

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики  
(інститут)

Електротехнічний факультет  
(факультет)

Кафедра електроенергетики  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Мирошніченка Якіма Олександровича  
(ПІБ)

академічної групи 141М-20-1  
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(офіційна назва)

на тему: Адаптація режимів електроспоживання підприємств до сучасних умов ринку електричної енергії  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Рухлова Н. Ю.			
розділів:				
Розділ 1	Рухлова Н. Ю.			
Розділ 2	Рухлова Н. Ю.			
Розділ 3	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро  
2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

електроенергетики

(повна назва)

Папаїка Ю. А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Мирошніченку Я.О. академічної групи 141М-20-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка  
(офіційна назва)

на тему: Адаптація режимів електроспоживання підприємств до сучасних  
умов ринку електричної енергії

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15.11.2021  
р. № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Характеристика об'єкта дослідження.	25.11.2021
Розділ 2	Визначення та застосування умов для здійснення регулювання режимів електроспоживання підприємств.	20.12.2021
Розділ 3	Визначення економічної ефективності від регулювання режимів електроспоживання на підприємствах.	10.01.2022

Завдання видано \_\_\_\_\_ Рухлова Н.Ю.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 27.10.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 20.01.2022

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Мирошніченко Я.О.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Адаптація режимів електроспоживання підприємств до сучасних умов ринку електричної енергії» включає в себе пояснювальну записку, яка складається із 3 розділів, 38 сторінок, 8 таблиць, 10 рисунків, 5 джерела та презентаційного матеріалу.

Ключові слова: РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ГРАФІК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ЕНЕРГОСИСТЕМА, ВАРТІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ШАХТНИЙ ВОДОВІДЛИВ, НАСОСИ.

Об'єкт дослідження – процеси тарифоутворення в умовах сучасного ринку електричної енергії.

Мета роботи – аналіз сучасного ринку електричної енергії та адаптація до його умов режимів електроспоживання підприємств.

У вступі наведено актуальність роботи.

В технологічній частині наведено проблематика графіків виробництва та споживання електричної енергії, а саме застарілі балансуючі потужності, які в часи максимумів навантаження є неекологічні та неекономічні. Створення нового «оператора ринку» електричної енергії для створення балансу попиту та виробництва, її позитивний вплив на енергосистему в цілому. Також наведена модель електроспоживання підприємства до сучасних умов.

В спеціальному розділі здійснено аналіз сучасного ринку та визначення ефективного і економічного електроспоживання для підприємств. Далі розглянуто регулювання режимів електроспоживання енергоємними споживачами. Одним з таких є шахти та їх технологічний цикл ліквідування. Розраховано режими електроспоживання ГВУ без регулювання при ліквідації шахти сухим способом та наведено розрахунок з регулюванням споживання електричної енергії за умов сучасного ринку.

В економічній частині наведені сучасні умови енергоринку та технічні показники розглянутої шахти після консервування. Здійснено розрахунки

згідно з тарифами сучасного ринку при споживанні електричної енергії за відсутності її регулювання та з регулюванням. Також розраховано витрати водозливу шахти на електричну енергію на день та на рік.

## ЗМІСТ

Список умовних скорочень .....	6
Вступ .....	7
1. Технологічний розділ .....	8
2. Спеціальний розділ.....	15
2.1 Аналіз роботи ринку «на добу наперед».....	16
2.2 Регулювання режимів електроспоживання енергоємними споживачами .....	20
2.3 Процес ліквідації вугільних шахт.....	22
2.4 Визначення рівня споживання електричної енергії при відсутності її регулювання.....	23
2.5 Визначення навантажень з регулюванням електроспоживання .....	27
3. Економічний розділ.....	30
Перелік посилань.....	36
Додаток А.....	37
Додаток Б.....	38

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ВДР – внутрішньодобовий ринок

ГАЕС – гідроакumuлююча електростанція

ГЕС – гідроелектростанція

ЕСУ – Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

ОЕС України – Об'єднана енергетична система України

ТЕС – теплоелектростанція

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

РДН – ринок «на добу наперед»

ГВУ – головна водовідливна установка

ШВУ – шахтна водовідливна установка

## ВСТУП

В сучасній Україні формуються нові підходи до енергетичної політики, а саме перехід енергетичного сектору від застарілої моделі функціонування. Наразі здійснюються реформи, що дають можливість для більш конкурентного середовища та стрімкого розвитку енергетичного сектору. Основна перевага віддається в підвищенні енергоефективності та використання «чистої енергії».

Створення «Оператора ринку» електричної енергії дала великий поштовх в розвитку енергетики. Компанія відповідає за організацію купівлі-продажу електричної енергії на ринку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку, допомагає забезпечити баланс між попитом та пропозицією на ринку електричної енергії. «Оператор ринку» працює за принципом біржі, що сприяє розвитку конкуренції та зниженню ціни на електричну енергію.

Підвищення енергоефективності та адаптація режимів роботи стосується багатьох підприємств наприклад таких як вугільні шахти. Робота головного водовідливу пов'язано з необхідністю використання його у процесі реалізації загальнонаціонального завдання, спрямованого на зниження нерівномірності електроспоживання. Актуальність цього завдання підтверджується даними "Енергетичної стратегії України на період до 2035р.", в якій передбачаються розробки комплексної програми енергозбереження для зниження споживання електроенергії на вугільних шахтах, у тому числі працюючих у режимі водовідливу.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ



У сучасному світі формуються нові підходи до енергетичної політики держав, а саме перехід енергетичного сектору від застарілої моделі функціонування, в якому у своїй основі домінували великі виробники, неефективні мережі, викопне паливо та недосконала конкуренція. Наразі здійснюються реформи, що дають можливість для більш конкурентного середовища та стрімкого розвитку енергетичного сектору. Основна перевага віддається в підвищенні енергоефективності та використання чистої енергії, а саме альтернативних та відновлювальних джерел.

Україна використовує для власних потреб різноманітні джерела енергії, такі як нафта, природний газ, вугілля, атомна і гідроенергія, енергія вітру і сонця тощо. Традиційно найбільш затребуваними в Україні наразі є викопні ресурси: природний газ і вугілля, які сумарно становлять понад 60 % вітчизняного енергетичного балансу.

На рисунку 1.1 зображено графік виробництва та споживання електричної енергії України.

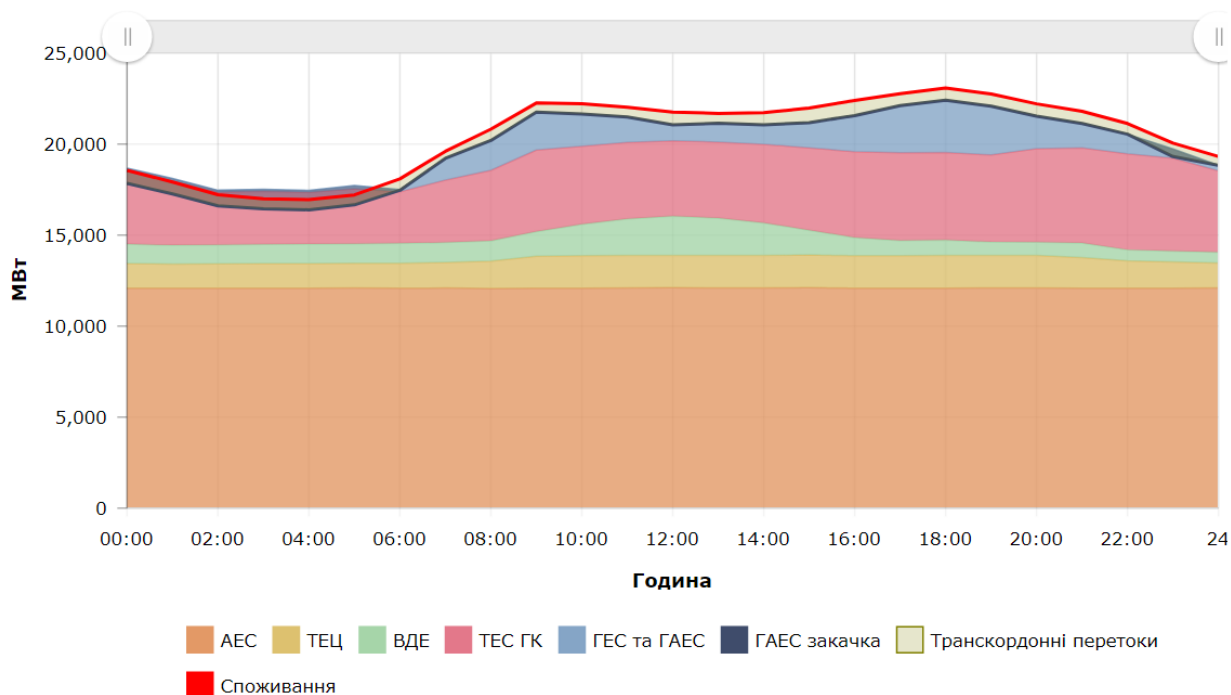


Рисунок 1.1 – Графік виробництва та споживання електричної енергії

Нерівномірний графік споживання електричної енергії впливає не тільки на стабільність роботи мережі, але й на велику частку викиду вуглекислого газу, так як відсутність достатньої кількості маневрених потужностей гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС), гідроелектростанцій (ГЕС), газотурбінних установок (ГТУ) привила до необхідності використання ТЕС покриття пікових навантажень, також процес роботи яких в даному режимі є неекономічним.

Режими нерівномірного навантаження вкрай не вигідні як у енергетичному, і у економічному плані. Такі режими збільшують витрати палива на ТЕС, знижують ресурс їхньої надійної роботи, а також створюють нестійкий режим роботи атомних електричних станцій, збільшують втрати електроенергії в лініях електричних передач.

При зміні навантаження на величину  $\Delta P$  протягом часу  $t_1 - t_2$  зміну витрати пального можна записати так:

$$\Delta G = \int_{t_1}^{t_2} \phi \Delta P(t) dt$$

де  $\phi$  – відносний приріст витрати палива - перша похідна витрати палива за навантаженням або збільшення витрати палива при зміні навантаження на одиницю. Цей показник змінюється залежно від навантаження. При переході ТЕС з базового режиму роботи в напівпіковий і далі піковий потужність станції збільшується і відповідно витрачається додаткова кількість палива, необхідне для забезпечення навантаження, що перевищує базову.

Підвищення енергоефективності підприємств пов'язані з необхідністю використання їх у реалізації загальнонаціональної завдання, спрямованої зниження нерівномірності електроспоживання. Актуальність цього завдання підтверджується даними "Енергетичної стратегії України на період до 2035 р."

Режими нерівномірного навантаження вкрай не вигідні як у енергетичному, так і у економічному плані. Такі режими збільшують витрати палива на теплових електростанціях (ТЕС), знижують ресурс їхньої надійної роботи, а також створюють нестійкий режим роботи атомних електричних станцій, збільшують втрати електроенергії в лініях електричних передач.

Одним із етапів вирішення проблеми нерівномірності електроспоживання є впровадження автоматичних систем керування електроенергією на підприємствах. Ефективне використання яких відіб'ється позитивно на роботі не тільки енергосистеми, але й підприємства в цілому.

Для створення балансу між попитом та пропозицією електричної енергії у 2019 році в Україні було створено компанію «Оператор ринку», що відповідає за організацію купівлі-продажу електричної енергії на ринку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку. На ринку «на добу наперед» купівля-продаж електроенергії здійснюється на наступну добу за днем проведення торгів. Ціна на цьому сегменті ринку визначається за принципом граничного ціноутворення із забезпеченням мінімізації ціни та максимізації обсягів торгівлі. Жоден учасник не бачить заявлені ціни та обсяги купівлі/продажу електричної енергії іншими учасниками. Така технологія торгів на РДН сприяє розвитку конкуренції.

На внутрішньодобовому ринку купівля-продаж електроенергії здійснюється безперервно після завершення торгів на ринку «на добу наперед» та впродовж доби фізичного постачання електроенергії. Цей сегмент ринку дає змогу учасникам ринку скорегувати свої торгівельні позиції та працює за принципом «на кожен товар є свій покупець». Тобто продавці та покупці заявляють обсяги та ціни, за якими бажають продати/купити електроенергію, і чекають свого контрагента.

Така діяльність і впроваджена Антикорупційна програма позиціонує «Оператора ринку» як компанію європейського зразка, а також відповідає

цілям Кабінету Міністрів України зробити державні підприємства прозорими та інноваційними.

Основні переваги такої системи, це те що «Оператор ринку» працює за принципом біржі, що сприяє розвитку конкуренції та зниженню ціни на електричну енергію, та компанія надає можливість учасникам ринку електроенергії мінімізувати небаланси, і таким чином, зменшити свої витрати.

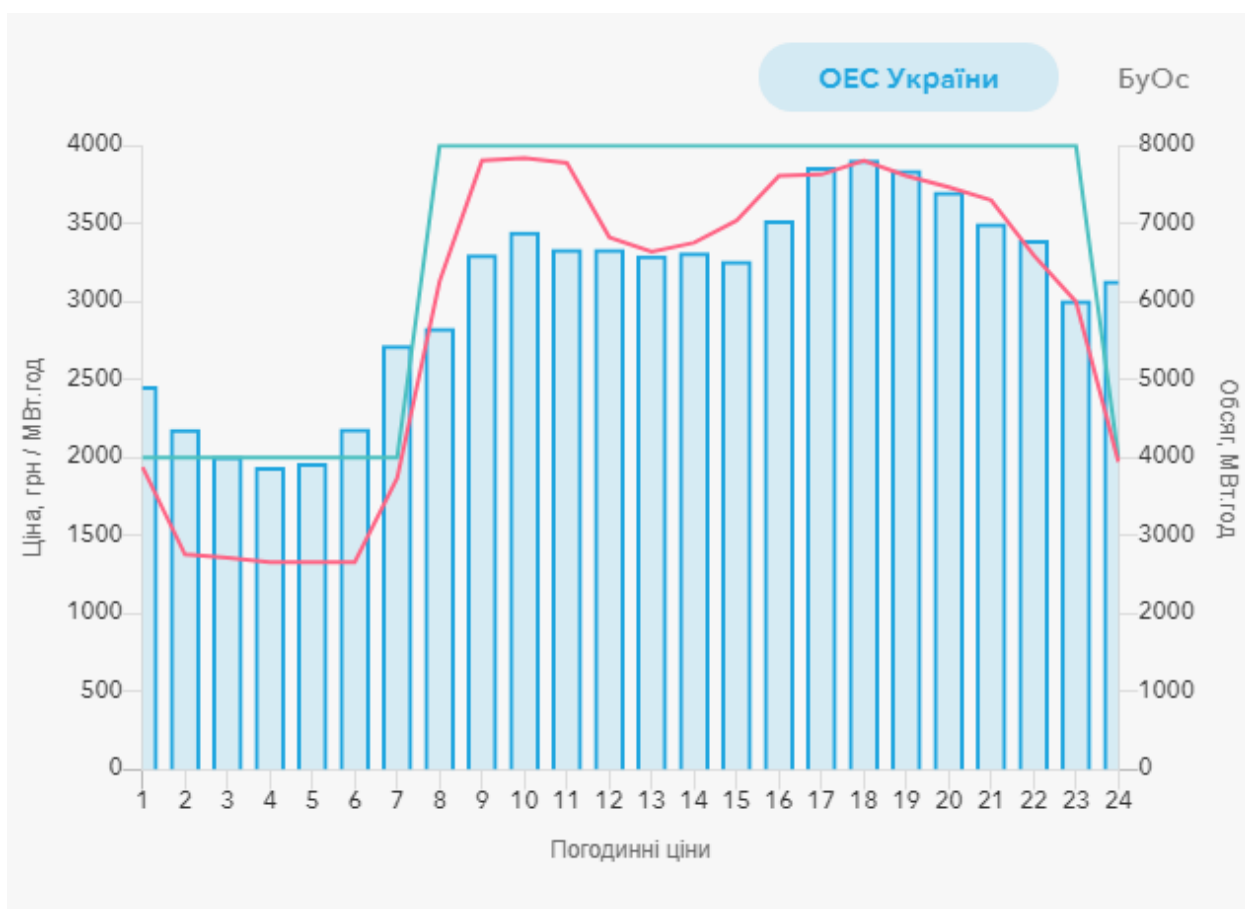


Рисунок 1.2 – Графік торгів ринок «на добу наперед»

Об'єднана енергетична система України (ОЕС України) та Бурштинська об'єднана система (БуОС) регулюють максимальну ціну в періоди мінімального та максимального навантаження. Разом с тим, як з'явився «Оператор ринку», більше як таких тарифних зон немає, але аналітичним методом можна розрухувати можливу вартість у різні періоди.

Згідно з ЕСУ буде створено ринок вугільної продукції. Реструктуризація вугільної промисловості супроводжуватиметься комплексом заходів з пом'якшення соціальних та екологічних наслідків ліквідації/консервації вугільних шахт та соціальної реконверсії регіонів закриття шахт відповідно до найкращих європейських практик.

У дипломній роботі розраховано регулювання енергоспоживання для підвищення енергоефективності роботи головного водовідливу використання методики у вугільних шахтах. Функціонування головної водовідливної установки вугільної шахти в режимі споживача-регулятора (С-Р) передбачає застосування регулювання режимів електроспоживання (PPE), спрямоване на визначення графіка роботи установки в позапіковий період. Виключення роботи насосів у періоди максимальних навантажень в енергосистемі супроводжується, як правило, використанням додатково резервного обладнання (насосів та трубопроводів) для відкачування накопиченої води та поточного припливу в інші періоди. Використання при цьому диференційованого за періодами доби тарифу призводить до очікуваного зниження вартості електроенергії, що споживається, проте супроводжується збільшенням питомої витрати електроенергії при інтенсивному відкачуванні води. Отже, вибір режиму роботи водовідливу з мінімальною питомою витратою електроенергії вплине на паливно-енергетичні показники роботи енергосистеми, зокрема на зниження питомої витрати палива на ТЕС для покриття максимальних навантажень.

Участь головного водовідливу у регулюванні режиму електроспоживання має бути економічно вигідною як споживачу (шахті), так і виробнику (енергосистемі) за умови використання диференційованого за періодами доби тарифу на електроенергію. Виходячи з цього економічний ефект від зміни режимів роботи водовідливу, відключення насосів у години піку та інтенсивного відкачування води в години нічного провалу енергосистеми має бути досить високим. При реалізації режимів роботи ГВУ

як С-Р досягається бажане зниження величини оплати за спожиту електроенергію, але необхідність інтенсивної роботи насосів у певні періоди доби може призводити до збільшення питомої витрати електроенергії, оскільки будуть використовуватися не тільки робочі, а й резервні насосні агрегати. Отже в ідеалі, для реалізації таких режимів роботи необхідно створити умови, за яких шахтна водовідливна установка працюватиме в зоні максимального коефіцієнта корисної дії (ККД), а трубопровідна мережа виконана таким чином, щоб відкачування води виконувалося з мінімальними витратами електроенергії. Крім того, насосна установка не повинна працювати з недостатнім або надлишковим натиском. Перше призведе до ненормального режиму роботи насоса і відповідно до виходу з ладу насосної установки, а друге – до збільшення питомої витрати електроенергії.

## 2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 2.1 Аналіз роботи ринку «на добу наперед»

На сьогоднішній день «Оператор ринку» відповідає за організацію купівлі-продажу електричної енергії та здійснює відкриті торги на ранку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку, що суттєво допомагає в забезпеченні балансу між попитом та пропозицією на ринку електричної енергії. На ринку «на добу наперед» купівля-продаж електроенергії здійснюється на наступну добу за днем проведення торгів. Ціна на цьому сегменті ринку визначається за принципом граничного ціноутворення із забезпеченням мінімізації ціни та максимізації обсягів торгівлі. Жоден учасник не бачить заявлені ціни та обсяги купівлі/продажу електричної енергії іншими учасниками. Така технологія торгів на РДН сприяє розвитку конкуренції.

Відповідно до постанови НКРЕКП №2969 від 24.12.2021 року, учасникам ринку на балансуєчу електричну енергію у торговій зоні «ОЕС України» та «Острів Бурштинської ТЕС» потрібно вказувати ціну, що не перевищує обмеження ціни на РДН на цей розрахунковий період. Відповідно було змінено граничні цінові обмеження для пропозицій на балансуєчу електричну енергію і на балансуєчому ринку. Відтепер ОСП в системі управління ринком застосовує наступні цінові обмеження по обох торгових зонах:

Таблиця 2.1 – Максимальні ціни у торгових зонах

	«ОЕС України»	«Острів Бурштинської ТЕС»
– для годин мінімального навантаження (період з 00:00 до 07:00 та з 23:00 до 24:00):	Верхнє обмеження: 2000,00 грн/МВт·год (без ПДВ) Нижнє обмеження: 0,01 грн/МВт·год (без ПДВ)	Верхнє обмеження: 1650,00 грн/МВт·год (без ПДВ) Нижнє обмеження: 0,01 грн/МВт·год (без ПДВ)
– для годин максимального навантаження (період з 07:00 до 23:00):	Верхнє обмеження: 4000,00 грн/МВт·год (без ПДВ) Нижнє обмеження: 0,01 грн/МВт·год (без ПДВ)	Верхнє обмеження: 3000,00 грн/МВт·год (без ПДВ) Нижнє обмеження: 0,01 грн/МВт·год (без ПДВ)



Вартість на електричну енергію значно зросла за останні роки, так як верхнє обмеження стає усе вище. Цю динаміку можна побачити на рисунку нижче:

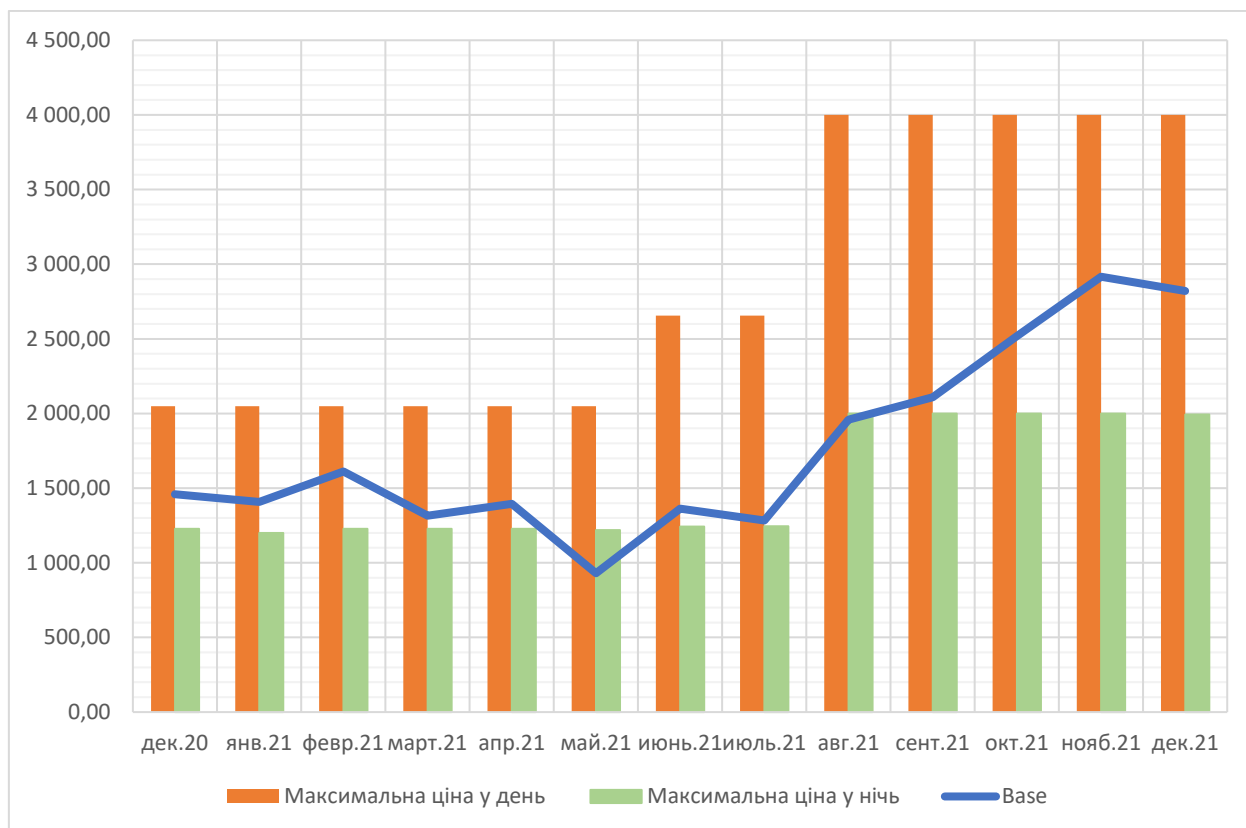


Рисунок 2.1 – Графік динаміки росту вартості електричної енергії

Проаналізувавши данні з «рисунку 2.2» можна зробити висновки, що базова, а саме середня вартість електричної енергії, росте разом і з максимальними обмеженнями, де за рік базова ціна зросла на 93,25%, максимальні обмеження на 95,3%, а нічний тариф на 62,5%, також зростання базової ціну пов'язано з підвищенням попитом на електричну енергію у зимовий період. Однак динаміка ціни у нічний час сприяє до зменшення навантажень у часи піка, коли ціна значно дешевше.

До «оператора ринку» діяла система диференціювання тарифів, за якою можна було розрахувати вартість електричної енергії у певний проміжок часу, поділяючи тарифи з такими коефіцієнтами:

- двозонні: день з 7:00 до 23:00  $K_d = 1$ , ніч з 23:00 до 7:00  $K_n = 0.5$ ;
- тризонні: ніч з 23:00 до 7:00  $K_n = 0.4$ , напівпік з 7:00 до 8:00, з 11:00 до 20:00  $K_{n/n} = 1$ , пік з 8:00 до 11:00, з 20:00 до 22:00  $K_n = 1.5$ .

На даний час аналітичний способом можна відстежити, що такі коефіцієнти також існують. На прикладі умовної доби (1 грудня 2021 р.) визначимо коефіцієнти, які характеризують відхилення вартості електричної енергії відносно базового тарифу тієї ж доби, для кожної її годинного інтервалу (табл. 2.2, рис. 2.2).

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти вартості електричної енергії за 1 грудня 2021

Година	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Коефіцієнт	0,22	0,22	0,15	0,15	0,15	0,22	0,44	1,17	1,48	1,48	1,48	1,32
Година	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Коефіцієнт	1,29	1,29	1,29	1,37	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,23	1,00	0,67

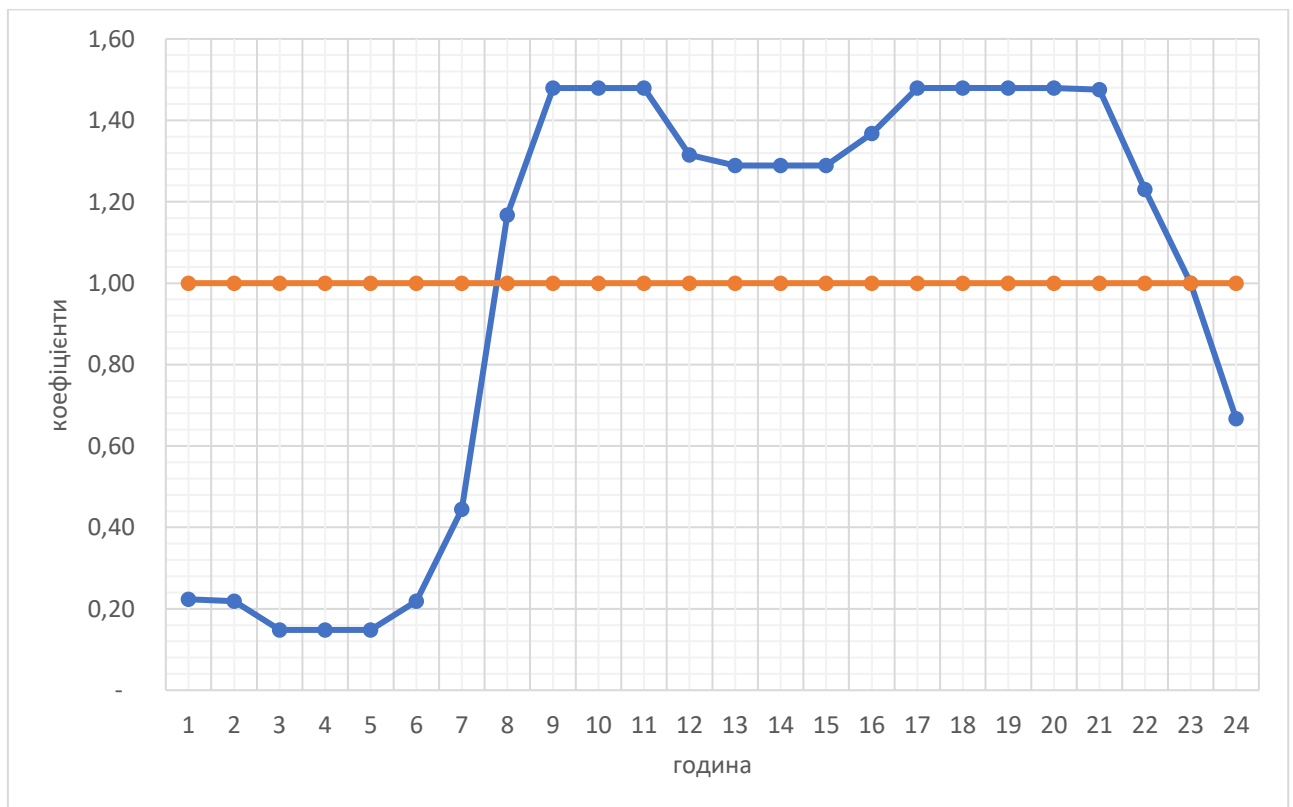


Рисунок 2.2 – Графік коефіцієнтів електричної енергії на день

Також розрахуємо данні на місяць та побудуємо графік з максимальним та мінімальним коефіцієнтом на денному інтервалі доби та вночі.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти, що характеризують вартість електричної енергії відносно базового тарифу за грудень 2021

День	Мін. Коеф. ніч	Макс. Коеф. ніч	Мін. Коеф. день	Макс. Коеф. день
1	0,15	0,67	1,00	1,48
2	0,23	0,73	1,04	1,51
3	0,23	0,69	1,03	1,43
4	0,23	0,39	1,04	1,90
5	0,22	0,74	1,00	1,48
6	0,31	0,60	1,21	1,36
7	0,36	0,54	1,15	1,37
8	0,39	0,60	1,20	1,35
9	0,41	0,61	1,20	1,35
10	0,39	0,59	1,01	1,35
11	0,06	0,62	0,85	1,59
12	0,26	0,70	0,60	1,41
13	0,29	0,65	1,01	1,30
14	0,32	0,63	1,26	1,26
15	0,37	0,63	1,12	1,27
16	0,36	0,62	1,25	1,25
17	0,24	0,71	1,19	1,33
18	0,11	0,65	0,97	1,49
19	0,24	0,67	1,08	1,37
20	0,20	0,63	1,12	1,36
21	0,22	0,61	1,20	1,37
22	0,33	0,60	1,23	1,36
23	0,36	0,61	1,23	1,37
24	0,34	0,61	1,11	1,38
25	0,23	0,59	1,06	1,51
26	0,33	0,73	1,05	1,45
27	0,32	0,62	1,03	1,43
28	0,26	0,53	0,98	1,40
29	0,31	0,62	0,94	1,34
30	0,30	0,59	0,95	1,36
31	0,28	0,68	0,98	1,40

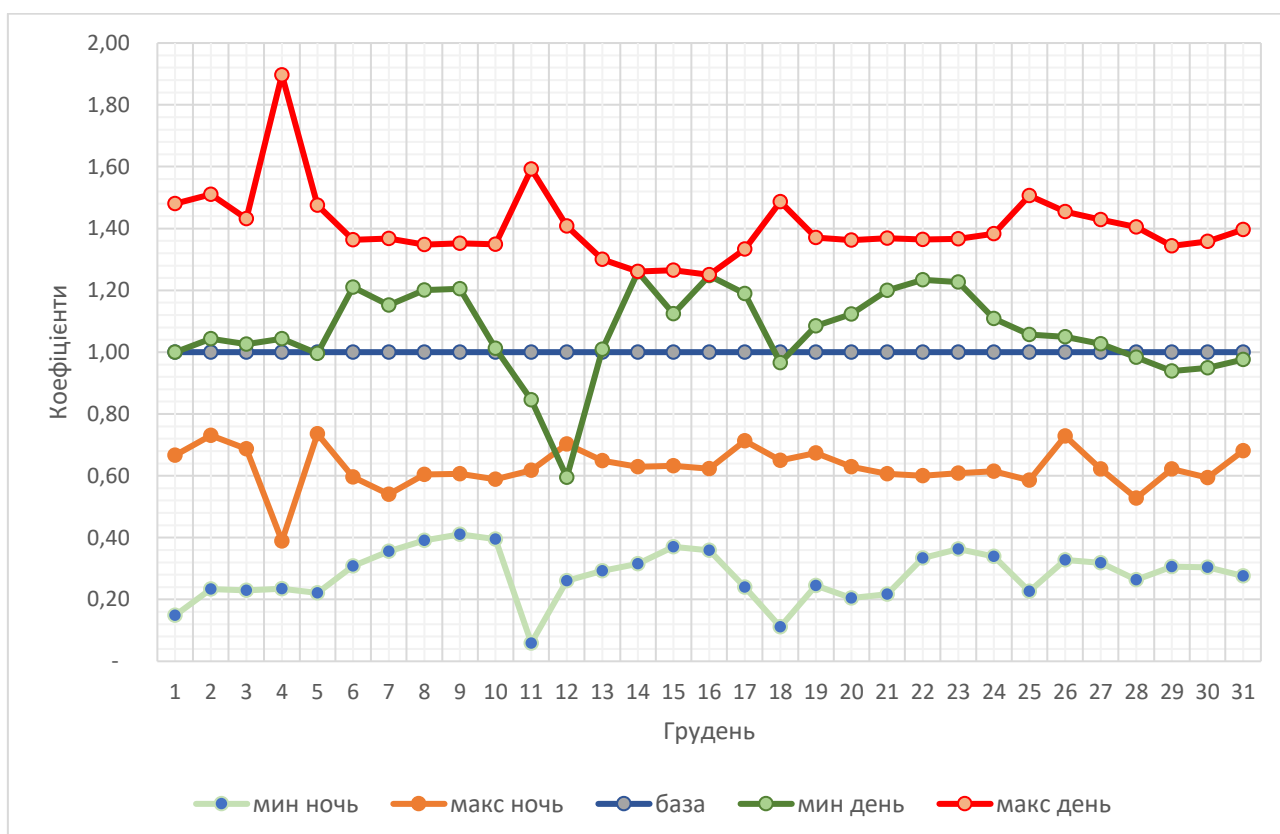


Рисунок 2.3 – Графік коефіцієнтів електричної енергії за місяць

Проаналізувавши данні можна зробити висновок, що вартість електричної енергії у нічний період не буде вищою за 0.75 від базової та у день у середньому не нижче 1. Завдяки таким даним можна планувати виробничі технології, та заощаджувати на використанні електричної енергії.

## 2.2 Регулювання режимів електроспоживання енергоємними споживачами

Одним з етапів вирішення проблеми нерівномірності енергоспоживання, тобто зниження рівня споживання електричної енергії в години максимуму навантажень і, як наслідок цього, вирівнювання ГЕН є застосування адекватного електроспоживання за рахунок, наприклад, регулювання його режимів.

Суттєвий вплив на формування графіка електричних навантажень може здійснити ефективне регулювання режимів електроспоживання енергоємних установок промислових об'єктів.

Можна розглянути, як приклад, в якості енергоємного споживача - головний водовідлив вугільної шахти. Досягнення бажаного результату забезпечується за рахунок регулювання режимів електроспоживання, під яким слід розуміти комплекс організаційно-технічних рішень та заходів, що забезпечують регламентований енергопостачальною організацією режим електроспоживання.

Доцільність використання шахтних водовідливних установок (ШВУ) для зниження максимальної потужності підприємства у години максимуму навантаження енергосистеми пояснюється двома основними особливостями таких установок:

- великою сумарною потужністю електроприводу, яка залежить від водообильності шахти, при цьому, залежно від продуктивних потужностей шахти, може досягати до 30 % від загальної встановленої електричної потужності підприємства, та тривалим режимом його роботи з практично незмінним навантаженням, що може дати значний економічний ефект під час регулювання періодів роботи насосів. При номінальній напрузі  $U_n = 6$  кВ номінальна потужність приводних двигунів насосів варіюється в межах  $P_n = 250...1250$  кВт;

- вільним циклічним режимом роботи насосів протягом доби завдяки наявності ємності водозбірника, що акумулює. Режимми роботи існуючих головних водовідливних установок (ГВУ) не для всіх умов мають можливість використання їх як ефективного споживача-регулятора. Відповідно до ГОСТ 19431-84 "Енергетика та електрифікація", споживач-регулятор – це споживач електричної енергії, режим роботи якого передбачає можливість обмеження електроспоживання у години максимуму для вирівнювання графіка

навантаження енергетичної системи або електростанції та збільшення навантаження у години мінімуму.

### 2.3 Процес ліквідації вугільних шахт

Об'єктом для дослідження режимів електроспоживання обрана шахта «Благодатна» ПАТ «Павлоградвугілля», яка наразі є законсервована сухим способом, який передбачає ліквідацію шахт з тимчасовим збереженням водовідливу на період роботи сусідніх шахт, що мають систему водовідвідних каналів з виробленням шахти, що ліквідується, або збереження постійного водовідливу для запобігання можливому затопленню територій поверхні, що експлуатуються. Тобто у шахті остається головна насосна станція для викачки вод. Приплив води до шахти з роками експлуатації, а також протягом кожного року є змінними, іноді зі значним діапазоном змін. Такі зміни мають повільний характер протягом усього періоду експлуатації шахти з накладенням сезонних підвищень припливу, спричинених весняно-осінніми паводками та дощами. Отже, в залежності від характеру водоприпливу необхідна ємність водозбірника може різнитися в два рази, а в результаті отриманий обсяг виявитися як недостатнім, і надлишковим для ефективного регулювання режимів електроспоживання.

Основні параметри шахти «Благодатна» наведено «у таблицю 2.1».

Таблиця 2.4 – Параметри шахти «Благодатна»

Приплив води	Кількість гілок водозбірника, шт	Об'єм гілок водозбірника, м <sup>3</sup>	Кількість та тип насосів
$Q_n = 300 \text{ м}^3/\text{ГОД}$	2	900; 640	4хЦНС 300-300
$Q_m = 350 \text{ м}^3/\text{ГОД}$			

Процес роботи головного водовідливу вугільної шахти може виконуватися декількома способами:

- відкачування води «за наповненням», тобто насоси вмикаються, коли водозбірники наповнені і вимикаються, коли відкачають всю воду;
- відкачування води в періоди мінімальних навантажень в енергосистемі, тобто регулювання режимів роботи насосів в залежності від певних періодів доби.

Ефективність споживання електроенергії насосами водовідливу можна визначити шляхом порівняльного аналізу різних способів.

#### **2.4 Визначення рівня споживання електричної енергії при відсутності її регулювання**

Для визначення рівня споживаної енергії при роботі насосів головного водовідливу в режимі «за наповненням» необхідно визначити параметри водовідливної установки ш. «Благодатна», яка буде працювати в «режимі водовідливу» після консервації сухим способом.

Спочатку потрібно змодельювати фактичний графік електричних навантажень за принципом максимального навантаження ВУ. Приймається, що максимальне навантаження графіка формується при одночасному ввімкненні всіх робочих електронасосів.

Тобто:

$$P_{\text{макс.факт}} = n_{\text{роб}} K_3 P_{\text{ном}} \quad (2.1)$$

де  $n_{\text{роб}}$  – кількість робочих насосів;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження двигуна насоса, приймаємо 0,8;

$P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність двигуна, кВт.

Оскільки шахта наразі не функціонує, то водоприплив буде меншим за максимальний, а гілки водозбірника не будуть виводитися в чистку, тому можна припустити, що об'єм водозбірника буде дорівнювати об'єму обох гілок з припущенням 30% їх замулення, тобто:

$$Q = 300 \text{ м}^3/\text{Год} - \text{водоприплив};$$

$$V_{\text{вод}} = (900+640) \cdot 70\% = 1078 \text{ м}^3 - \text{об'єм водозбірника};$$

$$N = 4 - \text{кількість насосів};$$

$$Q_n = 300 \text{ м}^3/\text{Год} - \text{продуктивність насоса}.$$

Для моделювання графіка об'єму води у водозбірнику використовуємо формулу:

$$V = V_0 + (Q - K_3 \cdot Q_n \cdot N) \cdot t, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де  $V$  - об'єму води у водозбірнику,  $\text{м}^3$ ;  $t$  - час роботи насосів, год.

Далі визначимо навантаження водовідливної установки та побудуємо графік заповнення-спорожнення водозбірника без регулювання роботи насосів в періоди максимальних навантажень в енергосистемі.

$$V_0 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_3 = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_5 = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 3) 2 = 60 \text{ м}^3;$$

$$V_6 = 60 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 0,75 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_9 = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{11} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 3) 2 = 60 \text{ м}^3;$$

$$V_{12} = 60 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 0,75 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_{15} = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{17} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 3) 2 = 60 \text{ м}^3;$$

$$V_{18} = 60 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 0,75 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_{21} = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{23} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 3) 2 = 60 \text{ м}^3;$$

$$V_{24} = 60 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 0,75 = 0 \text{ м}^3.$$



Виходячи з розрахунків маємо наступні графіки - заповнення-спустошення водозбірника (рис. 2.4) та навантажень ГВУ (рис. 2.5):

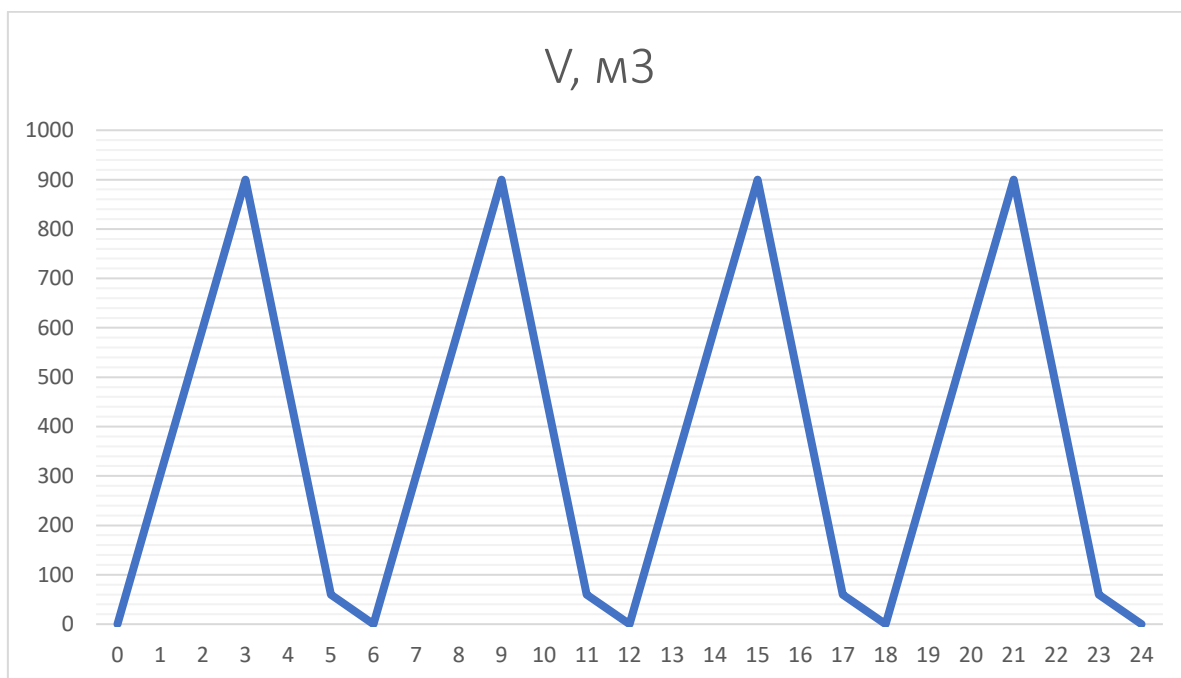


Рисунок 2.4 – Графік заповнення-спустошення водозбірника без регулювання



Рисунок 2.5 – Графік навантажень насосів ГВУ без регулювання

Далі розрахуємо погодинну вартість електричної енергії.

Таблиця 2.5 – Вартість електричної енергії без регулювання

Година	Вартість, грн МВт/год	Кількість робочих насосів, шт	Споживання, кВт/год	Сума, грн
01:00	603,40	0	0	0,00
02:00	590,00	0	0	0,00
03:00	400,00	0	0	0,00
04:00	400,00	3	960	384,00
05:00	400,00	3	960	384,00
06:00	590,00	2	480	283,20
07:00	1200,00	0	0	0,00
08:00	3150,53	0	0	0,00
09:00	3994,22	0	0	0,00
10:00	3994,77	3	960	3834,98
11:00	3994,22	3	960	3834,45
12:00	3550,00	2	480	1704,00
13:00	3480,00	0	0	0,00
14:00	3480,00	0	0	0,00
15:00	3480,00	0	0	0,00
16:00	3693,00	3	960	3545,28
17:00	3994,56	3	960	3834,78
18:00	3994,89	2	480	1917,55
19:00	3994,80	0	0	0,00
20:00	3994,56	0	0	0,00
21:00	3982,99	0	0	0,00
22:00	3320,92	3	960	3188,08
23:00	2700,00	3	960	2592,00
24:00	1800,00	2	480	864,00

## 2.5 Визначення навантажень з регулюванням електроспоживання

Далі – за прикладом, але тарифи і зони доби приймаємо виходячи із теперішніх умов і пропозицій ринку електроенергетики, згідно з економічною доцільністю та поза пікові часи.

$$V_0 = 720 \text{ м}^3;$$

$$V_4 = 720 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 4 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_5 = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 1 = 300 \text{ м}^3;$$

$$V_7 = 300 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 1,88 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_{10} = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{15} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 5 = 0 \text{ м}^3;$$

$$V_{18} = 0 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 0) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{19} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 0,63 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{20} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 1 = 720 \text{ м}^3;$$

$$V_{23} = 720 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 1) 3 = 900 \text{ м}^3;$$

$$V_{24} = 900 + (300 - 0,8 \cdot 300 \cdot 2) 1 = 720 \text{ м}^3;$$

Аналогічним методом з розрахунків змодельюємо графіки заповнення водозбірника та навантажень:

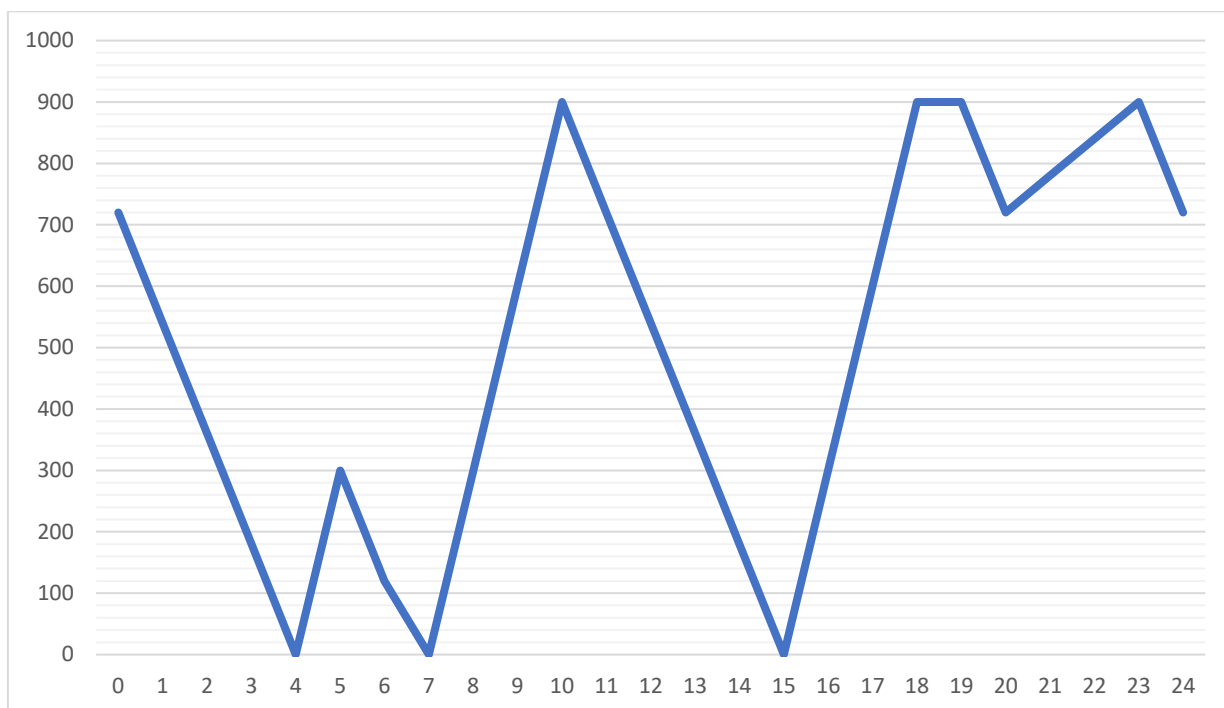


Рисунок 2.6 – Графік заповнення/спустошення водозбірника

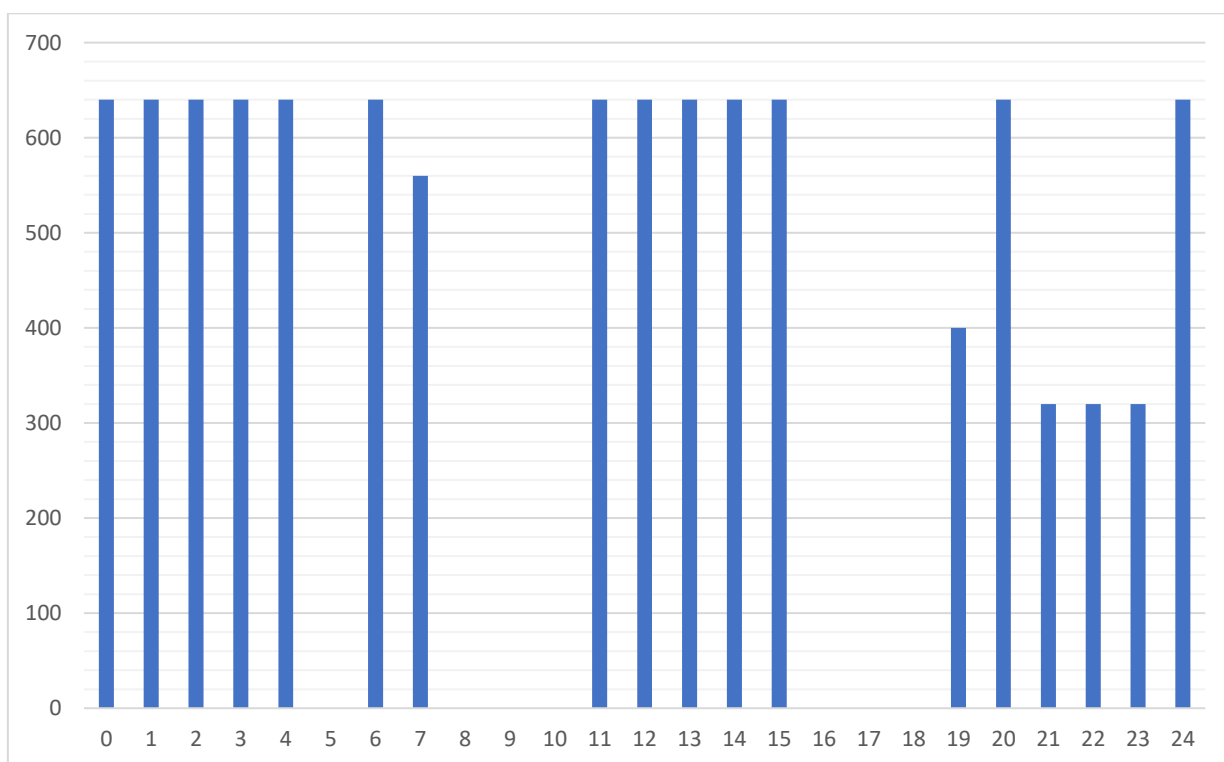


Рисунок 2.7 – Графік навантаження насосів

Таблиця 2.6 – Вартість електричної енергії з регулюванням

Година	Вартість, грн МВт/год	Кількість робочих насосів, шт	Споживання, кВт/год	Сума, грн
01:00	603,40	2	640	386,18
02:00	590,00	2	640	377,60
03:00	400,00	2	640	256,00
04:00	400,00	2	640	256,00
05:00	400,00	0	0	0,00
06:00	590,00	2	640	377,60
07:00	1200,00	2	560	672,00
08:00	3150,53	0	0	0,00
09:00	3994,22	0	0	0,00
10:00	3994,77	0	0	0,00
11:00	3994,22	2	640	2556,30
12:00	3550,00	2	640	2272,00
13:00	3480,00	2	640	2227,20
14:00	3480,00	2	640	2227,20
15:00	3480,00	2	640	2227,20
16:00	3693,00	0	0	0,00
17:00	3994,56	0	0	0,00
18:00	3994,89	0	0	0,00
19:00	3994,80	2	400	1597,92
20:00	3994,56	2	640	2556,52
21:00	3982,99	1	320	1274,56
22:00	3320,92	1	320	1062,69
23:00	2700,00	1	320	864,00
24:00	1800,00	2	640	1152,00

Розрахунок роботи ВУ зроблено згідно з технологічним устаткуванням шахти та обходячи часи пікових навантажень в мережі, економічна доцільність яка розраховано далі у «розділі 3».

### 3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В енергетичному секторі України формуються нові підходи до вирішення проблем від застарілої моделі функціонування. Основні переваги віддається в підвищенні енергоефективності та використання чистої енергії.

Для покриття власних потреб Україна використовує різноманітні джерела енергії, такі як нафта, вугілля, природний газ, гідроенергія, атомна, енергія сонця та вітру тощо. Найбільш затребуваним традиційно наразі є викопні ресурси які сумарно становлять понад 60% від енергетичного балансу.

Нерівномірний графік споживання електричної енергії впливає не тільки на стабільність роботи мережі, але й на велику частку викиду вуглекислого газу, так як відсутність достатньої кількості маневрених потужностей, що привила до необхідності використання ТЕС покриття пікових навантажень, також процес роботи яких в даному режимі є неекономічним. При переході ТЕС з базового режиму роботи в напівпіковий і далі піковий потужність станції збільшується і відповідно витрачається додаткова кількість палива, необхідне для забезпечення навантаження, що перевищує базову.

Режими нерівномірного навантаження вкрай не вигідні як у енергетичному, так і у економічному плані. Такі режими збільшують витрати палива на теплових електростанціях (ТЕС), знижують ресурс їхньої надійної роботи, а також створюють нестійкий режим роботи атомних електричних станцій, збільшують втрати електроенергії в лініях електричних передач.

Підвищення енергоефективності підприємств пов'язані з необхідністю використання їх у реалізації загальнонаціональної завдання, спрямованої зниження нерівномірності електроспоживання. Актуальність цього завдання підтверджується даними "Енергетичної стратегії України на період до 2035 р."

У 2019 році для підвищення стабільності балансу між попитом та пропозиції електричної енергії було створено компанію «Оператор ринку», що є організатором торгів купівлі-продажу електричної енергії на ринку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку.

На ринку «на добу наперед» купівля-продаж електроенергії здійснюється на наступну добу за днем проведення торгів. Ціна на цьому сегменті ринку визначається за принципом граничного ціноутворення із забезпеченням мінімізації ціни та максимізації обсягів торгівлі. Жоден учасник не бачить заявлені ціни та обсяги купівлі/продажу електричної енергії іншими учасниками. Така технологія торгів на РДН сприяє розвитку конкуренції.

Отже, основні переваги такої системи, це те що «Оператор ринку» працює за принципом біржі, що сприяє розвитку конкуренції та зниженню ціни на електричну енергію, та компанія надає можливість учасникам ринку електроенергії мінімізувати небаланси, і таким чином, зменшити свої витрати.

Слід зазначити, що в 2019 році були скасовані тарифні зони, такі як двух-зона та трьох-зона, що сприяли переход споживання електричної енергії для підприємств на більш дешеві період. Однак при створенні «Оператора ринку» було відновлено умовні тарифні зони для періодів мінімального та максимального навантаження, а саме в день та ніч, об'єднана енергетична система України та Бурштинська об'єднана система регулюють максимальну вартість електричної енергії, на даний час в ОЕС України це 2000 грн у ночі за 1 МВт/год, та 4000 грн у день за 1МВт/год. Завдяки такого регулювання вартості електричної енергії знову створюються середа для залучення переходу роботи з денного в нічний період.



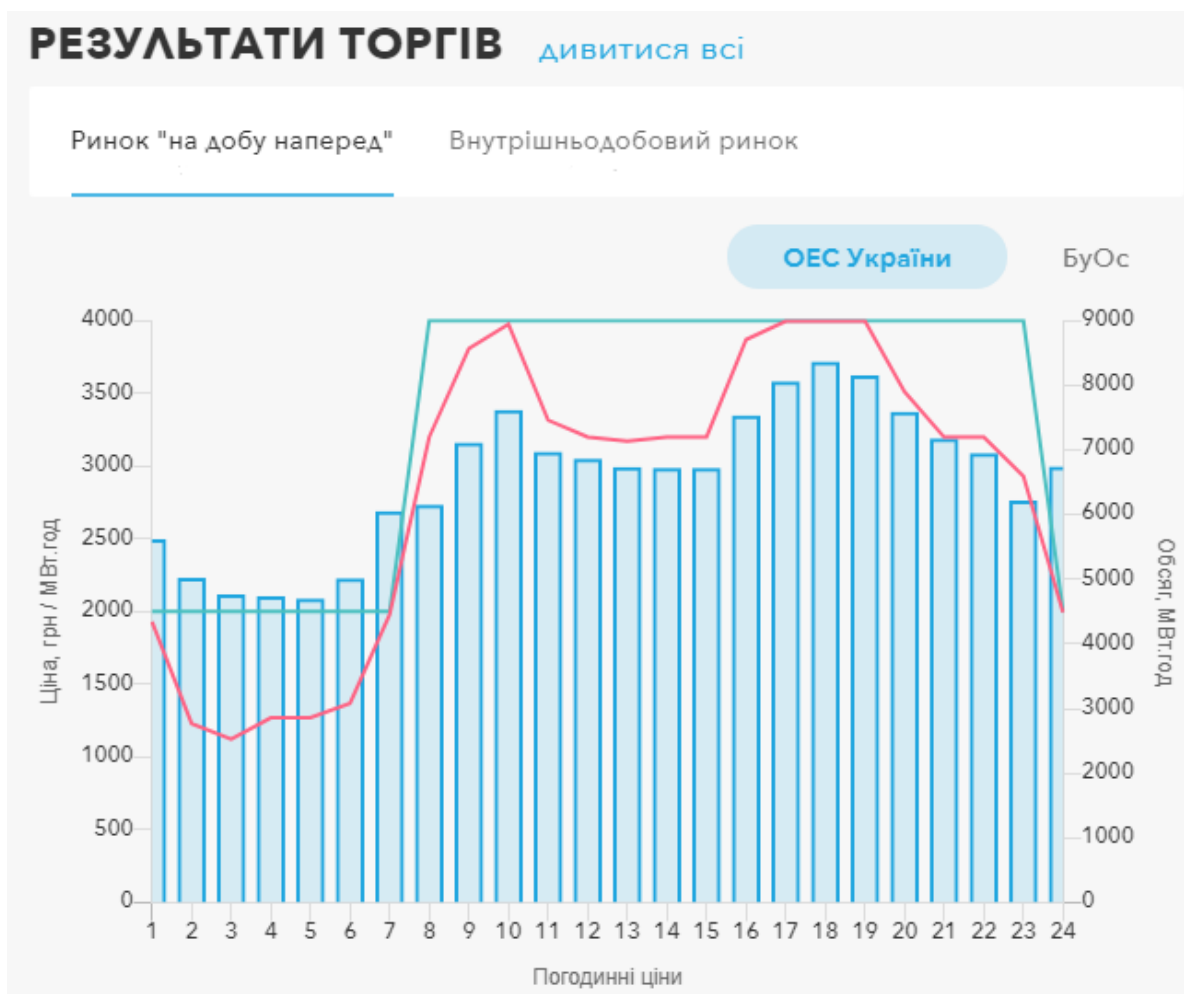


Рисунок 3.1 – Графік результатів торгів РДН

На «рисунку 3.1» зображено результати торгів, де лінія зеленого кольору це максимально гранична ціна електричної енергії, а червона фактична ціна у певний час. З цього графіку можна зробити висновок, що найбільш економічно для підприємств, які можуть за своєю технологією виробництва та споживання електричної енергії переносити часи роботи електроустановок на нічний час. Одним з таких підприємств є шахти, які є енергоємними у ряді своїх технологічних процесах.

У дипломній роботі розраховано режими роботи головної водозливної установки у шахті «Благодатна», яка буде працювати в «режимі водовідливу» після консервації сухим способом.

Оскільки шахта наразі не функціонує, то водоприплив буде меншим за максимальний, а гілки водозбірника не будуть виводитися в чистку, тому

можна припустити, що об'єм водозбірника буде дорівнювати об'єму обох гілок з урахуванням 30% їх замулення, тобто  $V_{вод} = (900+640) \cdot 30\% = 1078 \text{ м}^3$  - об'єм водозбірника, та  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{год}$  – водоприплив.

Розрахунок споживання електричної енергії при відсутності та з її регулюванням виконано у «розділі 2». Далі здійснюємо розрахунок згідно з тарифом електричної енергії станом на 1 грудня 2021р. Вартість електроенергії узято з офіційного сайту «Оператор ринку».

Згідно з розрахунку щодня без регулювання споживання шахта буде витратити на ГВУ, що найменш, 26 366,32 грн на день також регулюючи електроспоживання на день 22 342,97 грн, що є на 4 023,35 грн економніше на день.

Що року витрати на електричну енергію без регулювання буде:

$$C_{р.без.рег} = C_{без.рег} * 365 = 26\,366,32 * 365 = 9\,623\,706,22 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат з регулюванням:

$$C_{р.з.рег} = C_{з.рег} * 365 = 22\,342,97 * 365 = 8\,155\,182,74 \text{ грн}$$

Різниця між електроспоживанням на рік:

$$C = C_{р.без.рег} - C_{р.з.рег} = 1\,468\,523,48 \text{ грн}$$

Таблиця 3.1 – Економічна доцільність регулювання

Режим електроспоживання	Витрата електроенергії за добу, кВт	Вартість електроенергії за добу, грн	Витрата електроенергії за рік, кВт	Вартість електроенергії за рік, грн
Без регулювання	9600	26 366,32	3 417 600	8 155 182,74
З регулюванням	9600	22 342,97	3 417 600	9 623 706,22
Економія	0	4 023,35	0	1 468 523,48

З цього можна зробити висновок, що економія завдяки регулювання електроспоживання диференційно, обходячи денні максимуми, коли електроенергія найдорожча, на підприємствах є доцільним. Економія при регулюванні електроспоживання досягає 15,3%. Також завдяки тому що мінімізуються електроспоживання у часи піку навантажень, це позитивно впливає на електромережу України та зменшається ризики ненормальних режимів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Разумний Ю.Т. Режими електроспоживання вугільних шахт: навч. посіб. / Ю.Т. Разумний. – Д. : Національна гірнича академія України, 2002. – 126 с.
2. Рухлова Н.Ю. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГЛАВНОГО ВОДООТЛИВА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В РЕЖИМЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА 2015 г. – 146 с.
3. Методичні вказівки з дисципліни “УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ” для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / І.М. Луценко, А.В. Рухлов – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2016. – 17 с.
4. Офіційний сайт «Оператора ринку» електричної енергії  
<https://www.oree.com.ua/>
5. Офіційний сайт УКРЕНЕРГО «Національна енергетична компанія»  
<https://ua.energy/>

**ДОДАТОК А**

		<b>Позначення</b>	<b>Найменування</b>	<b>Кількість</b>	<b>Примітка</b>
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка		
5					
6			Графічні матеріали		
7					
8					
9					
10					
11					
12					

**ДОДАТОК Б**