 200L4У3		
Параметр	Значення	Відповідність ATS22D88Q
Потужність Р _н	37 кВт	Перевірка за струмом: I _н двигуна = 74А ATS22D88Q = 88 А Запас = (88-74)/88 = 16 %
Напруга	380 В	
Номінальний струм I _н	~74 А	
Частота обертання	1470 об/хв	
ККД η	91,50%	
cos φ	0,88	Перевірка контактора LC2D80M7
Кратність пускового струму	7·I _н	I _{ном} контактора = 80 А
Момент інерції	0,38 кг·м²	I _н двигуна = 74 А < 80 А
Клас захисту	IP55	Автомат NSX160F 100А
Клас ізоляції	F	I _{уст} = 100 А
Монтажне виконання	IM1001	1,25 × 74 = 92,5 А < 100 А

Таблиця 2.3.

**Технічні характеристики електродвигунів та перевірка їх
відповідності електроприводам/ конвеєри ланцюгові 7.1.3 та 7.2.3**

конвеєри ланцюгові 7.1.3 та 7.2.3 AIP 200M4 / 4AM 200M4Y3		
Параметр	Значення	Відповідність ATS22D75Q
Тип двигуна	AIP200M4	I_n двигуна = 60 А ATS22D75Q = 75 А Запас = $(75-60)/75 = 20 \%$
Номінальна потужність P_n	30 кВт	
Напруга	380 В	
Номінальний струм I_n	~60 А	
Частота обертання	1470 об/хв	Перевірка контактора LC2D65M7
ККД η	0,91	$I_{ном}$ контактора = 65 А I_n двигуна = 60 А < 65 А
$\cos \varphi$	0,87	
Кратність пускового струму	$7 \cdot I_n$	
Момент інерції	0,25 кг·м ²	Автомат GV3P65
Клас захисту	IP55	$I_{уст} = 65$ А $1,25 \times 60 = 75$ А — перевищує! → Уставка GV3P65 регулюється Встановити $I_{уст} = 63-65$ А
Клас ізоляції	F	
Монтажне виконання	IM1001	

Загальний план елеваторного комплексу наведено в ДОДАТОК Ж
(Арк. 92).

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок вентиляції для складського приміщення загального призначення

Ефективна організація вентиляції складських приміщень є важливою умовою забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, збереження продукції та надійної роботи електрообладнання. Недостатній повітрообмін призводить до накопичення вологи, підвищення температури повітря, утворення конденсату, що негативно впливає на будівельні конструкції, технологічне обладнання та електроприводи.

Розрахунок повітрообміну складського приміщення виконано відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Згідно з п. 5.1, вентиляція повинна забезпечувати нормативні параметри повітряного середовища в приміщеннях.

Відповідно до п. 5.4, повітрообмін у приміщеннях визначається розрахунком залежно від кількості шкідливих виділень або за кратністю повітрообміну.

Розрахунок повітрообміну виконано відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013, згідно з яким вентиляція повинна забезпечувати нормативні параметри мікроклімату у приміщенні.

Оскільки у приміщенні відсутні значні шкідливі виділення, розрахунок виконано за кратністю повітрообміну спрощеним інженерним методом.

Загальна площа складського приміщення $S=4536\text{M}^2$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Об'єм приміщення:

$$V = S * H \quad V = 4536 * 9.59 = 43500 \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

S — площа м²;

H — висота приміщення, м;

V — об'єм приміщення, м³.

Приймаємо кратність повітрообміну:

$$n = 1 \text{ год}^{-1}$$

Необхідні втрати повітря визначаються за формолою:

$$L = n * V \quad L = 1 * 43500 = 43500 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.2)$$

L — потрібна витрата повітря, м³/год;

Отже, для забезпечення нормативного повітрообміну у приміщенні необхідно забезпечити витрату повітря: 43500м³/год

Вибір вентиляційного обладнання:

Для забезпечення необхідного повітрообміну застосовується відцентровий радіальний вентилятор типу ВЦ 4-75 №6,3, який широко використовується у промислових вентиляційних системах.

Принцип роботи вентилятора полягає у створенні відцентрової сили при обертанні робочого колеса, внаслідок чого повітря переміщується від центру до зовнішньої частини колеса та подається у вентиляційну мережу.

Оцінка потужності вентиляційної установки та побудова навантажувальної діаграми. Потужність, що споживається вентилятором, визначається за формулою:

$$P_B = \frac{L * p 10^{-3}}{\eta_B} \quad (3.3)$$

$$P_B = \frac{1,72 * 348 * 10^{-3}}{0,82} = 0,72 \text{ кВт}$$

L – подача вентилятора, м³/с; (1,72);

p – напір вентилятора, Па; (405-156 ≈ 348);

η_в – ККД вентилятора. (ККД → 82% → 0,82)

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 3.1.

Технічна характеристика вентилятора ВЦ 4-75 №6,3

№	Параметр	Позначення	Значення	Одиниця виміру
1	Марка вентилятора	—	ВЦ 4-75 №6,3	—
2	Відносний діаметр робочого колеса	D/D_H	0,9	—
3	Продуктивність (в робочій зоні)	L	4320–9000	м³/год
4	Продуктивність (номінальна)	$L_{ном}$	6020	м³/год
5	Повний тиск	p	156–405	Па
6	Повний тиск (номінальний)	$p_{ном}$	348	Па
7	Максимальний ККД	η	82	%
8	Частота обертання	n	930	об/хв
9	Маса вентилятора (без електродвигуна)	m	140,2	кг
10	Встановлена потужність електродвигуна	$P_{дв}$	1,1	кВт

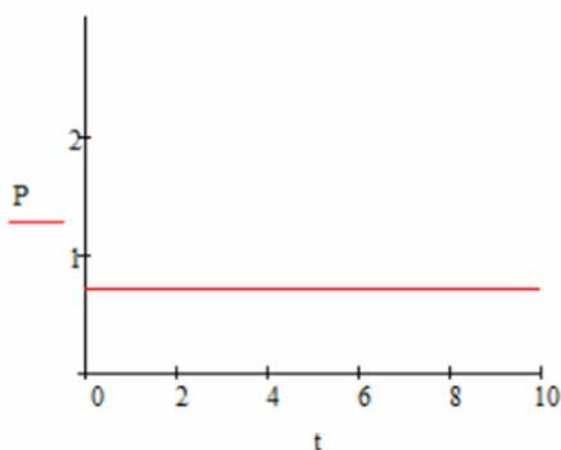


Рис.3.1. Навантажувальна діаграми вентилятора центробіжного радіального вентилятор ВЦ 4-75 №6,3.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Режим роботи: тривалий з постійним навантаженням. Частота обертання 930 об/хв.

Визначення кількості вентиляційних установок:

Для забезпечення необхідного повітрообміну використовується вентилятор типу ВЦ 4-75 №6,3.

Для розрахунку приймається середнє значення продуктивності вентилятора:

$$L_1 = 6000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість вентиляційних установок визначається за формулою:

$$N = \frac{L}{L_1} \quad N = \frac{43500}{6000} = 7,25 \text{ шт.} \quad (3.4)$$

Приймаємо:

$$N = 8 \text{ вентиляційних установок}$$

3.2 Розрахунок і проектування механічних властивостей двигуна вентилятора

Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання здійснюється за формулою:

$$P_c = \frac{K_3 * P_{\text{вент}}}{\eta_{\text{п}}} \quad (3.5)$$
$$P_c = \frac{1,3 * 0,72}{1} = 0,936 \text{ кВт}$$

K_3 – Коефіцієнт запасу (1,3);

$P_{\text{вент}}$ – Потужність вентилятора (0,72 кВт);

$\eta_{\text{п}}$ – Коефіцієнт корисної дії (ККД→1,0).

Умова вибору електричного двигуна :

$$P_{\text{ном}} \geq P_c \quad 1,1 \geq 0,936$$

Вибраний Електричний двигун: АИР80В6У3.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики електродвигуна АИР80В6У3

№	Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
1	Тип двигуна	—	АИР80В6У3	—
2	Номинальна потужність	P_n	1,1	кВт
3	Номинальна частота обертання	n_n	920	об/хв
4	Номинальний струм (380 В)	I_n	3,05	А
5	Коефіцієнт корисної дії	η	74	%
6	Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0,74	—
7	Пусковий момент	$M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}}$	2	—
8	Мінімальний момент	$M_{\text{мін}} / M_{\text{ном}}$	1,6	—
9	Максимальний момент	$M_{\text{макс}} / M_{\text{ном}}$	2,2	—
10	Пусковий струм	$I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}}$	4,5	—
11	Момент інерції ротора	J	$4,6 \times 10^{-3}$	кг·м ²
12	Маса двигуна	m	15,3	кг



Рис.3.2. Електричний двигун: АИР80В6У3

Перевірка попередньо вибраного електродвигуна. Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини:

Механічну характеристику робочої машини розраховують за формолою:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_{мо}) * \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^x \quad (3.6)$$

M_0 – Початковий момент;

$M_{сн}$ – Момент статичних опорів при номінальній швидкості;

$M_{мо}$ – початковий момент статичних опорів робочої машини, Н·м.

Момент статичних опорів при номінальній швидкості розраховують за формолою:

$$M_{сн} = \frac{P_{нрм}}{\omega_{нрм}} \quad (3.7)$$

$$M_{сн} = \frac{720}{93,3} = 7,39$$

Для заміни частоти обертання n , об/хв, на кутову швидкість ω , рад/с, користуються виразом:

$$\omega_{нрм} = \frac{\pi * n_{нрм}}{30} \quad (3.8)$$

$$\omega_{нрм} = \frac{\pi * 930}{30} = 97,3$$

$$M_0 = 0,1 * 7,39 = 0,739$$

$$M_{c1} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{0}{97,3}\right)^2 = 0,73$$

$$M_{c2} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{20}{97,3}\right)^2 = 1,02$$

$$M_{c3} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{40}{97,3}\right)^2 = 1,86$$

$$M_{c4} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{60}{97,3}\right)^2 = 3,26$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$M_{c5} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{80}{97,3}\right)^2 = 5,23$$

$$M_{c6} = 0,739 + (7,39 - 0,739) * \left(\frac{100}{97,3}\right)^2 = 7,76$$

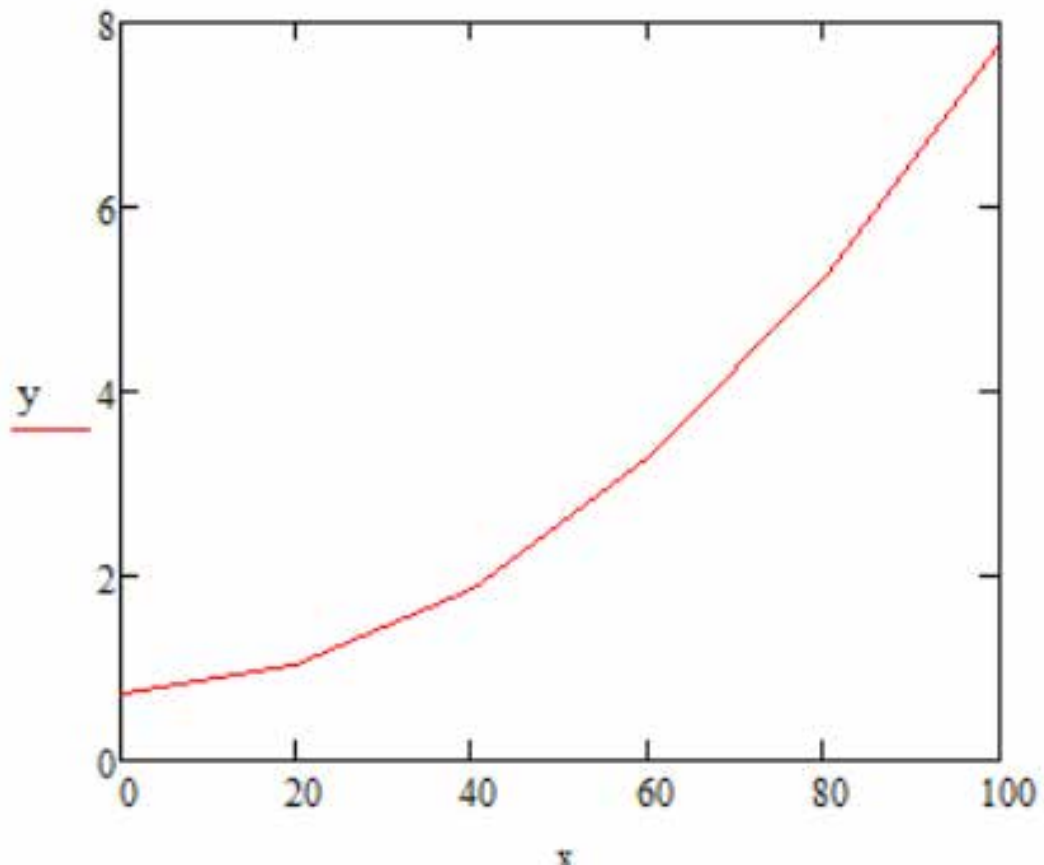


Рис.3.3. Механічна характеристика робочої машини.

Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна:

Побудову тах. характеристик асинхронного двигуна будемо за 5-ма характерними точками:

1) $S = 0 \quad M = 0$

2) $S_n = \frac{1000 - 920}{920} = 0,08 \quad M_n = 9550 \cdot \frac{1,1}{920} = 11,41$

3) $S_k = \frac{0,08 + \sqrt{0,08 \cdot \frac{2,2-1}{1,1-1}}}{1 + \sqrt{0,08 \cdot \frac{2,2-1}{1,1-1}}} = 0,53 \quad \mu_1 = \frac{2,2}{2} = 1,1 \quad M_k = 2,2 \cdot 11,41 = 25,1$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$4) \quad S_{\min} = 0,8 \quad M_{\min} = 1,6 \cdot 11,41 = 18,25$$

$$5) \quad S_n = 1 \quad M_n = 2 \cdot 11,41 = 22,82$$

Побудова механічних характеристик з урахуванням допустимого відхилення моментів:

$$1) \quad S = 0 \quad M' = 0$$

$$2) \quad S_H = 0,08 \quad M'_H = 11,41$$

$$3) \quad S_K = 0,53 \quad M'_K = 0,9 \cdot 25,1 = 22,59$$

$$4) \quad S_{\min} = 0,8 \quad M'_{\min} = 8,03 \cdot 18,25 = 14,6$$

$$5) \quad S_n = 1 \quad M'_n = 0,85 \cdot 22,82 = 19,39$$

Побудова механічних характеристик з урахуванням допустимого відхилення напруги (5%):

$$1) \quad S = 0 \quad M'' = 0$$

$$2) \quad S_H = 0,08 \quad M''_H = 0,95^2 \cdot 11,41 = 10,29$$

$$3) \quad S_K = 0,53 \quad M''_K = 0,95^2 \cdot 22,59 = 20,38$$

$$4) \quad S_{\min} = 0,8 \quad M''_{\min} = 0,95^2 \cdot 14,6 = 13,17$$

$$5) \quad S_n = 1 \quad M''_n = 0,95^2 \cdot 19,39 = 17,49$$

$$1) \quad S_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{\pi \cdot 1000}{30} = 104,7$$

$$2) \quad S_H = S_0 \cdot (1 - S_H) = 104,7 \cdot (1 - 0,08) = 96,32$$

$$3) \quad S_K = S_0 \cdot (1 - S_K) = 104,7 \cdot (1 - 0,53) = 49,20$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$4) S_{\min} = S_0 \cdot (1 \cdot S_{\min}) = 104,7 \cdot (1 - 0,8) = 20,94$$

$$5) S_n = S_0 \cdot (1 \cdot S_n) = 104,7 \cdot (1 - 1) = 0$$

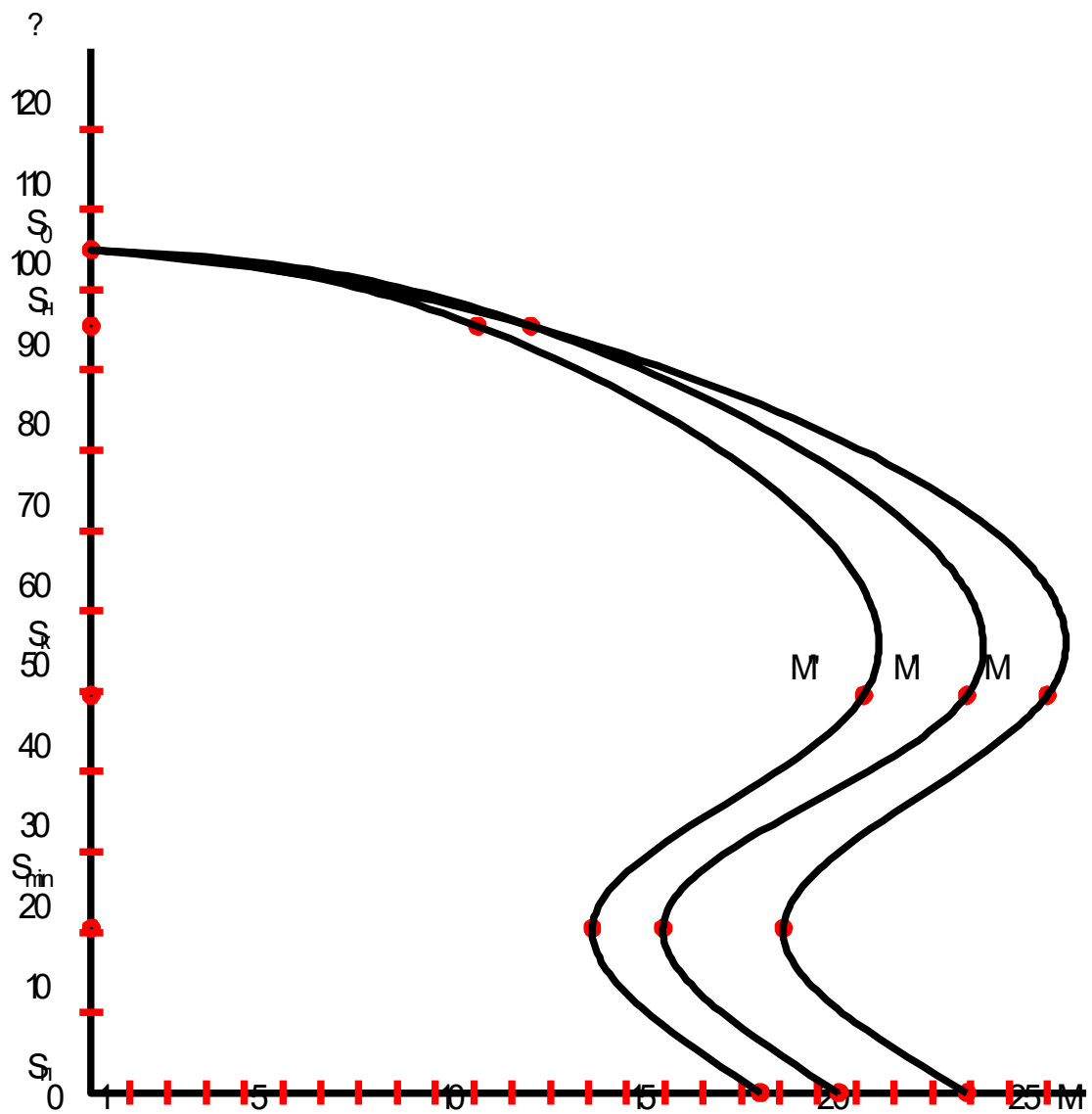


Рис.3.4. Механічна характеристика електродвигуна.

3.2.1 Розрахунок і проектування механічних властивостей двигуна вентилятора. Вибір автоматичного вимикача:

1. Перевірка за номінальною напругою;

$$U_{\text{на}} \geq U_{\text{мережі}} \quad 400 \geq 380$$

2. Перевірка за номінальним струмом автоматичного вимикача;

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{н.дв}} \quad 6 \geq 3,05$$

3. Перевірка за номінальним струмом розчіплювача;

$$I_{\text{н.розчіплювача}} \geq I_{\text{н.дв}} \quad 6 \geq 3,05$$

4. Перевірка за струмом електромагнітної відсічки.

$$I_{\text{відс.}} = \geq K_{\text{відс.}} * I_{\text{н.розчіплювача}} \geq K_3 * K_{\text{ру}} * K_{\text{рпс}} * K_I * I_{\text{н.дв}}$$

$$I_{\text{відс.}} = 10 * 6 \geq 1,1 * 1,25 * 1,2 * 6 * 3,05$$

$$I_{\text{відс.}} = 60 \geq 30,2$$

$I_{\text{відс.}}$ – струм відсічки електромагнітного розчіплювача, А;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,1$;

$K_{\text{ру}}$ – коефіцієнт, що враховує розкид уставки теплового розчіплювача,
 $K_{\text{ру}}=1,25$;

$K_{\text{рпс}}$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення пускового струму від його каталогового значення, $K_{\text{рпс}}=1,2$;

K_I – кратність пускового струму;

$I_{\text{н.дв.}}$ – номінальний струм двигуна.

Автоматичний вимикач: e.industrial.mcb.100.3.D.6, 3P, 6 А,
характеристика D, 10 кА.

Вибір електромагнітного пускача:

1. Перевірка за номінальною напругою;

$$U_{\text{н.ном}} \geq U_{\text{м}} \quad 400 \geq 380$$

2. Перевірка за номінальним робочим струмом;

$$I_{\text{н.ном.р.}} \geq I_{\text{дв.ном}} \quad 9 \geq 3,05$$

3. За ступенем захисту та за кліматичним виконанням: IP20 / УХЛ4

Отже, обираємо електромагнітний пускач: КМІ-10910 9А 380В/АС3
1NO.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Вибір теплового реле:

1. Перевірка за номінальним струмом реле;

$$I_{\text{ном т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \quad 6 \geq 3,05 \text{ А}$$

$I_{\text{ном т.р.}}$ – номінальний струм електротеплового реле, А

$I_{\text{н.дв.}}$ – номінальний струм керованого(захищуваного) електродвигуна, А

2. Перевірка за діапазоном регулювання струму.

$$I_{\text{рег.макс.т.р.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \geq I_{\text{рег.мін.т.р.}} \quad 4 \geq 3,05 \geq 2,5$$

$I_{\text{рег макс. т.р.}}$ і $I_{\text{рег мін т.р.}}$ – відповідно максимальне і мінімальне значення діапазону регулювання струму неспрацювання електротеплового реле, А

Отже, обираємо теплове реле: CES-RT0-4,0 ($I_r = 2,5-4 \text{ А}$), ETI.

Вибір кабелю живлення електродвигуна:

1. Перевірка за допустимим струмом кабелю

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{роз}} \quad 19 \geq 3,05$$

Отже, обираємо кабель: АВВГ 4×2,5 мм².

3.3 Розрахунок електроосвітлення складського приміщення загального призначення та монтаж систем освітлення.

Нормативну базу проектування складають:

- ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»;
- ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- ПУЕ-2017 «Правила улаштування електроустановок»;
- ГОСТ Р 50571.5.52 «Низьковольтні електроустановки».

Система електроосвітлення об'єкта включає чотири функціональні підсистеми: загальне робоче освітлення складської зони, освітлення рамп (зон навантаження та розвантаження), аварійне евакуаційне освітлення та зовнішнє освітлення прилеглої території.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Живлення проектованої системи здійснюється від існуючого блоку шинопроводу №95. Система заземлення — TN-C-S. Категорія надійності електропостачання всіх струмоприймачів — III.

Таблиця 3.3.

Основні технічні показники електропостачання об'єкта.

№	Показник	Од. вим.	Значення
1	Джерело живлення	—	Блок шинопроводу №95
2	Встановлена потужність струмоприймачів	кВт	28,876
3	Коефіцієнт попиту струмоприймачів	—	0,92
4	Розрахункова споживана потужність	кВт	28,676
5	Коефіцієнт потужності (cos φ)	—	0,92
6	Категорія надійності електропостачання	—	III

3.3.1 Вибір та обґрунтування системи освітлення. Значна площа складського приміщення, висота до нижнього поясу несучих ферм 6 950 мм, наявність зон навантаження/розвантаження, необхідність аварійного та зовнішнього освітлення.

Для підвісу світильників обрано тросову систему, яка забезпечує рівномірний розподіл приладів по всій площі від кроку несучих ферм і спрощує монтаж порівняно з жорсткими конструкціями. Висота підвісу тросу — 5 550 мм від рівня підлоги.

Для всіх підсистем освітлення прийнято LED-технологію з міркувань: висока питома світловіддача (до 154 лм/Вт), тривалий термін служби (50 000–70 000 год.), відсутність пускової апаратури, миттєвий вихід на повний світловий потік та стійкість до вібрацій у складських умовах.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір конкретних моделей світильників виконано за трьома критеріями: відповідність ступеня захисту умовам середовища (IP65 для основного освітлення в запиленому приміщенні), достатній світловий потік для забезпечення нормованої освітленості 200 лк згідно з ДБН В.2.5-28:2018, та наявність верифікованих фотометричних LDT-файлів у базах DIALux evo 14.

3.3.2 Світлотехнічний розрахунок у DIALux evo 14. Створення проекту та налаштування параметрів. DIALux evo — професійний програмний комплекс для розрахунку та проектування систем штучного і природного освітлення, розроблений компанією DIAL GmbH.

У властивостях проекту встановлено нормативний стандарт ДБН В.2.5-28:2018, тип об'єкта — складське приміщення, коефіцієнт запасу (обслуговування) $K_m = 0,80$, що є стандартним значенням для закритих приміщень з помірним рівнем забруднення та враховує природне старіння і забруднення світильників протягом міжсервісного інтервалу. Цей коефіцієнт безпосередньо впливає на необхідну кількість світильників.

Побудова тривимірної моделі приміщення:

Для побудови 3-D моделі в програмному середовищі потрібно ввести данні приміщення, висота (можуть бути різні), широта, довжина, або загрузити вже побудоване приміщення в іншому програмному середовищі.

Введено такі висотні позначки, що визначені з робочих креслень проекту (аркуш 7, вузли кріплення сталюого тросу):

- висота від підлоги до нижнього поясу несучих ферм — 6 950 мм;
- висота від підлоги до точки кріплення тросу до несучої конструкції — 6 600 мм;
- висота підвісу тросу зі світильниками від рівня підлоги — 5 550 мм.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 3.4.

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення

Поверхня	Коефіцієнт відбиття
Стеля (металеві ферми, профнастил)	0,7
Стіни	0,5
Підлога (бетон)	0,2

Окремо в моделі відтворено зони рамп з двома воротами, та зону розташування розподільного щита.

Завантаження фотометричних даних

Для кожного типу обраного освітлювального обладнання з офіційних баз даних виробників завантажено фотометричні файли у форматі LDT (Eulumdat) через вбудований каталог DIALux evo 14. Файли LDT містять повну криву сили світла (КСС) приладу, виміряну в акредитованій фотометричній лабораторії виробника, що забезпечує точність розрахунку в межах $\pm 5\%$.

Таблиця 3.5.

Фотометричні характеристики обраних світильників

Найменування	Тип КСС	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	Ступінь захисту
ES-System COSMO LED 1587.LED 840 IP65 DRV	Косинусна широка	10 500	68	IP65
ES-System COSMO NOVA 1060.LED 840 43W DRV	Косинусна широка	6 000	43	IP65
ES-System Sirius LED840 2500lm IP54 IK08	Симетрична	2 500	24	IP54
Monitor1 IP65 LED-HO 300lm TC1 STI	Аварійна широка	300	—	IP65
Monitor1 IP65 LED-HO 450lm TC1 STI	Аварійна широка	450	—	IP65
Perfand Foria N0 50W deg90°	Асиметрична 90°	8 000	50	IP66

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Визначення розрахункових поверхонь:

Розрахункова поверхня CG1 — горизонтальна площа на висоті 0,8 м від рівня підлоги, що відповідає нормативній висоті умовної робочої поверхні для складських приміщень. За показниками цієї поверхні здійснюється перевірка відповідності результатів нормативним вимогам. Для поверхні CG1 активовано розрахунок показника засліплення UGR на висоті 1,2 м із кроком 15° у діапазоні кутів 0° – 360° , що сформувало матрицю з 54 точок вимірювання по всій площі приміщення ДОДАТОК Ж, (Арк 93.1).

Розміщення світильників у моделі

Розміщення світильників виконувалося послідовно для кожної підсистеми освітлення із застосуванням ітераційного методу підбору кількості та розстановки приладів.

Основне освітлення. У тривимірній моделі відтворено тросові лінії підвісу на висоті 5 550 мм від підлоги паралельно поздовжній осі приміщення. Вздовж кожного тросу розміщено світильники ES-System COSMO LED та COSMO NOVA з рівномірним кроком. Після кожної зміни кількості або кроку між приладами запускався попередній розрахунок, за результатами якого оцінювалася середня освітленість та рівномірність. Процес повторювався до досягнення оптимального співвідношення між нормованими показниками та економічністю рішення. Підсумкова кількість світильників основного освітлення — 299 шт. (119 шт. COSMO LED 68W та 180 шт. COSMO NOVA 43W), що відображено на плані монтажу (Додаток, аркуш 5).

Аварійне освітлення. Світильники Monitor1 IP65 LED-НО розміщено на тих самих тросових лініях з урахуванням вимог до евакуаційного освітлення — рівномірне покриття евакуаційних шляхів та виходів. Загальна кількість — 116 шт. (56 шт. по 300 лм та 60 шт. по 450 лм). Живлення аварійного освітлення виділено в окрему групу 11 з прокладанням кабелю ВВГнг 4×1,5 мм².

Освітлення рамп. Чотири світильники ES-System Sirius LED840 2500lm
Зовнішнє освітлення. Дванадцять прожекторів Perfand Foria 50W з кутом розкриття 90° розміщено на фасадних стінах будівлі з нахилом для рівномірного освітлення прилеглої території.

Запуск розрахунку:

Після завершення розміщення всіх елементів системи освітлення запущено повний розрахунок методом трасування променів (ray tracing) з урахуванням багатократних міжвідбивань від усіх поверхонь тривимірної моделі.

3.3.3 Результати розрахунку та їх аналіз. За результатами розрахунку в DIALux evo 14 отримано розподіл освітленості на обох розрахункових поверхнях. Псевдокольорова ізолюксова карта розподілу освітленості наведена в ДОДАТОК Ж (аркуш 93), тривимірна візуалізація світлового середовища — в ДОДАТОК Ж (аркуш 93.2).

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 3.6.

Результати розрахунку по робочій площині WP1

Параметр	Отримане значення	Норма ДБН В.2.5-28	Відповідність
Середня освітленість $E_{ср}$	310 лк	≥ 200 лк	Відповідає
Мінімальна освітленість E_{min}	51,8 лк	—	—
Максимальна освітленість E_{max}	504 лк	—	—
Рівномірність $g_1 = E_{min}/E_{ср}$	0,17	$\geq 0,10$	Відповідає
Рівномірність $g_2 = E_{min}/E_{max}$	0,1	—	—

Таблиця 3.7.

Результати розрахунку по розрахунковій поверхні CG1

Параметр	Отримане значення
Середня освітленість $E_{ср}$	221 лк
Мінімальна освітленість E_{min}	131 лк
Максимальна освітленість E_{max}	296 лк
Рівномірність $g_1 = E_{min}/E_{ср}$	0,59
Рівномірність $g_2 = E_{min}/E_{max}$	0,44

Аналіз показника засліплення UGR. Розрахунок виконано для поверхні CG1 на висоті 1,2 м із кроком 15° у діапазоні 0° – 360° (матриця з 54 точок). Значення UGR по всій площі коливаються від 22 до 27, що значно нижче допустимого значення 45, — це підтверджує відсутність дискомфортного засліплення для персоналу складу (ДОДАТОК Ж, аркуш 93.1).

Аналіз ізолюксової карти. Псевдокольоровий розподіл освітленості демонструє рівномірне покриття всієї площі складу. Максимальні значення (450–504 лк) зосереджені під рядами світильників, мінімальні (51–75 лк) — у

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

крайових зонах поблизу стін, що є типовим і прийнятним розподілом для тросових систем підвісу, оскільки крайові зони не є робочими місцями (ДОДАТОК Ж, аркуш 93).

3.3.4 Вибір електрообладнання

3.3.5 Монтаж системи освітлення

Данні пункти знаходяться в ДОДАТОК Б (Арк. 77) та (Арк. 78)

Принципова електрична схема проектного розподільчого щита знаходиться в ДОДАТОК Ж (Арк. 94)

План розміщення проектного обладнання складу загального призначення знаходиться в ДОДАТОК Ж (Арк. 95 та Арк. 95.1)

3.4 Розрахунок та вибір номінальної потужності силового трансформатора для електропостачання складського приміщення.

Розраховуємо трансформатор для СКТП яка буде жити складське приміщення із загальною потужністю споживачів: освітлення 28,676 кВт, вентиляція 8,8 кВт, електроприводи рамп 1,5 кВт.

Враховуючи коефіцієнт одночасності $k = 1$ та максимально дозволєну потужність споживачів отримаємо:

Розрахункове навантаження споживачів визначається за формулою:

$$P_{\text{роз}} = P_{\text{з}} * k_o \quad (3.9)$$

$$P_{\text{роз}} = (28,676 + 8,8 + 1,5) * 1 = 38,976 \text{ кВт}$$

Розрахункове навантаження підстанції рівне:

$$S_{\text{роз}} = \frac{P_{\text{роз}}}{\cos \varphi} \quad (3.10)$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$S_{\text{роз}} = \frac{38,976}{0,92} = 42,36 \text{ кВА}$$

де $\cos\varphi = 0,92$ — згідно з даними проекту освітлення складського приміщення.

Розрахункове навантаження підстанції з врахуванням перспективи складатиме:

$$S_{\text{роз.перспектива}} = S_{\text{роз}} \cdot 1,2 = 42,36 \cdot 1,2 = 50,83 \text{ кВА}$$

Виходячи з отриманої розрахункової потужності вибираємо трансформатор потужністю 63 кВА.

Далі перевіряємо вибраний трансформатор на завантаженість та на завантаженість з перспективою росту потужності.

Завантаження проектного трансформатора складає:

$$\frac{S_{\text{роз}}}{S_{\text{транс}}} \cdot 100\% (= \frac{42,36}{62} \cdot 100\% = 67\%$$

Завантаження трансформатора з перспективою росту навантаження становитиме:

$$\frac{S_{\text{роз.перспектива}}}{S_{\text{транс}}} \cdot 100\% = \frac{50,83}{63} \cdot 100\% = 81\%$$

Згідно з ДСТУ 3463-96 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів» нормальна робота трансформатора складає 70–80% від номінальної потужності. Виходячи з цього вибраний трансформатор 63 кВА повністю задовольняє умови як за поточним навантаженням (67%), так і з урахуванням перспективи розвитку (81%).

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Система електропостачання елеваторного комплексу

На об'єкті здійснюється комбіноване виробництво електричної та теплової енергії на базі когенераційних газопоршневих установок (КГУ).

Система електропостачання комплексу є дворівневою: зовнішнє живлення здійснюється на напрузі 6 кВ від районної підстанції, внутрішній розподіл — на напрузі 0,4 кВ. Передбачено два незалежних вводи живлення, що забезпечує необхідну надійність електропостачання. Додатково на об'єкті наявний резервний дизельний генератор (ДГ) потужністю 420 кВт.

3.5.1 Власні джерела генерації. На об'єкті встановлено три власних джерела генерації: дві когенераційні установки RSE2300MWM (2 300 кВт) та ACG1000-G (1 000 кВт), підключені до шин 6 кВ через відповідні комірки обліку, та резервний дизельний генератор 420 кВт на стороні 0,4 кВ. У межах даної роботи розглядається підключення додаткової КГУ RSE2300MWM з новою коміркою обліку (розділ 4).

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

РОЗДІЛ 4

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЗЕРНОСХОВИЩА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ
УСТАНОВКИ

4.1. Когенераційна установка: принцип дії, класифікація та призначення.

Когенерація (CHP — Combined Heat and Power) — одночасне виробництво електричної та теплової енергії в єдиній установці. На відміну від роздільного виробництва, КГУ утилізує теплоту від охолодження двигуна, вихлопних газів та мастильної системи, досягаючи загального ККД 85–92 % проти 30–42 % на традиційних ТЕС. Зі 100 % енергії палива КГУ корисно використовує 87 % (43 % електрики + 44 % тепла).

Класифікація когенераційних установок

За типом первинного двигуна КГУ поділяються на чотири групи:

— Газопоршневі (ГПУ) — найпоширеніший тип. ККД 38–45 % (електр.) / до 92 % (загальний), потужність 50–10 000 кВт, ресурс до 80 000 мотогодин.

— Газотурбінні (мікротурбіни) — компактні, електричний ККД 25–35 %, потужність 30–1 000 кВт.

— Паливні елементи — ККД до 60 %, без спалювання палива, проте висока вартість обмежує широке застосування.

— Дизельні КГУ — переважно резервні джерела. Швидкий старт, ресурс 15 000–30 000 мотогодин.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Порівняльна характеристика основних типів когенераційних установок.

Критерій	Газопоршнева (ГПУ)	Газова мікротурбіна	Паливний елемент	Дизельний генератор
Електричний ККД, %	38–45	25–35	40–60	30–40
Загальний ККД (з теплом), %	до 92	до 80	до 85	до 75
Діапазон потужностей, кВт	50–10 000	30–1 000	1–3 000	10–3 000
Час виходу на потужність	< 2 хв	2–5 хв	кілька годин	< 1 хв
Вартість обслуговування	Низька	Середня	Висока	Середня
Ресурс до кап. ремонту, год	60 000–80 000	40 000–60 000	40 000–90 000	15 000–30 000
Вид палива	Газ, біогаз	Газ, дизель	Водень, газ	Дизель, газ
Застосування в агросекторі	Широке	Обмежене	Обмежене	Резервне

Елеваторні комплекси споживають значні обсяги електричної та теплової енергії цілодобово в пікові сезони. Впровадження КГУ вирішує кілька ключових завдань:

— **Енергетична незалежність.** Власна генерація захищає від перебоїв у зовнішній мережі в критичний період збиральної кампанії, коли зупинка зерносушарки призводить до псування врожаю.

— **Економія.** Вартість власної електроенергії на 40–60 % нижча за мережевий тариф, а тепла енергія для сушіння та опалення отримується як супутній продукт без додаткових витрат палива.

— **Якість електроенергії.** КГУ забезпечує стабільну напругу та частоту, що критично для автоматизації елеватора.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

— **Екологія.** Високий ККД КГУ забезпечує суттєво менші викиди CO₂ порівняно з роздільним виробництвом на ТЕС та в котельнях.

4.1.1. Характеристика проектованої когенераційної установки RSE 2300 MWM. Для модернізації системи енергопостачання елеваторного комплексу СП «Нива» (м. Дубно, Рівненська обл.) обрано когенераційну газопоршневу установку RSE 2300 MWM виробництва компанії RSE sro (м. Брно, Чехія) на базі газопоршневого двигуна MWM TCG 3020 V20 виробництва Caterpillar Energy Solutions GmbH (Німеччина).

Двигун MWM TCG 3020 V20 є флагманською моделлю серії TCG 3020 та представляє нове покоління газопоршневих агрегатів. Порівняно з прямою лінійкою TCG 2020, нова серія забезпечує на 18 % більшу електричну потужність при збереженні практично ідентичних габаритів, що стало можливим за допомогою використання нових матеріалів, вдосконаленої системи управління завдяки та оптимізованій геометрії камери згорання.

Двигун забезпечено системою детонаційного контролю з індивідуальними датчиками на шкірній частині циліндрів, що дозволяє в режимі реального часу адаптувати кут випередження дійсно для роботи в бездетонаційному режимі з максимальною потужністю та ефективністю. Це особливе значення при нагріванні теплотворності природного газу в мережі.

Модуль RSE 2300 MWM виконано в контейнерному виконанні, що суттєво спрощує монтаж та введення в експлуатацію. Контейнер є повністю автономною одиницею, що включає газопоршневий двигун з усіма допоміжними системами, синхронний генератор, систему охолодження, котел-утилізатор вихлопних газів, систему управління ТРЕМ та засоби дистанційного моніторингу.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

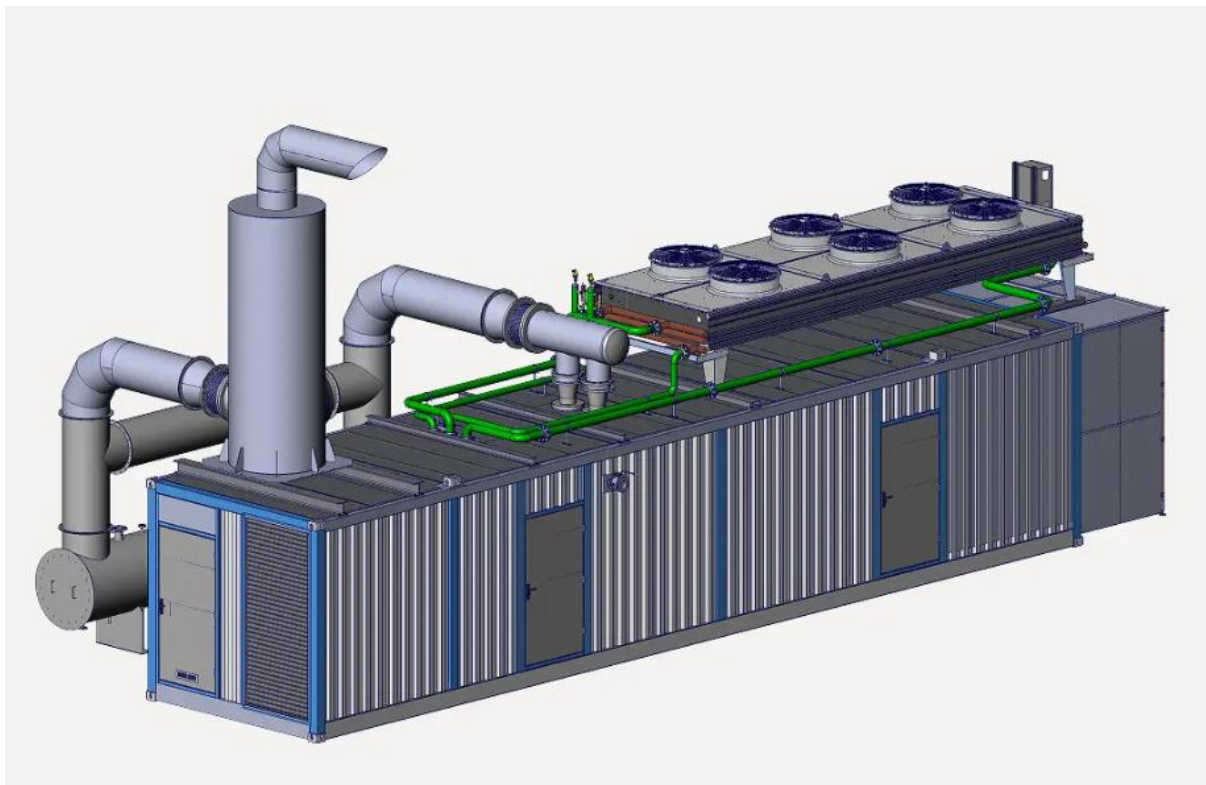


Рис.4.1. Когенераційна установка RSE 2300 MWM
(зовнішній вигляд)

Технічні характеристики когенераційної установки RSE 2300 MWM знаходяться у таб.В.1. в ДОДАТОК В (Арк. 80)

Система управління MWM TPEM (Total Plant & Energy Management) — інтегрована цифрова платформа моніторингу та управління КГУ. Забезпечує автоматичний запуск/зупинку, синхронізацію з мережею, регулювання активної та реактивної потужності, захист від аварійних режимів та дистанційне керування через GSM/GPRS-канал.

Утилізація теплової енергії. Котел-утилізатор вихлопних газів (температура на виході 380–420 °C) забезпечує теплову потужність ~1 950 кВт у вигляді гарячої води — достатньо для повного покриття потреби зерносушарок у піксезоні та опалення приміщень у міжсезонні.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Висновок. КГУ RSE 2300 MWM за рахунок електричного ККД 43,5 %, теплової потужності 1 950 кВт, ресурсу 80 000 мотогодин та компактного контейнерного виконання — що робить її оптимальним вибором для модернізації систем енергопостачання Великого елеваторного комплексу.

4.2. Енергетичний баланс когенераційної установки RSE 2300 MWM та покриття потреб елеваторного комплексу

Виробництво та розподіл електричної енергії:

Встановлена електрична потужність КГУ становить 2 300 кВт при електричному ККД 43,4 %. За умов цілорічної роботи з урахуванням планово-попередніх зупинок на технічне обслуговування (кожні 2 000 мотогодин) розрахунковий фонд робочого часу становить 8 000 годин на рік . Річне виробництво електричної енергії:

$$W = 2\,300 \text{ кВт} * 8\,000 \text{ год} = 18\,400\,000 \text{ кВт} * \text{год/рік} (18,4 \text{ млн кВт} * \text{год})$$

Таблиця 4.2.

Виробництво та розподіл електричної енергії

Електрична потужність	Теплова потужність	Річне вироблення	В мережу (надлишок)
2 300 кВт	1 950 кВт	18,4 млн	14,825
ел. ККД 43,4%	теп. ККД 36,8%	кВт*год/рік (8 000)	МВт*год/рік - 80,6%

КГУ працює в режимі паралельної роботи з електричною мережею. Мережа виконує функцію резерву при планових зупинках агрегату — перехід на живлення від мережі запускається автоматично без переривання технологічного процесу елеватора.

Сукупне річне споживання електричної енергії власними споживачами елеваторного комплексу наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Річне споживання електроенергії споживачами елеваторного комплексу

Споживач	Потужність , кВт	Рік/рік	МВт·год/рік
2× зерносушарки GSI Z 10000 (вентилятори, автоматики, пальники)	370	3500	1295
Транспортери, норії, ланцюгові та стрічкові конвеєри	280	4500	1260
Освітлення, охорона, АСКОЕ	60	8000	480
Насоси та компресорне обладнання	90	4000	360
Оперативні ємності для вологого зерна Buhler 740 т	45	4000	180
Разом	845	—	3575



Рис.4.2. Розподіл річного вироблення електроенергії КГУ

Виробництво та використання теплової енергії:

Теплова потужність КГУ та система утилізації тепла

Двигун MWM TCG 2020 V20 у складі системи утилізації скидного тепла забезпечує теплову потужність 1 950 кВт при тепловому ККД близько 36,8 %. Тепло відбирається з двох незалежних контурів та об'єднується в єдину систему теплопостачання комплексу.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розподіл теплової потужності

Сорочка двигуна	Рекуператор вихлопу	Загальна теплова потужність
~780 кВт · 90/70 °С	~1 170 кВт · до 120 °С	1 950 кВт

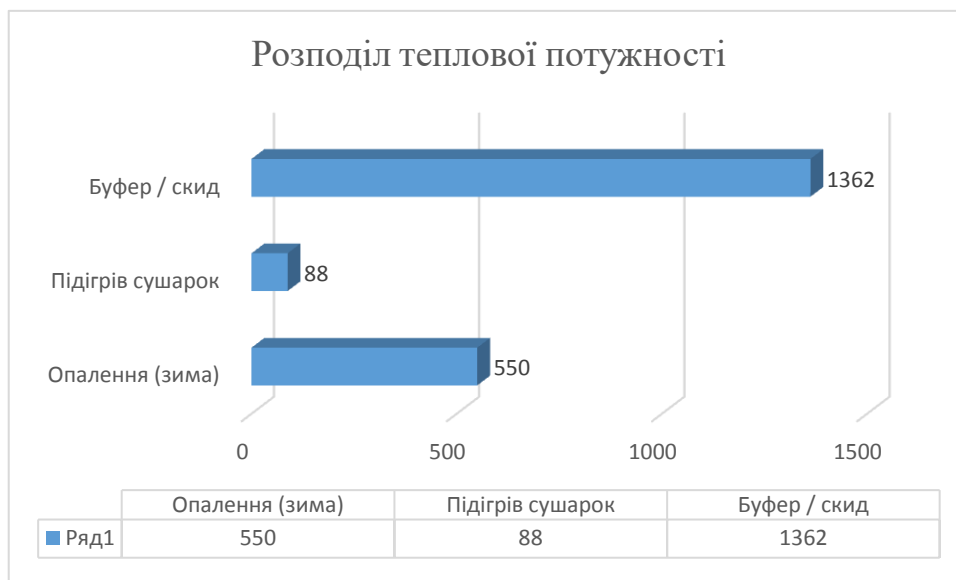


Рис.4.3. Розподіл теплової потужності виробленої КГУ

Режими роботи по сезонах:

Листопад–березень: тепло → опалення приміщень, силоси. Потреба 400–600 кВт — **повне покриття** КГУ.

Сезон сушіння: тепло → попередній підігрів повітря перед газовими пальниками GSI Z 10000. Основне джерело — газ (1,4 м³/т·%).

Теплопостачання зерносушарок GSI Z 10000

Основним джерелом тепла для зерносушарок є газові пальники, вбудовані в конструкцію кожної з двох установок GSI Z 10000 (США). Тепло від КГУ подається у вигляді гарячої води 90 °С та використовується для попереднього підігріву сушильного агента. Базовий питомий показник споживання газу — 1,4 м³ на одну тонно-відсоток.

При типовому режимі сушіння кукурудзи з 25 % до 14 % (зняття 11 %):

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 4.5.

Розрахунок питомої теплопотреби сушіння та покриття від КГУ

Показник	Розрахунок	Значення	Примітка
Зняття вологи	—	11%	від 25 % до 14 %
Питома витрата газу	$1,4 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \% \times 11 \%$	15,4 м ³ /т	базовий норматив
Теплотворна здатність газу	—	9,5 кВт·год/м ³	природний газ
Питома теплопотреба	$15,4 \times 9,5$	146,3 кВт·год/т	—
Загальна продуктивність (2 шт.)	$2 \times 147 \text{ т/год}$	294 т/год	при зн. 10 % вологи
Тепло КГУ на 1 тонну	$1\,950 \div 294$	6,6 кВт·год/т	—
Частка покриття від КГУ	$6,6 \div 146,3 \times 100$	~4,5 %	—
Економія газу на 1 тонну	$1,4 \times 4,5 \%$	~0,63 м ³ /т	прямий ефект КГУ

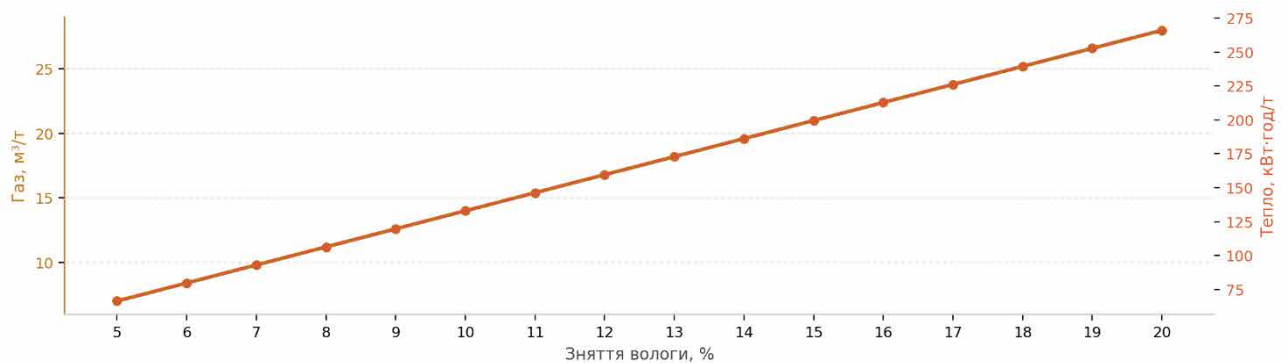
Рис.4.4. Питома теплопотреба залежно від % зняття вологи (норматив 1,4 м³/т·%)

Схема енергетичних потоків КГУ MWM RSE 2300:

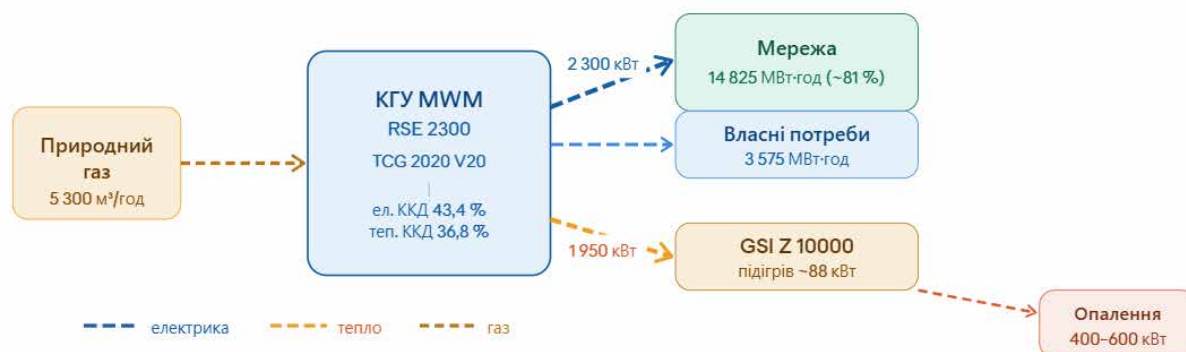


Рис.4.5. Схема розподілу електричної та теплової енергії

«Наведений розрахунок відповідає теоретичному максимуму виробітку при цілорічній безперервній роботі установки. В економічному розділі (Розділ 6) прийнятий оптимальний піковий режим роботи КГУ — 4 380 год/рік (год. 20:00–08:00), що обґрунтовано аналізом цін ринку на день вперед.»

4.3. Технічні рішення з впровадження КГУ RSE2300MWM в систему електропостачання елеватора

Проектовані технічні рішення (після реконструкції)

Реконструкція системи електропостачання забезпечує такі основні зміни.

1. Введення другого блоку КГУ RSE2300MWM (2 300 кВт). Другий агрегат підключається до секції шин 6 кВ через вакуумний вимикач ВВ/VL-12-25/1250. Вузол вимірювання включає трансформатори струму 250/5/5/5/1 А, трансформатори напруги та лічильник активної і реактивної енергії РС83 Wh для комерційного обліку відпуску електроенергії в мережу.

2. Заміна трансформаторів струму на вводах 6 кВ. Трансформатори струму на обох вводах від ПС 35/6 кВ замінені з номіналу 400/5 А на 600/5 А.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Це обумовлено зростанням сумарного струму генерації після введення двох агрегатів RSE2300MWM загальною потужністю 4 600 кВт, а також необхідністю забезпечення класу точності 0,5S при двосторонньому перетоці потужності.

3. Окреме коло власних потреб КГУ. Для кожного агрегату RSE2300MWM передбачено окреме коло з власним лічильником, що дозволяє достовірно враховувати витрати електроенергії на потреби самої установки та виключати їх з обсягів комерційного відпуску.

4. Встановлення шафи обліку «ВОЕ» на фасаді ЗТП-6. Шафа оснащена лічильником відповідного класу точності для комерційних розрахунків з оператором системи розподілу. Її встановлення є обов'язковою умовою отримання дозволу на паралельну роботу з мережею та оплату за відпущену електроенергію.

5. Заміна вхідного автоматичного вимикача 0,4 кВ. Вимикач замінено з ETI NV-2/gG 400 А на ETI NV/NH-3 gG 630 А, що забезпечує надійну роботу при максимальному навантаженні з урахуванням перспективного підключення нових споживачів.

6. Додаткове коло обліку 0,4 кВ. На шинах щита ШЧР встановлено третє коло обліку з трансформатором струму 250/5 А та лічильником NIK2307 для обліку споживання новою кабельною лінією АВВГнг 4×150, що прокладається для підключення проектного обладнання.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

**Порівняльна таблиця технічних рішень до та після
реконструкції**

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції
Кількість КГУ RSE2300MWM	1 шт. (5 200 кВт не реалізовано)	2 шт. (4 600 кВт сумарно)
Трансформатори струму введів 6 кВ	400/5А, кл. 0,5S	600/5А , кл. 0,5S
Вимикач КГУ RSE2300 (новий блок)	—	ВВ/ВЛ-12-25/1250
Лічильник 2-го блоку RSE2300	—	РС83 Wh (комерційний)
Коло власних потреб КГУ RSE2300	Відсутнє	Проектовані ТС, окремий облік
Шафа обліку відпуску в мережі	Відсутність	«ВОЕ» на фасаді ЗТП-6
Вхідний АВ 0,4 кВ	ETI NV-2/gG 400A	ETI NV/NH-3 gG 630A
Кількість кіл обліку 0,4 кВ	2 (NIK2300)	3 (NIK2300 × 2 + NIK2307)
Кабель підключення нового обладнання	—	АВВГнг 4×150
Паралельна робота з мережею	Часткова, без ВОЕ	Повноцінна з комерційним обліком

Комірка КСО-393-17В — призначення та склад обладнання

Що таке комірка КСО і для чого вона потрібна

Комірка КСО-393-17В — це металевий шафоподібний розподільний пристрій закритого типу на напругу 6 кВ. Простими словами, це «вхідні ворота» між КГУ RSE2300MWM та загальною електричною мережею елеватора. Сам через неї генератор підключається до шини підстанції 6 кВ і через неї здійснюється відпуск виробленої електроенергії в зовнішню мережу.

Комірка встановлюється в існуючому приміщенні ЗТП-6 як восьма в ряду (комірка №8) і виконує три головні завдання: комутацію (підключення та відключення генератора), захист (миттєве відключення при аваріях) та облік (точний вимір виробленої електроенергії для розрахунків з оператором мережі).

Обладнання комірки та його призначення знаходиться у таб. В.2. в **ДОДАТОК В (Арк. 81)**

Однолінійна схема електропостачання після реконструкції знаходиться в **ДОДАТОК Ж (Арк. 96)**

Графічне зображення комірки КСО-393-17В знаходиться в **ДОДАТОК Ж (Арк. 97)**

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Перелік основних нормативних документів. Знаходяться в ДОДАТОК Д (Арк. 83)

5.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Фізичні фактори: Основним джерелом небезпеки є електроустановки підстанції 35/6 кВ та розподільні мережі 6/0,4 кВ — ураження струмом можливе при дотику до струмовідних частин, пошкодженні ізоляції або виникненні крокової напруги. Рухомі частини норій, транспортерів та сепараторів створюють значну механічну небезпеку. Зернові сушарки є джерелом підвищених температур, а шум і вібрація від технологічного обладнання перевищують допустимі норми (ДСН 3.3.6.037-99). Недостатня освітленість у силосних корпусах та підсилосних галереях підвищує ризик травматизму.

Хімічні фактори: Зерновий пил є одним із найнебезпечніших факторів — при концентрації 15–65 г/м³ він стає вибухонебезпечним. Тривалий вплив пилу може спричинити пневмоконіоз. Хімічні речовини для фумігації зерна є токсичними та потребують суворого дотримання правил поводження.

Біологічні фактори: При зберіганні зерна можливий розвиток патогенних мікроорганізмів, цвілевих грибів та шкідників, контакт з якими може спричинити захворювання органів дихання персоналу.

Психофізіологічні фактори: Обслуговування технологічного ланцюга елеватора вимагає підвищеної уваги.

Тривала робота в умовах шуму, вібрації та запиленості призводить до нервово-емоційної втоми, що збільшує ризик помилок та нещасних випадків.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1.

Зведений перелік основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів елеваторного комплексу

№	Фактор	Джерело	Наслідки впливу
1	Підвищена електрична напруга (35/6 кВ)	ЗТП, кабельні лінії	Ураження електричним струмом
2	Рухомі частини обладнання	Норії, транспортери, сепаратори	Механічні травми
3	Підвищена температура поверхні	Зернові сушарки	Термічні опіки
4	Шум та вібрація	Все технологічне обладнання	Захворювання органів слуху
5	Зерновий пил (вибухонебезпечний)	Автоприйм, норії, сепаратори, аспірація	Вибух, пневмоконіоз
6	Токсичні хімічні речовини	Фумігація силосів	Відруєння
7	Біологічні фактори	Силоси, зерносховища	Алергія, захворювання
8	Психофізіологічне перевантаження	Весь технологічний процес	Втома, помилки персоналу

5.3. Техніка безпеки на елеваторному комплексі

Елеваторний комплекс є об'єктом підвищеної небезпеки відповідно до Закону України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ, що зумовлено наявністю вибухонебезпечного зернового пилу, високовольтного електрообладнання та механізмів з рухомими частинами.

До роботи допускається персонал, який пройшов інструктаж, навчання та перевірку знань згідно з ДНАОП 0.00-4.12-99, а також медичний огляд. Весь обов'язок персоналу використовувати ЗІЗ відповідно до ДНАОП 0.00-4.26-96.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Технічне обслуговування норій, транспортерів та сепараторів виконується після повної зупинки обладнання з вивішуванням плакату «Не вмикати — працюють люди». Усі рухомі частини повинні мати захисні огороження відповідно до вимог ПТЕЕС.

Концентрація зернового пилу в робочій зоні не повинна перевищувати 4 мг/м³ відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. Аспіраційні системи підлягають систематичному очищенню та перевірці герметичності.

Вхід у силоси дозволяється лише за нарядом-допуском бригади не менше трьох осіб з обов'язковим використанням страхового пояса та засобів захисту органів дихання.

У зонах автоприйому та залізничної приймальні забороняється проїзд сторонніх осіб, а розвантаження вагонів лише після їх повної зупинки та закріплення відповідно до Закону України «Про транспорт».

5.4. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки уражень електричним струмом

відповідно до ПУЕ всі приміщення електроустановок виділяються на три класи за ступенем небезпеки уражень електричним струмом:

1. Приміщення без підвищеної безпеки — відсутність умов, що створюють підвищену або особливу небезпеку (адміністративні та побутові приміщення елеватора).

2. Приміщення з підвищеною небезпекою — характеризуються наявністю одного з наступних умов:

- підвищена вологість (понад 75%);
- струмопровідний пил;
- струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні);
- підвищена температура (понад 35°C);

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- можливість одночасного дотику до заземлених конструкцій і металевих корпусів обладнання.

До цього класу відносяться: виробничі приміщення елеватора, підсилові галереї, приміщення сушарок.

3. Особливо небезпечні приміщення — наявність двох і більше умов підвищеної небезпеки, або особлива вологість (понад 100%), або хімічно активне середовище. До цього класу відносяться приміщення ЗТП 35/6 кВ.

Таблиця 5.2.

Класифікація приміщень за ступенем електробезпеки

№	Приміщення	Клас небезпеки
1	Адміністративні приміщення	Без підвищеної небезпеки
2	Виробничі приміщення елеватора	З підвищеною небезпекою
3	Підсилові галереї	З підвищеною небезпекою
4	Приміщення зернових сушарок	З підвищеною небезпекою
5	Приміщення ЗТП 35/6 кВ	Особливо небезпечне

5.5. Техніка безпеки в приміщеннях ЗТП

Вимоги до персоналу. До обслуговування електроустановок ЗТП допускаються особи з групою електробезпеки не нижче III для установок до 1000 В та не нижче IV для установок вище 1000 В. Усі роботи в електроустановках виконуються виключно за нарядом-допуском або розпорядженням відповідальної особи.

Присвоєння групи електробезпеки здійснюється після проходження навчання, медичного огляду та успішного складання іспиту в кваліфікаційній комісії. Групи підтверджуються щорічно. Персонал, допущений до роботи в ЗТП, зобов'язаний знати схему електропостачання підстанції, розташування

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

комутаційних апаратів і заземлювальних пристроїв, а також порядок надання першої допомоги при ураженні електричним струмом. Самовільне виконання будь-яких оперативних перемикачів без відома відповідального керівника робіт категорично забороняється.

Організаційні заходи безпеки. При виконанні будь-яких робіт у ЗТП в обов'язковому порядку виконуються такі технічні заходи: відключення обладнання з вивішуванням плакатів «Не вмикати — працюють люди»; перевірка відсутності напруги за допомогою показчика напруги; накладання переносних заземлень; огороження робочого місця та встановлення плакатів «Стій — висока напруга».

Зазначений порядок технічних заходів є суворо обов'язковим і не може бути скорочений незалежно від строковості виконання робіт. Перевірка відсутності напруги виконується на всіх фазах показчиком напруги відповідного класу — 6 кВ або 35 кВ. Переносні заземлення накладаються з обох боків можливого подавання напруги для захисту від її випадкової або помилкової подачі, а також від залишкового заряду ємності кабелів та обмоток трансформаторів. Знімати заземлення та огороження до повного завершення робіт і виведення всього персоналу із зони роботи забороняється.

Засоби захисту. У приміщенні ЗТП відповідно до ПБЕЕС постійно мають знаходитися: діелектричні рукавиці, боти та килимки; ізолюючі штанги та кліщі; показчики напруги на 6 кВ і 35 кВ; переносні заземлення; захисні окуляри та каска.

Усі засоби захисту підлягають періодичним електричним випробуванням у встановлені строки та обліковуються в журналі обліку і огляду засобів захисту із зазначенням дати наступного випробування. Засоби захисту з простроченим терміном випробування або видимими механічними пошкодженнями до використання не допускаються. Діелектричні рукавиці перед кожним застосуванням додатково перевіряються на відсутність проколів шляхом скручування манжети. Зберігання засобів захисту повинно

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

здійснюватися в спеціально відведеному місці, захищеному від вологи, прямих сонячних променів та механічних пошкоджень.

Вимоги до приміщення згідно з ДБН В.2.5-27:2006: двері повинні відчинятись назовні та мати надійні замки; підлога має діелектричне покриття або діелектричні килимки біля щитів керування; приміщення повинно мати достатнє освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018; зберігання сторонніх предметів та захаращення проходів категорично забороняється.

Двері, що відчиняються назовні, забезпечують безперешкодну евакуацію персоналу в аварійній ситуації та унеможливають блокування виходу через вибухову хвилю або дугове замикання всередині приміщення. Рівень освітленості у приміщенні ЗТП має відповідати нормам для виробничих приміщень із точними роботами, оскільки недостатнє освітлення підвищує ризик помилкових дій персоналу. Також у приміщенні має бути передбачене аварійне освітлення, що автоматично вмикається при зникненні основного. Ширина проходів між обладнанням повинна забезпечувати вільне переміщення персоналу та безперешкодне винесення потерпілого у разі нещасного випадку.

5.6. Блискавкозахист КГУ

Оцінка ризику та клас блискавкозахисту

Об'єкт розташований в І кліматичному районі України із середньою кількістю грозових днів на рік — 39, що відповідає щільності влучання блискавки $N_g = 2,9 \text{ уд./}(км^2 \cdot \text{рік})$. Наявність пожежо- та вибухонебезпечних зон на об'єкті є визначальним фактором при виборі класу захисту.

Оцінка ризику удару блискавки виконана відповідно до ДСТУ ІЕС 62305-2 :2012 . За результатами розрахунку ризик загибелі та травмування людей становить:

$$R_1 = 9,27 \cdot 10^{-6} < R_T = 1 \cdot 10^{-5}$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Розрахункове значення ризику відповідає нормі, що підтверджує достатність прийнятих заходів захисту. Об'єкту присвоєно II рівень

блискавкозахистості (РБЗ) з надійністю захисту від прямих ударів блискавки 0,95–0,99 .

Конструктивні рішення системи блискавкозахисту відповідно до розрахунків та вимог ДСТУ EN 62305-3 :2021 для захисту об'єкта прийнято окремо стоячий стрижневий блискавкоприймач типу М-20/16 заввишки $H = 16$ м , виготовлений з гарячої оцинкованої сталі зі збірним фланцевим з'єднанням.

Технічні характеристики блискавкоприймача М-20/16 наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

Технічні характеристики блискавкоприймача М-20/16

Параметр	Значення
Артикул	М-20/16
Загальна висота, Н	16 000 мм
Матеріал	Гарячеоцинкована сталь
Діаметр основи (I-III / IV кл.)	345 / 360 мм
Вага (I-III / IV кл.)	120 / 190 кг
Анкерна закладна	М-20/1

Блискавкоприймач встановлюється на залізобетонному фундаменті з анкерною закладкою М-20/1 розміром 1800×1800 мм на глибину 2000 мм від рівня землі з використанням бетону класу С16/20.

Зони захисту блискавкоприймача

Висота та зони захисту блискавкоприймача визначаються відповідно до методу захисного кута згідно з ДСТУ EN 62305-3 :2021 . Радіус захисного конуса розраховується за формулою:

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$Rx = h_1 \cdot tg\alpha$$

де h_1 — висота стрижня перехоплювача над базовою площиною зони захисту; α — захисний кут відповідно до РБЗ II.

Таблиця 5.4.

Радіуси зон захисту блискавкоприймача

Відмітка від фундаменту КГУ	Радіус зони захисту
+8 750 м (рівень даху КГУ)	R1 = 8,00 м
+5 000 м	R2 = 12,20 м
+0,000 м (рівень землі)	R3 = 17,75 м

З'єднання блискавкоприймача з контуром заземлення

З'єднання окремого блискавкоприймача із зовнішнім контуром системи заземлення КГУ виконується за допомогою сталевий смуги перерізом 4×40 мм , яка прокладається в задній глибині 700 мм. Приєднання сталевий смуги до зовнішнього контуру заземлення виконується зварюванням, до блискавкоприймача — болтовим з'єднанням відповідно до вузла кріплення.

відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.5-27 :2006 на об'єкті використання системи заземлювальних пристроїв типу В, що включає горизонтальні елементи кільцевого заземлення. Питомий електричний опір обґрунтовано в зоні розташування об'єкта прийнято 60 Ом·м.

Креслення системи блискавкозахисту КГУ наведено в ДОДАТОК Ж (Арк. 99).

5.7. Заземлення електроустановок

Заземлення є одним із вихідних засобів захисту персоналу від пошкодження електричним струмом при пошкодженні ізоляції електрообладнання. Для когенераційної газопоршневої установки (КГУ) потужністю 2300 кВт, розташованої в м. Дубно, запроектована зовнішня

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

система захисного заземлення відповідно до вимог ПУЕ-2017 та ДСТУ Б В.2.5-27 :2006 .

Характеристика обґрунтувань та вихідних даних

Інженерно-геологічні дослідження майданчика глибиною 8,0 міліметрів двошарової забудови обґрунтовують:

- 1-й шар — чорнозем, потужністю 3,5 м, питомий електричний опір $\rho_1 = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;
- 2-й шар — важкосуглінковий обґрунтований з обґрунтованими водами, питомий опір $\rho_2 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Об'єкт розташований у II кліматичній зоні України, тому для врахування сезонного підвищення опору за рахунок промерзання підстави в розрахунках застосовуються підвищуючі коефіцієнти: $k_1 = 1,5$ — для вертикальних заземлювачів та $k_2 = 3,5$ — для горизонтальних заземлювачів.

Конструктивні рішення системи заземлення

Система заземлення КГУ виконана у вигляді зовнішнього кільцевого контуру з вертикальними глибинними заземлювачами. Конструкція системи включає:

- вертикальні заземлювачі — кутова сталь $50\times 50\times 5$ мм, довжиною $L = 2,5$ м, кількість $n = 20$ шт., заглиблення від поверхні землі $t = 0,8$ м;
- горизонтальний заземлювач — сталева смуга 40×4 мм, загальною довжиною $L_g = 55,0$ м, що утворює зовнішній кільцевий контур навколо КГУ;
- заземлюючі провідники — сталева смуга 40×4 мм, загальною довжиною 10 м, що з'єднують корпус КГУ із зовнішнім контуром заземлення в двох точках.

З'єднання вертикальних заземлювачів з горизонтальним виконується зварюванням. Підключення заземлюючих провідників до корпусу КГУ виконується в точках №1 та №2 відповідно до проектної схеми.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розрахунок опору системи заземлення наведений на кресленні.

Таблиця 5.5.

Результати розрахунку опору системи заземлення КГУ

Параметр	Значення
Опір вертикального заземлювача, $R_{\text{верт}}$	28,62 Ом
Підсумковий опір вертикальних заземлювачів, $R_{\text{з.в.}}$	2,20 Ом
Опір горизонтального заземлювача, $R_{\text{гор.}}$	7,68 Ом
Підсумковий опір горизонтального заземлювача, $R_{\text{з.г.}}$	14,77 Ом
Загальний опір системи заземлення, $R_{\text{сз}}$	1,92 Ом

Отриманий розрахунковий опір системи заземлення $R_{\text{сз}} = 1,92 \text{ Ом}$ не перевищує допустимого значення **2 Ом**, що повністю відповідає вимогам ПУЕ-2017 та чинних нормативних документів України.

Креслення системи заземлення КГУ наведено в ДОДАТОК Ж (Арк. 98).

5.8. Пожежна безпека на елеваторному комплексі

5.9. Дії персоналу при аварійних та надзвичайних ситуаціях

Данні підрозділи знаходяться у ДОДАТОК Д (Арк 84) та (Арк. 85)

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІКА

6.1. Загальна характеристика інвестиційного проекту

Інвестиційний проект передбачає нове будівництво модульної когенераційної установки на базі газопоршневого двигуна MWM TCG 2020 V20 (серія RSE2300MWM) електричною потужністю 2 300 кВт за адресою: Рівненська обл., м. Дубно, пров. Проїздний, 11. Проектна документація розроблена ТОВ СК «ДП БУД», шифр 01/01/2026-ЕП.

Метою проекту є забезпечення елеваторного комплексу власною електричною та тепловою енергією з одночасним продажем надлишкової електроенергії на ринку на день вперед (РДН) в пікові нічні та вечірні години (год. 20:00–08:00), коли ціна досягає 6 000–15 000 грн/МВт·год. Такий режим роботи є економічно оптимальним — вдень ціна РДН падає до 10–900 грн/МВт·год, що нижче собівартості генерації.

Проект реалізується у форматі «під ключ» і включає постачання та монтаж КГУ у модульному виконанні, систему утилізації скидного тепла, підключення до РУ-6 кВ через нову комірку КСО-393-17В, вузол комерційного обліку «ВОЕ» та систему заземлення.

Загальний обсяг інвестицій — 2 000 000 євро (98 000 тис. грн) за розрахунковим курсом 49 грн/євро, визначеним як середнє між курсом 2025 (46 грн/євро) та 2026 (52 грн/євро) років.

$$K_{\text{сер.}} = \frac{K_{2025} + K_{2026}}{2} = \frac{46 + 52}{2} = 49 \text{ грн/EUR}$$

де:

K_{2025} = 46 грн/EUR — середній курс за 2025 рік;

K_{2026} = 52 грн/EUR — середній курс за 2026 рік.

Отже, для розрахунків капітальних витрат застосовується курс 49 грн/EUR.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

6.2. Капітальні витрати на реалізацію проекту. Знаходиться в ДОДАТОК Е (Арк 87)

6.2.1. Вартість основного обладнання

Таблиця Е.1. Вартість основного обладнання

6.2.2. Вартість монтажних та будівельних робіт

Таблиця Е.2. Вартість монтажних та будівельних робіт

6.2.3. Зведений кошторис капітальних витрат

Таблиця Е.3. Зведений кошторис капітальних витрат проекту

Данні пункти та їх таблиці знаходяться в ДОДАТОК Е (Арк 87);(Арк 89); (Арк 90).

Загальний бюджет проекту становить 98 000 тис. грн (2 000 тис. євро). Основна частка — 72,1 % — припадає на вартість основного технологічного обладнання, передусім газопоршневої установки MWM TCG 2020 V20 (~1 200 тис. євро). Будівельно-монтажні роботи займають 17,5 % бюджету, що відповідає практиці реалізації когенераційних проектів у модульному виконанні. Резерв 10,4 % забезпечує покриття можливих коливань курсу євро та непередбачених витрат у процесі будівництва.

6.3. Обґрунтування режиму роботи КГУ та стратегії продажу електроенергії

Електроенергія, вироблена КГУ RSE2300MWM понад власні потреби елеваторного комплексу, реалізується на ринку на день вперед (РДН) відповідно до Закону України «Про ринок електричної енергії».

Для обґрунтування цінової стратегії проекту використано офіційні дані АТ «Оператор ринку»

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Обґрунтування пікового режиму роботи КГУ

Собівартість виробництва 1 кВт·год електроенергії КГУ складається з паливної складової та інших витрат:

$$C_{\text{ел}} = q * C_{\text{газ}} = 0,230 * 26 = 5,98 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} * \text{год}}$$

де $q = 0,230 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{год}$ — питома витрата газу; $C_{\text{газ}} = 26 \text{ грн/м}^3$ — ціна газу (реалістичний сценарій).

Таблиця 6.1.

Порівняння собівартості з ціною РДН

Година доби	Ціна РДН, грн/МВт·год	Собівартість, грн/МВт·год	Результат
Нічний пік (год. 20–8)	6 000–15 000	6 200	✓ Вигідно продавати
Денний провал (год. 9–19)	10–900	6 200	✗ Прямий збиток

у денні години (11–17) продаж електроенергії на РДН по 10–900 грн/МВт·год при собівартості 6 200 грн/МВт·год є прямим збитком.

Оптимальною стратегією є піковий режим роботи КГУ — робота виключно в нічні та вечірні години (год. 20:00–08:00), коли ціна РДН стабільно перевищує собівартість генерації.

Вихідні параметри для економічних розрахунків

Розрахунок середньої ціни РДН в пікові години:

З офіційних даних АТ «Оператор ринку» середня ціна за 12 пікових годин (год. 20–24 та 1–8):

сума цін за 12 пікових годин день №1:

$$14\,999,50 + 8\,000 + 6\,789,47 + 6\,420 + 6\,332,25 + 6\,221 + 6\,071 + 4\,739 + 7\,866,97 + 9\,000 + 10\,766,98 + 8\,096 = 95\,302,17 \text{ грн}$$

$$C_{\text{пiк}} = \frac{95\,302,17}{12} = 7\,942 \frac{\text{грн}}{\text{МВт} \cdot \text{год}}$$

сума цін за 12 пікових годин день №2 :

$$7\,500 + 8\,267 + 7\,099 + 6\,673 + 6\,500 + 6\,500 + 6\,000 + 3\,100 + 7\,000 + 8\,500 + 8\,200 + 8\,500 = 83\,839 \text{ грн}$$

$$C_{\text{пiк}} = \frac{83\,839}{12} = 6\,987 \frac{\text{грн}}{\text{МВт} \cdot \text{год}}$$

Середня пікова ціна за два дні:

$$C_{\text{пiк}} = \frac{7\,942 + 6\,987}{2} = 7\,465 \frac{\text{грн}}{\text{МВт} \cdot \text{год}}$$

Для базового розрахунку приймається консервативна оцінка 7 000 грн/МВт·год (7,00 грн/кВт·год) — нижче фактичної середньої, що забезпечує запас надійності прогнозу.

Таблиця 6.2.

Цінові сценарії для розрахунку:

Параметр	Оптимістичний	Реалістичний	Песимістичний
Ціна газу, грн/м³	20	26	31
Ціна РДН (пiк), грн/МВт·год	8 500	7 000	6 000
Витрати на газ, тис. грн/рік	46 340	60 242	71 827
Дохід від РДН, тис. грн/рік	79 552	65 513	56 154

6.4. Річні експлуатаційні витрати

Річні експлуатаційні витрати розраховані для пікового режиму роботи КГУ 4 380 год/рік (12 год/добу, год. 20:00–08:00) та включають чотири статті.

Природний газ. Питома витрата 0,230 м³/кВт·год, годинна витрата 529 м³/год, річна витрата:

$$V_{\text{рік}} = 529 \cdot 4\,380 = 2\,317 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Технічне обслуговування. У піковому режимі — 2 ТО на рік (кожні 2 000 мотогодин) по 120 тис. грн, поточний ремонт 1,5 % від вартості КГУ, відрахування на капремонт.

Амортизація. Прямолінійний метод, строк 20 років, амортизаційна база 78 890 тис. грн.

Оплата праці. На КГУ відноситься 30 % ФОП персоналу комплексу (6 осіб), оскільки персонал обслуговує весь елеваторний комплекс.

Таблиця 6.3.

Річні експлуатаційні витрати за статтями та сценаріями:

№	Стаття витрат	Розрахунок	Оптимістичний (20 грн/м³)	Реалістичний (26 грн/м³)	Песимістичний (31 грн/м³)
1	Природний газ	2 317 тис. м³ × ціна	46 340 тис. грн (46,3 млн)	60 242 тис. грн (60,2 млн)	71 827 тис. грн (71,8 млн)
2	ТО та ремонт	2 ТО + ремонт + капремонт	2 182 тис. грн (2,2 млн)	2 182 тис. грн (2,2 млн)	2 182 тис. грн (2,2 млн)
3	Амортизація	78 890 × 5 % (середня)	4 072 тис. грн (4,1 млн)	4 072 тис. грн (4,1 млн)	4 072 тис. грн (4,1 млн)
4	Оплата праці з ЄСВ	2 064 × 30 % × 1,22	755 тис. грн (0,8 млн)	755 тис. грн (0,8 млн)	755 тис. грн (0,8 млн)
	Разом, тис. грн		53 349	67 251	78 836
	Разом, млн грн		53,3	67,3	78,8
	Разом, тис. євро		1 089	1 372	1 609
	у т.ч. газ		86,90%	89,60%	91,10%

6.5. Доходи від реалізації проекту

Дохід від продажу електроенергії на РДН

КГУ працює в піковому режимі (год. 20:00–08:00) та продає надлишкову електроенергію на РДН. Обсяг продажу визначається як різниця між річним виробленням та власним нічним споживанням елеватора.

Річне вироблення електроенергії:

$$W = 2\,300 \text{ кВт} * 4\,380 \text{ год} = 10\,074 \frac{\text{МВт} * \text{год}}{\text{рік}}$$

Власне нічне споживання (~20 % від річного 3 575 МВт·год):

$$W_{\text{власне}} = 3\,575 * 20\% = 715 \frac{\text{МВт} * \text{год}}{\text{рік}}$$

Обсяг продажу на РДН:

$$W_{\text{РДН}} = 10\,074 - 715 = 9\,359 \frac{\text{МВт} * \text{год}}{\text{рік}}$$

Середня пікова ціна РДН визначена на основі офіційних даних АТ «Оператор ринку» середня за 12 пікових годин (год. 20–24 та 1–8) становить 7 465 грн/МВт·год. Для базового розрахунку прийнята консервативна оцінка 7 000 грн/МВт·год.

Таблиця 6.4.

Дохід від продажу електроенергії на РДН

Сценарій	Ціна РДН, грн/МВт·год	Обсяг, МВт·год	Дохід, тис. грн	Дохід, млн грн
Оптимістичний	8 500	9 359	79 552	79,6
Реалістичний	7 000	9 359	65 513	65,5
Песимістичний	6 000	9 359	56 154	56,2

Економія від покриття власних потреб

Вночі КГУ покриває власне споживання елеватора 715 МВт·год/рік, замінюючи купівлю електроенергії у постачальника. Відповідно до ринкових даних 2026 року ціна електроенергії для промисловості становить 5,5–9,8 грн/кВт·год (без ПДВ), середнє значення:

$$C_{\text{тариф}} = \frac{(5,5 + 9,8)}{2} = 7,65 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}} = 7\,650 \frac{\text{грн}}{\text{МВт} \cdot \text{год}}$$

Економія від власного нічного споживання:

$$E_{\text{власне}} = \frac{715 \cdot 7650}{1000} = 5\,470 \frac{\text{тис. грн}}{\text{рік}} = (5,47 \text{ млн грн})$$

Вдень КГУ не працює — елеватор купує 2 860 МВт·год/рік з мережі по тарифу постачальника так само як і без КГУ, тому економія по денному споживанню відсутня. Ця стаття є незмінною в усіх трьох сценаріях.

Економія від використання теплової енергії КГУ

КГУ виробляє теплову потужність 1 950 кВт, однак реальна потреба елеваторного комплексу складає:

- опалення приміщень (листопад–березень): ~600 кВт
- підігрів сушильного агента зерносушарок GSI Z 10000: ~88 кВт
- Разом реальна потреба: 688 кВт

Решта тепла (~1 262 кВт) акумулюється в буферній ємності або скидається через аварійний охолоджувач. Таким чином, економічно корисним є лише тепло в обсязі 688 кВт, яке замінює виробництво тепла в окремому газовому котлі з ККД 90 %.

Річне вироблення корисної теплової енергії в піковому режимі:

$$Q_{\text{реал.}} = 688 \text{ кВт} \cdot 4\,380 \text{ год} = 3\,013\,440 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 3\,013 \frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Вартість заміщеного тепла (газовий котел, ККД 90 %):

$$E_{\text{тепло}} = Q_{\text{реал.}} / 0,90 / 950 * C_{\text{газ.}}$$

де 9 500 кВт·год/тис. м³ — теплотворна здатність газу; $C_{\text{газ}}$ — ціна газу, грн/тис. м³.

Таблиця 6.5.

Економія від теплової енергії за сценаріями

Сценарій	Ціна газу, грн/м³	Розрахунок	Економія, тис. грн	Економія, млн грн
Оптимістичний	20	3 013 440 / 0,90 / 9 500 × 20 000	7 092	7,1
Реалістичний	26	3 013 440 / 0,90 / 9 500 × 26 000	9 220	9,2
Песимістичний	31	3 013 440 / 0,90 / 9 500 × 31 000	10 992	11

Загальний річний дохід проекту:

Таблиця 6.6.

Загальний річний дохід проекту за сценаріями

№	Джерело доходу	Оптимістичний	Реалістичний	Песимістичний
1	Продаж електроенергії на РДН	79 552 тис. грн (79,6 млн)	65 513 тис. грн (65,5 млн)	56 154 тис. грн (56,2 млн)
2	Економія від покриття власних потреб	13 800 тис. грн (13,8 млн)	13 800 тис. грн (13,8 млн)	13 800 тис. грн (13,8 млн)
3	Економія від теплової енергії КГУ	7 092 тис. грн (7,1 млн)	9 220 тис. грн (9,2 млн)	10 992 тис. грн (11,0 млн)
	Разом, тис. грн/рік	100 444	88 533	80 946
	Разом, млн грн/рік	100,4	88,5	80,9
	Разом, тис. євро/рік	2 050	1 807	1 652

Основним джерелом доходу є продаж електроенергії на РДН — від 69 % (песимістичний) до 79 % (оптимістичний) від загального доходу. Економія від покриття власних потреб забезпечує стабільні 13,8 млн грн/рік незалежно від цінового сценарію. Економія від теплової енергії становить 7–11 млн грн/рік і зростає при збільшенні ціни газу, частково компенсуючи зростання операційних витрат у песимістичному сценарії.

Таблиця 6.7.

Зведені показники економічної ефективності проекту КГУ

RSE2300MWM

Показник	Оптимістичний	Реалістичний	Песимістичний
Загальний дохід, млн грн/рік	100,4	88,5	80,9
Витрати, млн грн/рік	53,3	67,3	78,8
Чистий прибуток, млн грн/рік	38,6	17,5	1,7
Cash Flow, млн грн/рік	42,7	21,5	5,8
Простий термін окупності (PP)	2,3 роки	4,6 років	16,9 років
NPV ($r = 15\%$, $T = 20$ р.), млн грн	169,1	36,6	-61,7
IRR	~43 %	~21,5 %	~5,8 %

NPV — це скільки грошей заробить проект понад вкладені інвестиції, у перерахунку на сьогоднішні ціни.

IRR — це максимальна річна дохідність, яку забезпечує проект. Якщо IRR більше ставки дисконтування — проект вигідний.

Висновок:

Реалізація проекту когенераційної установки MWM RSE2300MWM є економічно ефективною в оптимістичному та реалістичному сценаріях. У базовому реалістичному сценарії (газ 26 грн/м³, РДН 7 000 грн/МВт·год) чистий прибуток складає 17,5 млн грн/рік, простий термін окупності — 4,6 років, NPV = 36,6 млн грн, IRR = 21,5 %, що перевищує ставку дисконтування 15 % і підтверджує інвестиційну привабливість проекту. Ключовим фактором ризику є одночасне зростання ціни газу вище 29 грн/м³ та падіння ціни РДН нижче 6 400 грн/МВт·год — за таких умов проект втрачає економічну ефективність.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі виконано комплекс розрахункових та проектних заходів з підвищення енергоефективності електротехнологічних процесів елеваторного комплексу на основі впровадження когенераційної установки RSE2300MWM.

Проведено аналіз існуючої системи енергозабезпечення підприємства, визначено основні проблеми енергоефективності та обґрунтовано доцільність впровадження когенерації як комплексного рішення для одночасного покриття електричних та теплових потреб комплексу.

Виконано розрахунок та вибір електрообладнання основних технологічних вузлів елеватора, зокрема електродвигунів транспортних механізмів та пристроїв плавного пуску, вентиляційного обладнання складського приміщення, системи електроосвітлення із застосуванням програмного комплексу DIALux evo 14, а також апаратів захисту та кабельної продукції. Підтверджено відповідність обраного обладнання нормативним вимогам.

Розроблено технічні рішення з інтеграції другого блоку КГУ RSE2300MWM в існуючу систему електропостачання елеватора на напрузі 6 кВ через нову комірку КСО-393-17В. Виконано вибір та перевірку комутаційного і вимірювального обладнання, організовано повноцінний комерційний облік відпущеної електроенергії та захист генераторної установки. Розраховано систему заземлення КГУ та блискавкозахист, що відповідають вимогам чинних нормативних документів.

Проведено аналіз стану охорони праці на елеваторному комплексі, визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації електроустановок.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі аналізу реальних даних ринку електроенергії обґрунтовано оптимальну стратегію роботи КГУ в піковому режимі з продажем електроенергії на ринку на день вперед в години максимальних цін. Виконано техніко-економічне обґрунтування проекту, яке підтвердило його економічну ефективність та інвестиційну привабливість — простий термін окупності не перевищує галузевого нормативу, а розраховані показники NPV та IRR відповідають критеріям доцільності капіталовкладень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- 1 Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
- 2 Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
- 3 Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр>
- 4 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Міненерго України. Харків: Форт, 2017. 760 с.
- 5 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258. К.: Основа, 2007. 272 с.
- 6 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС). НПАОП 40.1-1.21-98. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.1998 № 4. К.: Основа, 1998. 376 с.
- 7 ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. К.: Мінрегіон України, 2018. 136 с.
- 8 ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. К.: Мінрегіон України, 2010. 106 с.
- 9 ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: Мінрегіон України, 2017. 38 с.
- 10 НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417.
- 11 ДСТУ EN 62305-3:2021. Захист від блискавки. Частина 3: Фізичне пошкодження споруд та небезпека для життя. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2021.
- 12 ДСТУ 7237:2011. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. К.: Держстандарт України, 2011.
- 13 ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К.: Мінрегіон України, 2016.
- 14 ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42. К., 1999.
- 15 Довгалюк О.М., Лисиця В.І. Системи електропостачання промислових підприємств. Харків: ХНАМГ, 2010. 240 с.
- 16 Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств: підручник. К.: Каравелла, 2018. 272 с.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- 17 Козлов В.Д., Захарченко В.П., Тачиніна О.М. Електрична частина станцій та підстанцій: підручник / за заг. ред. В.Д. Козлова. К.: НАУ, 2018. 312 с.
- 18 Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина електростанцій і підстанцій: навч. посіб. К.: Політехніка НТУУ «КПІ», 2012. 250 с.
- 19 Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування. К., 2013.
- 20 Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.
- 21 Мазепа С.С., Марущак А.С., Куцик А.С. Електрообладнання промислових підприємств: навч. посіб. 2-ге вид. Львів: Магнолія 2006, 2023. 260 с.
- 22 MWM GmbH. Technical Specification TCG 3020 V20. Mannheim: Caterpillar Energy Solutions, 2024. 48 p.
- 23 MWM GmbH. Operation and Maintenance Manual TCG 2020/3020 Series. Mannheim: Caterpillar Energy Solutions, 2023. 312 p.
- 24 RSE sro. RSE 2300 MWM Cogeneration Module. Technical Documentation. Brno, 2024. 56 p.
- 25 Schneider Electric. Каталог обладнання. Пристрої плавного пуску серії ATS22. 2023. URL: <https://www.se.com/ua/uk>
- 26 ETI d.o.o. Каталог автоматичних вимикачів серії NV/NH. 2024. URL: <https://www.eti.si>
- 27 НКРЕКП. Постанови та рішення у сфері енергетики. URL: <https://www.nerc.gov.ua> (дата звернення: 2026).
- 28 АТ «Оператор ринку». Результати торгів на ринку на день вперед. URL: <https://www.oree.com.ua> (дата звернення: 23.05.2026).
- 29 Нафтогаз Трейдинг. Ціни на природний газ для промислових споживачів. URL: <https://trading.naftogaz.com> (дата звернення: 01.01.2026).
- 30 Проектна документація, надана ТОВ ІК "СИНЕРГІЯ" для використання в дипломній роботі в навчальних цілях: робочий проект «Нове будівництво модульної установки для комбінованого виробництва електроенергії та теплової енергії на базі когенераційної газопоршневої установки (КГУ) електричною потужністю 2300 кВт», розташованої за адресою: 35600, Рівненська обл., Дубенський р-н, м. Дубно.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ДОДАТКИ

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В додатку А відображена інформація розділу 2 АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ ЗАВДАНЬ, ЯКІ ВИРІШУЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ

А.1. Опис технологічного процесу Технічне обслуговування електрообладнання елеваторного комплексу.

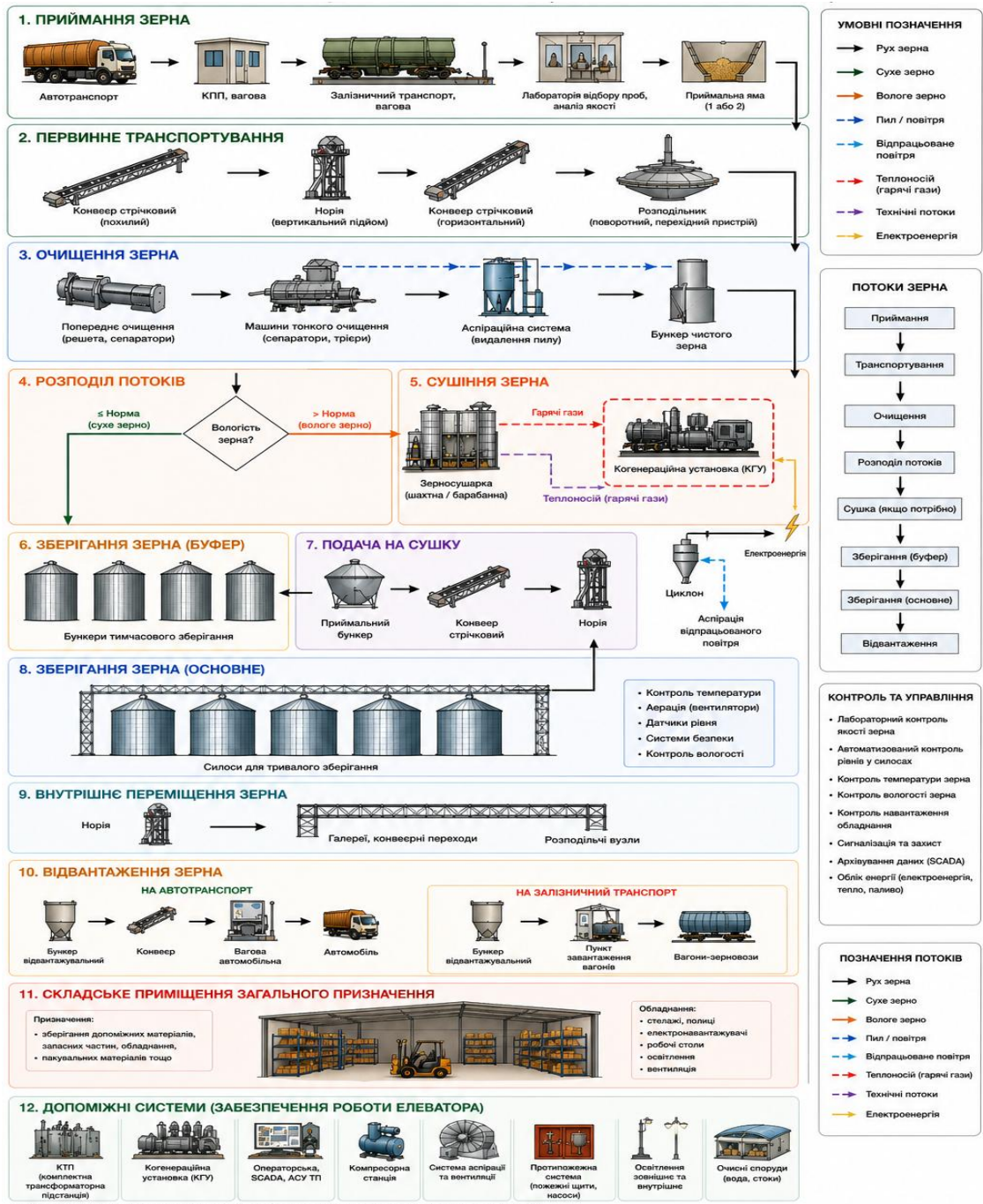


Рис А.1. Технологічна схема процесу роботи елеваторного комплексу

ДОДАТОК Б

В додатку Б відображена інформація **розділу 3 ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА**

Б1. підпункт 3.3.4 Вибір електрообладнання

На підставі результатів світлотехнічного розрахунку та електротехнічних розрахунків сформовано повну специфікацію обладнання системи освітлення.

Таблиця Б.1.

Специфікація світлотехнічного обладнання

Поз.	Найменування	Кількість
1	ES-System COSMO LED 1587.LED 840 10500LM CLEAR IP65 DRV 68W	119 шт.
2	ES-System COSMO NOVA 1060.LED 840 6000lm CLEAR 43W DRV	180 шт.
3	ES-System Sirius LED840 2500lm IP54 IK08 24W	4 шт.
4	Monitor1 IP65 LED-HO 300lm TC1 STI	56 шт.
5	Monitor1 IP65 LED-HO 450lm TC1 STI	60 шт.
6	Perfand Foria N0 50W deg90° LED740 8000lm IP66 IK09	12 шт

Розподільний щит та комутаційна апаратура. Проектований розподільний щит типу Kaedra IP65 36-модулів (Schneider Electric) встановлюється на висоті 1,5 м від підлоги у приміщенні складу. Комплектація щита наведена в таблиці Б.2.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Таблиця Б.2.

Комплектація розподільного щита

Поз.	Найменування	Тип	Кількість
QF	Ввідний автоматичний вимикач 3P 50A	Acti9 iC60N 3P 50A	1 шт.
QF1–QF6	Автоматичний вимикач 1P 16A	Acti9 1P 16A (A9K24116)	6 шт.
QF7–QF9	Автоматичний вимикач 1P 6A	Acti9 1P 6A (A9K24106)	3 шт.
QFD1–QFD4	Диференційний автомат 2P 25A, 30mA	АД63 2P 25A 30mA	4 шт.
KM1–KM6	Модульний контактор 16A 2NO 230B	—	6 шт.

Кабельна продукція обрана відповідно до розрахункових струмів та умов прокладання (таблиця Б.3).

Таблиця Б.3.

Специфікація кабельної продукції

Марка кабелю	Переріз	Призначення	Довжина, м
ВВГнг 5×16	16 мм ²	Ввідний кабель від шинопроводу №95	65
ВВГнг 3×1,5	1,5 мм ²	Лінії освітлення (групи 5–13)	1990
ВВГнг 3×2,5	2,5 мм ²	Лінії розеток (групи 1–4)	760
ВВГнг 4×1,5	1,5 мм ²	Аварійне освітлення (група 11)	1200

Б.2. Підпункт 3.3.5 Монтаж системи освітлення

Тросова система підвісу. Світильники підвішуються на сталюму оцинкованому тросі Ø6 мм загальною довжиною 1 360 м. Кріплення до несучих ферм виконується за вузлом «Вузол 1»: U-подібний профіль 50×30×2000 мм — шпилька М10 — талреп М16 — коуш — трос. Натяг регулюється талрепом. Всього 224 вузли кріплення.

Кабельні лотки. Кабелі від РЩ до тросових ліній прокладаються у дротяних лотках ОВО GRM 55×300 (240 м) та GRM 55×150 (240 м), що

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

кріпляться до конструкцій кронштейнами АW 610 мм (1,5 кН) за вузлами А-А і Б-Б (Додаток, арк. 9). На окремих ділянках застосовано труби ПВХ D=16 мм (210 м) та гофротруби D=25 мм (100 м).

Розподільний щит. РЩ встановлюється на дюбелях на висоті 1,5 м від підлоги та підключається від шинопроводу блоку №95 кабелем ВВГнг 5×16 мм². Опір контуру заземлення — не більше 4 Ом.

Прокладання кабелів. Освітлювальна проводка — ВВГнг 3×1,5 мм² по тросу і стелі; розеткові групи — ВВГнг 3×2,5 мм²; аварійне освітлення — ВВГнг 4×1,5 мм² окремою трасою. З'єднання жил виконуються в 451 розподільній коробці 100×100×50 мм методом опресування або паяння.

Таблиця Б.4.

Відомість обсягів монтажних робіт

№	Найменування виду робіт	Од. вим.	Кількість
1	Монтаж розподільного щита	шт.	1
2	Монтаж автоматичних вимикачів 3Р	шт.	1
3	Монтаж автоматичних вимикачів 1Р	шт.	9
4	Монтаж диференційних автоматів 2Р	шт.	4
5	Монтаж модульних контакторів	шт.	6
6	Монтаж зовнішніх розеток	шт.	12
7	Монтаж двоклавішних вимикачів	шт.	2
8	Монтаж лінійних світильників на тросі	шт.	299
9	Монтаж аварійних світильників на тросі	шт.	116
10	Монтаж світильників на стелі (рампи)	шт.	4
11	Монтаж прожекторів ззовні будівлі	шт.	12
12	Монтаж розподільних коробок	шт.	451
13	Монтаж сталюого оцинкованого тросу	м	1360
14	Монтаж дротяних лотків GRM	м	480
15	Прокладання кабелів по тросі	м	2773
16	Прокладання кабелів по лотках	м	722
17	Прокладання кабелів у трубах ПВХ	м	210
18	Прокладання кабелів у гофротрубі	м	245
19	Монтаж вузлів кріплення тросу	шт.	244

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ДОДАТОК В

В додатку В відображена інформація розділу 4 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕРНОСХОВИЩА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Таблиця В.1.

Технічні характеристики когенераційної установки RSE 2300 MWM

Параметр	Значення
Виробник модуля	RSE sro (Брно, Чехія)
Тип газопоршневого двигуна	MWM TCG 3020 V20
Виробник двигуна	MWM GmbH (Caterpillar Energy Solutions)
Принцип роботи	Чотиритактний двигун в.н.
Кількість циліндрів	20 (V-подібне розташування)
Діаметр циліндра / хід поршня, мм	170 / 195
Робочий об'єм двигуна, л	89
Частота обертання колінвала, об/хв	1 500
Ступінь стискання	14
Електрична потужність, кВт	2 300
Теплова потужність, кВт	~1 950
Електричний ККД (природний газ), %	до 43,5
Загальний ККД (електрика + тепло), %	до 87
Вид палива	Природний газ, біогаз, пропан
Напруга генератора, кВ	10,5
Споживання газу при повному навантаженні, м³/год	~570
Ресурс до капітального ремонту, мотогодин	80 000
Повний ресурс, мотогодин	не менше 240 000
Витрати мастила, г/кВт·год	0,15
Виконання	Контейнерне (модульне)
Габарити контейнера (Д×Ш×В), мм	12 200 × 3 200 × 2 950
Маса робочого контейнера, кг	~28 000
Система управління	MWM ТРЕМ

Обладнання комірки та його призначення

№	Обладнання	Тип / марка	Кількість	Призначення
1	Вакуумний вимикач	ВВ/ВЛ-12-25/1250 У2	1 шт.	Комутація КГУ в мережі 6 кВ в штатному та аварійному режимах. Керується дистанційно від системи ТРЕМ КГУ
2	Роз'єднувач	РВЗ-10/630 II У3	2 шт.	Видимий розрив кола при технічному обслуговуванні. Механічне блокування з вимикачем неможливе подачу напруги на заземлену ділянку
3	Трансформатор струму	ТКС2-12 250/5/5/5/1	3 шт.	Зниження робочого струму до вимірювального рівня 5 А для лічильника (кл. 0,5S), захисту (кл. 10P) та вимірювання (кл. 0,5)
4	Трансформатор напруги	3×IVS1F-1.1.1 6000:√3/100:√3/100 :3	1 гр.	Зниження напруги 6 000 В до 100 В для обліку приладів, захисту та контролю нульової вегетації
5	Мікропроцесорний термінал захисту	PC83-BC3	1 шт.	Реалізує МСЗ, струмову відсічку, захист мінімальної та підвищеної напруги, земляний захист, контроль синхронності перед підключенням КГУ до мережі.

6	Аналізатор якості мережі	Лінакс PQ3000	1 шт.	Безперервний вимір та архівування напруги, струму, частоти та потужності. Контроль відповідності вимогам параметрам мережевого кодексу
7	Обмежувальні перенапруги	ОПН-П-6/7,2/10/550 УХЛ2	3 шт.	Захист ізоляції обладнання від комутаційних та атмосферних імпульсних перенапруг
8	Трансформатор нульової хвороби	ТЗЛУ-125-1-30//1	1 шт.	Виявлення струму замкнення фази на землю в мережі 6 кВ з ізольованою нейтраллю
9	Лічильник електроенергії (шафа ВОЕ)	Actaris SL 7000 Smart 5(10)A, кл. 0,5S	1 шт.	Комерційний облік електроенергії, відпущеної КГУ в зовнішню мережу. Передача даних на сервер Рівнеобленерго по GSM/GPRS
10	Комунікаційний контролер (шафа ВОЕ)	COM-900-ITR	1 шт.	Автоматизована передача показань лічильника до оператора системи розподілу по каналу GSM/GPRS

В додатку Д відображена інформація розділу 5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРОЦІ

Д.1. підрозділ 5.1. Перелік основних нормативних документів

1. Закон України «Про охорону праці». Постанова Верховної Ради України від 14 жовтня 1992 р. № 2694-XII (зі змінами та доповненнями).
2. Закон України «Про пожежну безпеку». Постанова Верховної Ради України від 17 грудня 1993 р. № 3745-XII.
3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення». Постанова Верховної Ради України від 24 лютого 1994 р.
4. Закон України «Про електроенергетику». Постанова Верховної Ради України від 16 жовтня 1997 р. № 575/97-ВР.
5. ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ «Електробезпека. Терміни та визначення».
6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення».
7. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги».
8. ДСТУ 7237 :2011 «Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».
9. ДСТУ EN 62305 :2012 «Захист від блискавки. Загальні принципи».
- 10.ПУЕ — Правила налаштування електроустановок. Міненерго України. – 2017 рік.
- 11.ПТЕЕС — Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Держнагляд охорони праці України. – К.: Основа, 2007.
- 12.ПБЕЕС — Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00-1.21-98. – К.: Основа, 1998.
- 13.ДБН В.2.5-27 :2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

- 14.ДБН В.2.5-38 :2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».
- 15.ДБН В.1.1-7 :2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
- 16.НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Затверджено наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417.
- 17.ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
- 18.ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
- 19.ДБН В.2.5-28 :2018 «Природне і штучне освіта».
- 20.ДНАОП 0.00-4.12-99 «Типове положення про навчання з питань охорони праці». Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 17.02.99 № 27.
- 21.Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій: затв. Постанова Кабінету Міністрів України № 1112 від 30.11.2011.
- 22.ДНАОП 0.00-4.26-96 «Положення про порядок забезпечення індивідуального захисту населення». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 1996 р. за № 667/1692.

Д.2. підрозділ 5.8. Пожежна безпека на елеваторному комплексі

Елеваторний комплекс належить до об'єктів з підвищеною пожежною та вибуховою небезпекою через наявність зернового пилу, який при концентрації 15–65 г/м³ утворює вибухонебезпечне середовище. Організація пожежної безпеки здійснюється відповідно до Закону України «Про пожежну безпеку» № 3745-ХІІ, НАПБ А.01.001-2014 та ГОСТ 12.1.004-91.

Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 норійна вежа, підсилові галереї та приміщення сепараторів відносяться до категорії Б — вибухонебезпечні; сушарки, силосний корпус та ЗТП — до категорії

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

В — пожежонебезпечні; зони автоприйому та залізничної приймальні — до категорії Г.

Концентрація зернового пилу в робочій зоні не повинна перевищувати 4 мг/м³ згідно з ГОСТ 12.1.005-88. Аспіраційні системи підлягають систематичному очищенню, норії — обладнуються датчиками контролю швидкості стрічки та температури підшипників. Куріння та відкритий вогонь на території комплексу категорично забороняються, вогневі роботи виконуються виключно за нарядом-допуском.

Усі виробничі приміщення обладнуються автоматичною пожежною сигналізацією, системою оповіщення, внутрішнім протипожежним водопроводом та первинними засобами пожежогасіння — вогнегасниками ВП-6 та ВВК-5. Відстань до найближчого вогнегасника не перевищує 20 м для категорії Б та 40 м для категорії В.

Кожне виробниче приміщення має не менше двох евакуаційних виходів шириною не менше 0,8 м, позначених світловими покажчиками «Вихід» відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016.

Д.3. підрозділ 5.9. Дії персоналу при аварійних та надзвичайних ситуаціях

Порядок дій персоналу в аварійних ситуаціях визначається відповідно до Закону України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ та внутрішніх інструкцій підприємства.

При виникненні пожежі або вибуху персонал негайно повідомляє ДСНС (101) та керівника, розпочинає евакуацію, відключає технологічне обладнання та вентиляцію. Гасіння електрообладнання під напругою водою або пінними вогнегасниками категорично забороняється — використовуються лише порошкові або вуглекислотні вогнегасники.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно відключити електроустановку або звільнити потерпілого діелектричними засобами захисту, викликати швидку допомогу (103) та за відсутності пульсу

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розпочати серцево-легеневу реанімацію. Місце нещасного випадку зберігається для розслідування відповідно до Постанови КМУ № 1112 від 30.11.2011.

При аварії на ЗТП 35/6 кВ пошкоджене обладнання відключається штатними засобами, повідомляється черговий диспетчер енергосистеми, виставляються огороження та плакати безпеки. До прибуття оперативного персоналу будь-які самостійні перемикання забороняються.

При загазованості або нестачі кисню в силосі негайно викликаються рятувальні служби (101 або 112). Входити в силос без ізолюючих засобів захисту органів дихання забороняється. Евакуація потерпілого здійснюється виключно за допомогою страхувального пояса та рятувальної мотузки.

Номери екстрених служб: ДСНС — 101, поліція — 102, швидка допомога — 103, єдиний номер — 112.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

ДОДАТОК Е

В додатку Е відображена інформація **розділу 6 ЕКОНОМІКА**

Е.1. підрозділ 6.2. Капітальні витрати на реалізацію проекту

Капітальні витрати охоплюють усі вкладення, необхідні для введення КГУ RSE2300MWM в експлуатацію. Інвестиції здійснюються одноразово до початку комерційної експлуатації установки і є базою для розрахунку амортизаційних відрахувань та оцінки терміну окупності проекту. Оскільки основне обладнання постачається з країн ЄС і номіновано в євро, для перерахунку у гривні застосовується розрахунковий курс 49 грн/євро, визначений як середнє між курсом 2025 та 2026 років.

У структурі капітальних витрат виділяються три складові: вартість основного технологічного та електрощитового обладнання, вартість будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт, а також резерв на непередбачені витрати та курсові різниці.

Е.2. підпункт 6.2.1. Вартість основного обладнання

Таблиця Е.1.

Вартість основного обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість	Вартість, тис. євро	Вартість, тис. грн
1	Газопоршнева установка MWM TCG 2020 V20 (RSE2300MWM) у модульному виконанні з системою газопідготовки та АСК (TREM)	1 шт.	1 200,00	58 800
2	Система утилізації скидного тепла (рекуператор вихлопних газів + контур охолодження + буферна ємність 25 м³)	1 компл.	100	4 900
3	Підвищувальний трансформатор 0,4/6 кВ, 2 500 кВА	1 шт.	60	2 940
4	Комірка КСО-393-17В у повній комплектації (BB/VL-12-25/1250, PC83-BC3, TCS2-12, IVS1F, Linax PQ3000, ОПН)	1 шт.	40	1 960

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

5	Шафа комерційного обліку «BOE» (Actaris SL 7000 Smart, COM-900-ITR, DRC-40A, АКБ)	1 шт.	6	294
6	Панель власних потреб КГУ (EB2 250A, ТАС 032, NIK 2307, НІК-КП25)	1 шт.	4	196
7	Переобладнання шафи власних потреб ШВП (LBS 630A, KVL-3, NH gG 630A)	1 компл.	3	147
8	Заміна трансформаторів струму вводів 6 кВ 400/5 → 600/5 (TCS2-12, 3 шт.)	1 компл.	2	98
9	Кабельна продукція 6 кВ (АПвЭгаПу- 10 1×120/25 — 180 м.п.; (N)TMC GCWÖU 1×70/16 — 48 м.п.)	1 компл.	14	686
10	Кабельна продукція 0,4 кВ та контрольні кабелі (АВВГнг 4×150 — 75 м.п.; КГНВм різних перерізів — 388 м.п.)	1 компл.	7	343
11	Кінцеві та з'єднувальні муфти 6 кВ (POLT-12D — 2 компл.; POLJ-12 — 3 шт.)	1 компл.	5	245
12	Система заземлення КГУ (20 вертикальних заземлювачів 50×50×5, смуга 40×4, L=55 м)	1 компл.	2	98
Разом			1 443,00	70 707

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Е.3. підпункт 6.2.2. Вартість монтажних та будівельних робіт

Таблиця Е.2.

Вартість монтажних та будівельних робіт

№	Найменування робіт	Вартість, тис. євро	Вартість, тис. грн
1	Зведення модульного приміщення КГУ (фундамент, огорожувальні конструкції, покрівля, вентиляція, опалення)	200	9 800
2	Земляні роботи (розробка траншей 55,92 м³, зворотня засипка, піщана підсипка 19 м³)	8	392
3	Прокладання кабельних ліній 6 кВ у траншеях та по конструкціях (228 м.п.)	12	588
4	Прокладання кабельних ліній 0,4 кВ та контрольних кабелів (463 м.п.)	7	343
5	Монтаж комірки КСО-393-17В у приміщенні ЗТП-6	10	490
6	Монтаж шафи обліку «ВОЕ» на фасаді ЗТП-6	1,5	74
7	Монтаж та підключення панелі власних потреб КГУ	2,5	123
8	Переобладнання шафи власних потреб ШВП	3	147
9	Монтаж системи заземлення КГУ	4	196
10	Монтаж системи газопостачання (газопровід, газорегуляторний вузол, газоаналізатор)	35	1 715
11	Пусконаладжувальні роботи (лабораторні виміри, налаштування РС83-ВС3, перевірка синхронізації, пробний пуск)	25	1 225
12	Розробка РП 01/01/2026-ЕП, отримання ТУ на підключення, дозволи	25	1 225
13	Непередбачені витрати (5 % від пп. 1–12)	16,7	816
Разом		349,7	17 134

Е.4. підаункт 6.2.3. Зведений кошторис капітальних витрат

Таблиця Е.3.

Зведений кошторис капітальних витрат проекту

№	Стаття витрат	Вартість, тис. євро	Вартість, тис. грн	Частка, %
1	Основне технологічне та електрощитове обладнання	1 443,00	70 707	72,1
2	Будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи	349,7	17 134	17,5
3	Резерв на непередбачені витрати, маржа підрядника та курсові різниці	207,3	10 159	10,4
Разом		2 000,00	98 000	100

Загальний бюджет проекту становить 98 000 тис. грн (2 000 тис. євро). Основна частка — 72,1 % — припадає на вартість основного технологічного обладнання, передусім газопоршневої установки MWM TCG 2020 V20 (~1 200 тис. євро). Будівельно-монтажні роботи займають 17,5 % бюджету, що відповідає практиці реалізації когенераційних проектів у модульному виконанні. Резерв 10,4 % забезпечує покриття можливих коливань курсу євро та непередбачених витрат у процесі будівництва.

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

(КРЕСЛЕННЯ)

Список креслень:

1. План елеваторного комплексу
2. Розрахунки освітленості (3 арк.)
3. Принципова електрична схема проектованого розподільчого щита
4. План розміщення проектованого обладнання складу загального призначення (2 арк.)
5. Однолінійна схема електропостачання після реконструкції
6. Комірка КСО-393-17В
7. Система заземлення КГУ, що проектується. розрахунок опору розтікання системи заземлення
8. План блискавкозахисту КГУ

					02.02 - КР.2607«С».2025.30.10.25.003.Д	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		