

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА  
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ТА ОСВІТНЬО-НАУКОВОЇ ПРОГРАМ  
«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОСМНИХ ВИРОБНИЦТВ»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з освітньо-професійної та освітньо-наукової програм «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв»

Укладачі: к. т. н., доц. Ю. В. Зачепа,

к. т. н., асист. Н. В. Зачепа

Рецензент к. т. н., доц. В. О. Огарь

Кафедра систем автоматичного управління та електроприводу

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.

Голова методичної ради \_\_\_\_\_ проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні вказівки, критерії оцінювання.....	5
2 Аналітична частина.....	9
3 Розрахункова частина.....	10
3.1 Розрахунок електричних навантажень.....	10
3.1.1 Загальний опис об'єкта дослідження.....	10
3.1.2 Розрахунок сумарного споживання електроенергії об'єкту. Добові графіки споживання енергоносіїв.....	11
3.1.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії за різними системами оплати.....	16
3.1.4 Розрахунок терміну окупності витрат з переходом на новий диференційований тариф розрахунку за спожиту електроенергію.....	19
3.2. Обстеження поточного стану енергетичних систем об'єкту	20
3.2.1 Вибір трансформаторів та розрахунок втрат в трансформаторах.....	20
3.2.2 Розробка рекомендацій для зменшення втрат.....	21
3.3 Розрахунок заходів підвищення енергоефективності.....	25
3.4 Забезпечення безперебійного електропостачання якісною електроенергією. Вибір електроустановки з альтернативними видами енергії.....	26
Список літератури.....	31
Додаток А.....	33
Додаток Б.....	40
Додаток В.....	42
Додаток Г.....	43
Додаток Д.....	44

## ВСТУП

Забезпечення житлового сектора теплом залишається важливою частиною енергетичної й екологічної політики у всій Європі, оскільки саме на виробництво тепла використовується більше третини генерованої енергії [1]. Європейська комісія оцінює «енергетичну ефективність» своїх будівель у 50 %, тобто енергоспоживання будівель можна скоротити у 2 рази. У цьому разі енергозберігаючий потенціал у житловому секторі значно вищий, ніж в інших галузях економіки [1]. Крім того, перехід на енергоефективні технології в житловому секторі дозволить покращити якість повітря у великих містах.

Результати економії будуть залежати від того, наскільки добре населення буде дотримуватися правил економії енергії під час користування побутовими приладами, машинами та освітленням, знати прийоми і методи раціонального використання електроенергії. Саме економія виявляється найважливішим джерелом забезпечення зростання виробництва.

Важливу роль у вирішенні практичних завдань з енергозбереження повинні виконувати енергоменеджери – спеціалісти, діяльність яких спрямована на забезпечення ефективного використання енергії (energy management – регулювання споживання, використання енергії). Вони повинні бути підготовлені до практичних, організаторських дій, орієнтованих на кінцевий результат – зменшення витрат енергії. Ключовим елементом їх діяльності з практичного енергозбереження є енергетичне обстеження (енергетичний аудит) як діяльність, спрямована на підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів технічними обстеженнями та розробленням рекомендацій із запровадження організаційних, правових, технічних, технологічних заходів з енергозбереження та науково обґрунтованих норм і нормативів витрат паливно-енергетичних ресурсів.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ, КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Курсовий проект подається до захисту у вигляді пояснювальної записки обсягом 35–45 сторінок формату А4 з полями 30 мм зліва і 10 мм справа, по 20 мм зверху і знизу. У записці необхідно оформити титульний лист, завдання на курсовий проект, зміст, вступ і всі розділи згідно із завданням, зробити висновки за результатами аналітично-розрахункової частини та навести перелік використаної літератури.

Текстовий матеріал пояснювальної записки необхідно викладати чітко, коротко, супроводжуючи його рисунками, графіками, таблицями. Розрахункові формули необхідно оформляти спочатку в загальному вигляді, а потім з підставленими числовими значеннями. Схеми і рисунки викреслюються відповідно до ЄСКД. Термінологія, позначення, визначення, одиниці вимірювання параметрів мають бути єдиними. Скорочення слів у тексті й підписах не допускається. Подання тексту бажано вести від першої особи у множині, наприклад: «приймаємо», «вибираємо» тощо.

Завдання на курсовий проект видається керівником курсового проекту на початку семестру. Номер варіанта завдання кожного студента визначається останніми двома цифрами його залікової книжки. Вихідні дані для аналітичної частини зведено до табл. 3.1, що містить 25 варіантів завдань. Якщо дві останні цифри залікової книжки більше 25, то варіант визначається відніманням цифри, кратної 25. Наприклад, останні дві цифри залікової книжки 81, варіант завдання визначається:  $V = 81 - 3 \times 25 = 6$ .

Курсовий проект виконується студентом самостійно з використанням персонального комп'ютера. Студент зобов'язаний регулярно відвідувати консультації, які проводяться керівником курсового проекту, не менше одного разу на місяць. На консультації студент повинен подавати результати виконання проекту згідно з графіком.

Завершений і оформлений курсовий проект здається на перевірку керівникові й після допуску захищається. Захист здійснюється перед комісією з

трьох викладачів. На захисті студент коротко викладає суть завдання, способи його реалізації, висновки і відповідає на поставлені запитання.

Оцінювання якості виконання і захисту студентами курсового проекту здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням її в 4-бальну національну шкалу та шкалу ЄКТС.

Підсумкову оцінку визначає комісія кафедри, що приймає захист курсових проектів з навчальної дисципліни.

Об'єктами оцінювання є три складові: зміст, оформлення та захист курсового проекту.

№	Об'єкт оцінювання	Максимальна кількість балів, яку може одержати студент
1	Розкриття змісту курсового проекту	60
2	Оформлення курсового проекту	10
3	Захист курсового проекту	30

Критерії оцінювання змісту курсового проекту (0–60 балів):

- ступінь розкриття теоретичних аспектів проблеми, обраної для дослідження;
- наявність практичного висвітлення досліджуваної теми;
- логічний взаємозв'язок теоретичного матеріалу;
- наочність та якість ілюстративного матеріалу;
- дослідження вітчизняних та зарубіжних інформаційних джерел (літератури);
- рівень обґрунтування запропонованих рішень;
- ступінь самостійності проведеного дослідження;
- відповідність побудови роботи поставленим цілям і завданням.

Критерії оцінювання оформлення курсового проекту (0–10 балів):

- відповідність обсягу та оформлення роботи встановленим вимогам;
- наявність у додатках до роботи самостійно складених документів;
- посилання на використану літературу і нормативні документи.

Критерії оцінювання захисту курсового проекту (0–30 балів):

– уміння чітко, зрозуміло та стисло викладати основні засади проведеного дослідження;

– повнота, глибина, обґрунтованість відповідей на питання членів комісії за змістом роботи;

– ґрунтовність висновків та рекомендацій щодо практичного використання результатів дослідження.

Переведення даних 100-бальної шкали оцінювання в 4-бальну та шкалу ЄКТС здійснюється в такому порядку:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС
90–100	відмінно	A
82–89	добре	B
74–81		C
69–73	задовільно	D
60–68		E
35–59	Незадовільно – потрібно переробити роботу відповідно до визначених зауважень	FX
1–34	Незадовільно – потрібно підготувати роботу за новою темою	F

Курсовий проект складається з двох частин – аналітичної, де студент повинен розкрити теоретичне питання згідно з варіантом, та розрахункової, де студент має провести енергоаудит використання електроенергії в багатоквартирному будинку та розробити заходи з підвищення енергоефективності її використання. При формуванні завдань на курсовий проект вихідні дані для розрахункової частини були частково взяті з [21, 22].

Курсовий проект починається з вступного розділу – аналітичної частини, де студент аналізує задану тематику у сфері енергозберігаючих технологій та засобів упровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКО).

У розрахунковому розділі курсового проекту, згідно із заданою схемою електропостачання досліджуваного об'єкту (рис. 3.1), необхідно:

1) побудувати добові графіки навантаження активної, реактивної та повної потужності та розрахувати вартість використаної електроенергії заданим об'єктом;

2) вибрати трансформатори для цієї підстанції, кабельні лінії електропередач, які живлять житловий багатоповерховий будинок та насосну, а також розрахувати втрати в трансформаторах та КЕЛ;

3) розрахувати заходи енергозбереження в освітлювальних установках та розрахувати коефіцієнт несиметрії струмів та уточнені втрати в КЕЛ;

4) розрахувати компенсацію реактивної потужності та обґрунтувати доцільність встановлення компенсуючих пристроїв;

5) вибрати засоби безперебійного живлення даного об'єкту на основі сонячних електроустановок;

6) проаналізувати заходи з енергозбереження та ефективність їх впровадження.



## 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Таблиця 2.1 – Тематика теоретичної частини до курсового проекту

1	Енергетичний аудит
2	Сучасні проблеми енергозбереження
3	Екологічні проблеми енергетики
4	Основні параметри електроенергії
5	Організаційні заходи з енергозбереження
6	Сучасні системи обліку електроенергії
7	Системи контролю і обліку енергоресурсів. Види та функції
8	Економія теплової енергії
9	Упровадження когенераційних установок
10	Основні напрямки підвищення ККД електростанцій
11	Сонячні теплові системи
12	Напрями енергозбереження в системах електропривода
13	Характеристика енергетичних ресурсів України
14	Регулювання споживання електричної енергії
15	Використання або впровадження сучасних систем освітлювання
16	Переробка вторинних енергоресурсів. Утилізація
17	Технічні заходи енергоощадності
18	Основні напрямки зменшення втрат потужностей
19	Основні напрямки зменшення техногенного навантаження енергетики
20	Використання енергії вітру в Україні. Вітроелектростанції
21	Підключення об'єктів сонячної енергетики до єдиної мережі
22	Сучасні сонячні електростанції в Україні
23	Показники ефективності систем контролю енергоресурсів
24	Диференційований облік електроенергії в Україні
25	Системи контролю й обліку енергоресурсів. Базові технічні рішення

### 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок електричних навантажень об'єкта дослідження

##### 3.1.1 Загальний опис об'єкта дослідження

Об'єктом цього енергетичного обстеження є багатоквартирний будинок № АБ (останні дві цифри залікової книжки), схема електропостачання якого наведена на рис. 3.1.

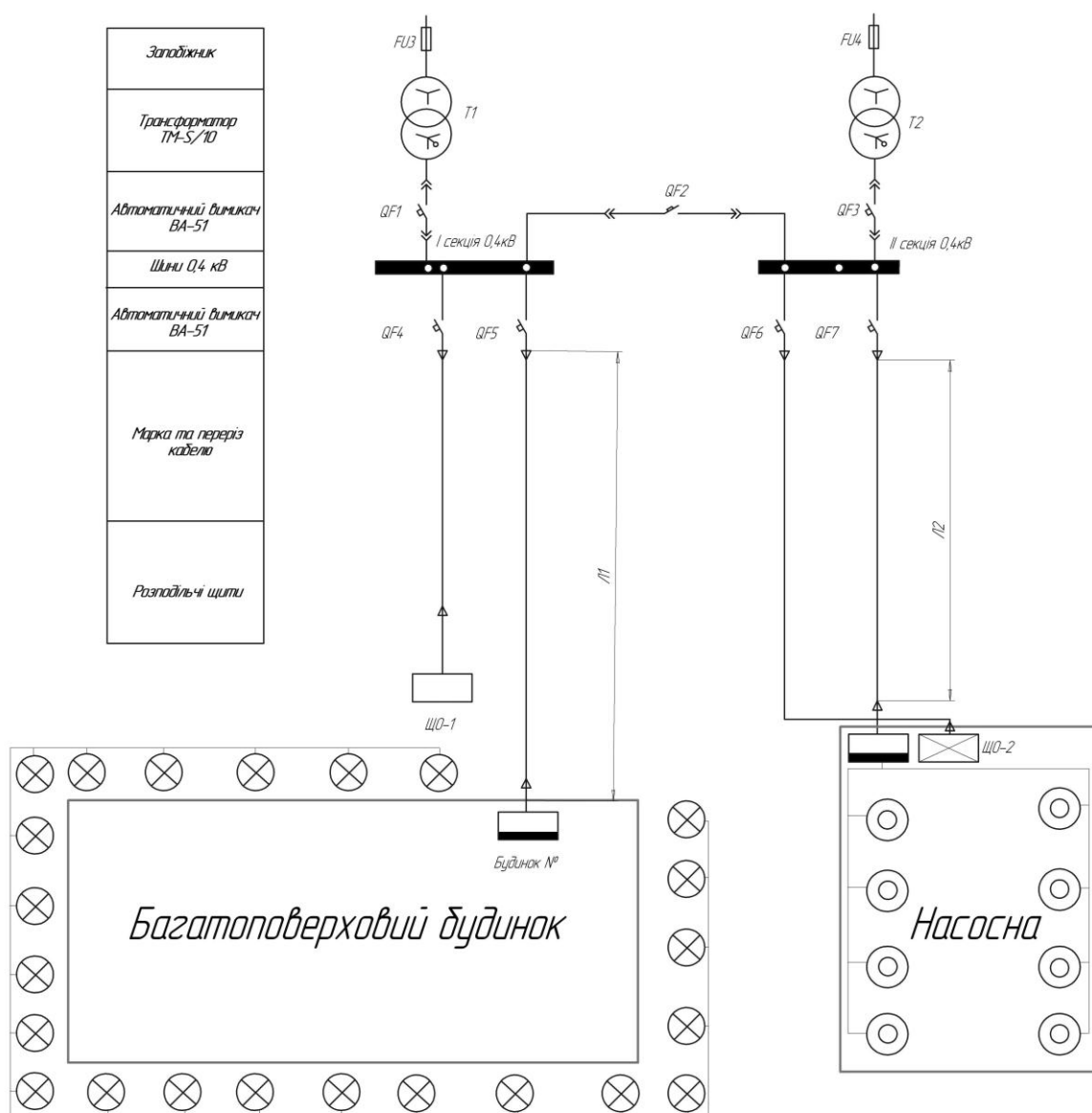


Рисунок 3.1 – Схема електропостачання об'єкта дослідження

### 3.1.2 Розрахунок сумарного споживання електроенергії об'єкта. Добові графіки споживання енергоносіїв

Навантаження даного об'єкту для зручності обстежень та розрахунків розділяємо на три частини: побутове навантаження, промислове навантаження та освітлювальне навантаження.

1. Визначити активну потужність побутового навантаження:

$$P_{p1} = aP_{\Sigma 1}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де  $P_{p1}$  – установлена активна потужність побутового навантаження об'єкта № АБ;  $a$  – кількість квартир об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.1);  $P_{\Sigma}$  – установлена активна потужність побутового навантаження однієї квартири об'єкта № АБ, для всіх варіантів завдання приймається однаковою (Додаток А, табл. А.2).

Прийняти, що до побутового навантаження належать основні побутові прилади, які вмикаються в певні періоди часу згідно з варіантом завдання (Додаток А, табл. А.4).

2. Визначити активну потужність промислового навантаження:

$$P_{p2} = nP_{\text{pump}} + gP_{\text{lift}}, \text{ кВт}, \quad (3.2)$$

де  $P_{p2}$  – установлена активна потужність промислового навантаження об'єкта № АБ;  $n$  – кількість насосів для подачі холодної та гарячої води об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.1);  $P_{\text{pump}}$  – установлена активна потужність одного насоса об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.3);  $g$  – кількість ліфтів об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.1);  $P_{\text{lift}}$  – установлена активна потужність одного механізму підйому ліфта об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.3).

Графік роботи промислового навантаження співпадає з графіком роботи побутового навантаження і вибирається згідно з варіантом завдання (Додаток А, табл. А.4).

3. Визначити активну потужність освітлювального навантаження:

$$P_{p3} = mP_1 + kP_2, \text{ кВт}, \quad (3.3)$$

де  $P_{p3}$  – установлена активна потужність освітлювального навантаження об'єкта № АБ;  $m, k$  – кількість ламп розжарювання та люмінесцентних ламп, що використовуються для освітлення об'єкта № АБ, вибирається згідно з варіантом (Додаток А, табл. А.1);  $P_1 = 100$  Вт – установлена активна потужність однієї лампи розжарювання об'єкта № АБ;  $P_2 = 80$  Вт – установлена активна потужність однієї люмінесцентної лампи об'єкта № АБ.

Освітлення (прибудинкове та освітлення в під'їздах) на даному об'єкті здійснюється лампами розжарювання та застарілими люмінесцентними лампами. Електроспоживання освітлювального навантаження об'єкта № АБ здійснюється за графіком згідно з варіантом завдання (Додаток А, табл. А.4).

4. Побудувати графіки електроспоживання побутовими, промисловими та освітлювальними споживачами заданого об'єкта № АБ.

Для цього розрахункові значення номінальних потужностей побутових  $P_{p1}$ , промислових  $P_{p2}$  та освітлювальних  $P_{p3}$  споживачів об'єкта приводимо у відповідність з відсотковими значеннями в різні періоди часу.

*Наприклад.*

Побутове та промислове навантаження змінюється згідно із заданим добовим графіком електропостачання (рис. 3.2).

Відповідно, розрахункові графіки електроспоживання побутовими та промисловими споживачами об'єкта № АБ матимуть вигляд графіків, зображених на рис. 3.3 і 3.4.

Освітлювальне навантаження змінюється згідно із заданим добовим графіком електропостачання (рис. 3.5).

Відповідно, розрахунковий графік електроспоживання освітлювальними споживачами об'єкта № АБ матиме вигляд (рис. 3.6):

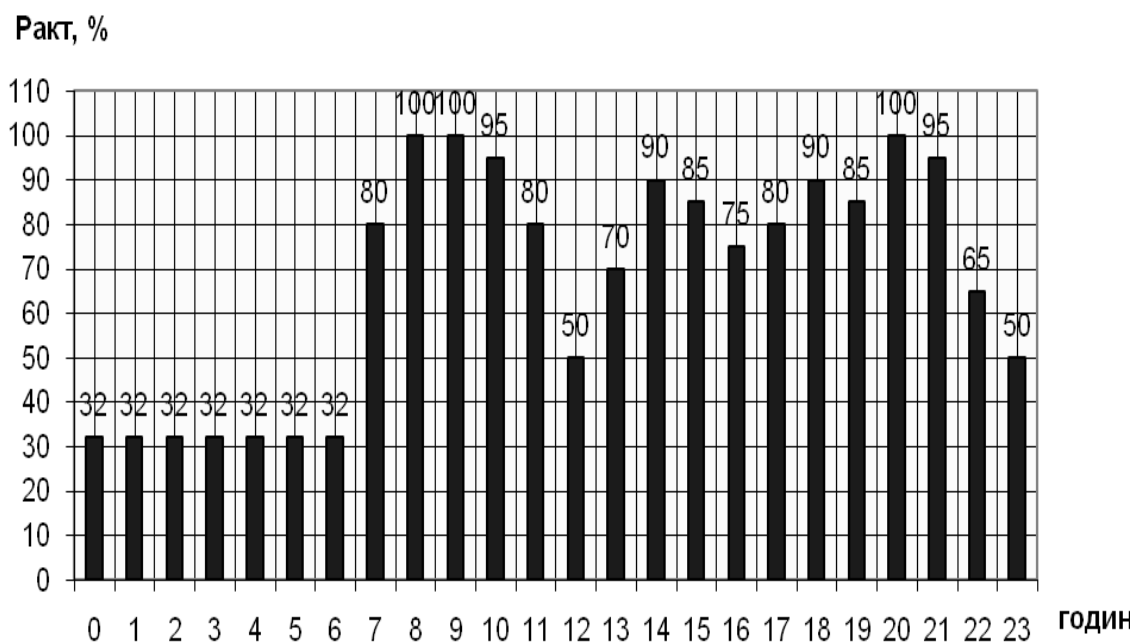


Рисунок 3.2 – Заданий графік побутового і промислового навантаження

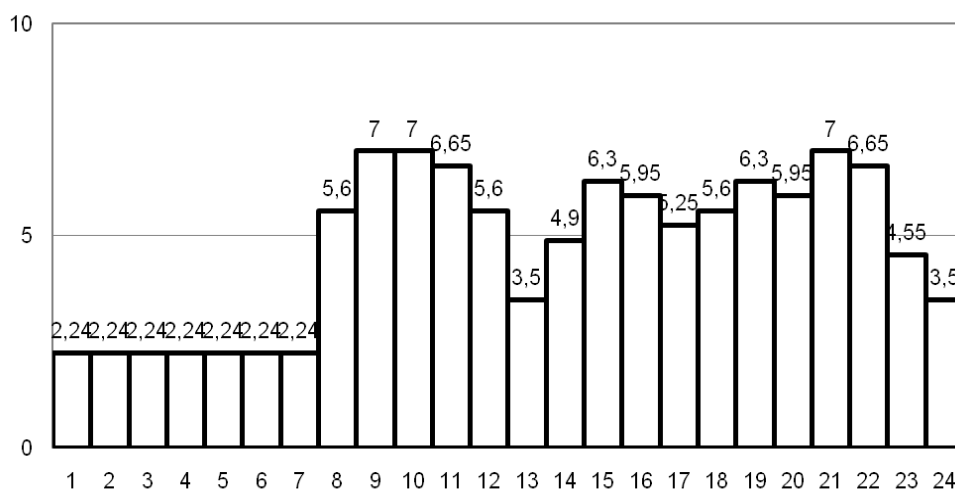


Рисунок 3.3 – Графік побутового електроспоживання об'єкта № АБ

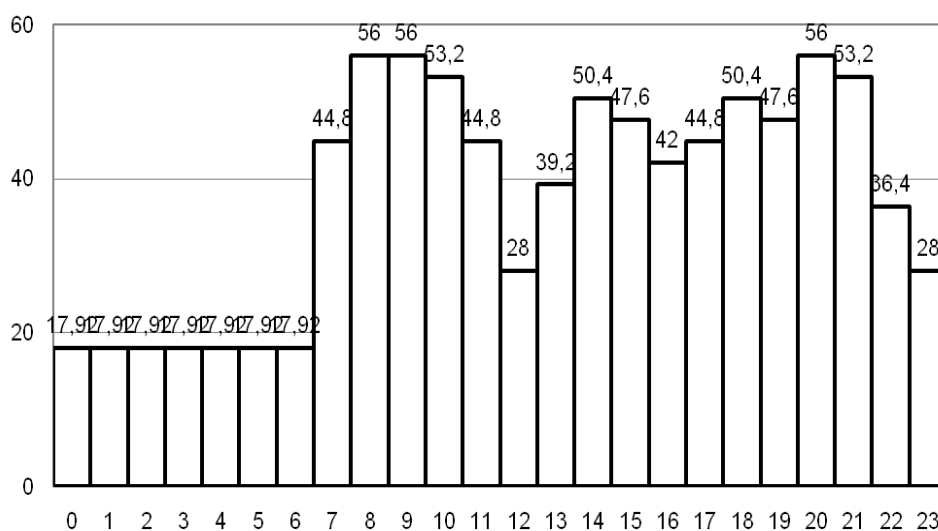


Рисунок 3.4 – Графік промислового електроспоживання об'єкта № АБ

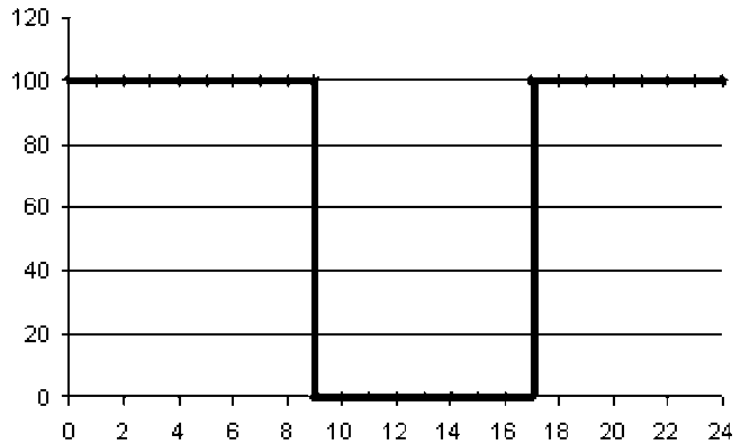


Рисунок 3.5 – Заданий графік освітлювального навантаження

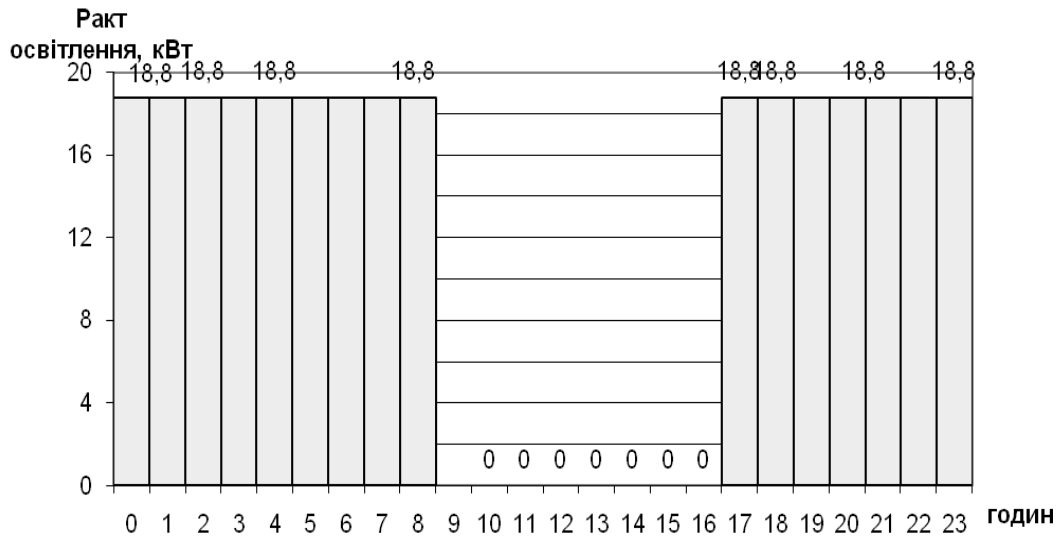


Рисунок 3.6 – Графік електроспоживання освітлення об'єкта № АБ

5. Побудувати сумарний графік активного навантаження об'єкта № АБ:

$$P_{\Sigma} = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3}, \text{ кВт.} \quad (3.4)$$

Розрахунки споживання сумарної активної потужності  $P_{\Sigma}$  звести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Сумарна активна потужність об'єкта № АБ

Час, год	1	2	3	4	5	...											...	22	23
$P_{\Sigma}$ , кВт																			

6. Розрахувати значення та побудувати графіки реактивного навантаження для побутових, промислових та освітлювальних споживачів заданого об'єкта № АБ.

Графіки реактивного навантаження для побутового, промислового та освітлювального навантаження розраховують на основі графіків активного навантаження. Реактивна потужність  $Q$  визначається за рівнянням:

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВАр}, \quad (3.5)$$

де  $P$  – потужність електроспоживачів, кВт;  $\varphi$  – кут зсуву між струмом та напругою відповідного споживача електричної енергії.

Відповідно, графіки реактивного навантаження будуємо за рівняннями:

- для побутових споживачів:  $Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi_{p1}$ ;
- для промислових споживачів  $Q_{p2} = P_{p2} \operatorname{tg} \varphi_{p2}$ ;
- для освітлювальних споживачів  $Q_{p3} = P_{p3} \operatorname{tg} \varphi_{p3}$ ,

де  $\varphi_{p1}$ ,  $\varphi_{p2}$ ,  $\varphi_{p3}$  – середньозважений кут зсуву для відповідно побутового, промислового та освітлювального споживачів (Додаток А, табл. А.3).

Реактивну потужність для кожного ступеня графіків побутового, промислового та освітлювального навантаження звести до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Сумарна реактивна потужність об'єкта № АБ

Час, год	0	1	2	3	4	...										...	22	23
$Q_{\Sigma}$ , кВт																		

Повну потужність для різних видів навантажень визначають за рівнянням:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(P_{\Sigma})^2 + (Q_{\Sigma})^2}, \text{ кВА}. \quad (3.6)$$

Отже, повну потужність об'єкта № АБ розрахувати за даними табл. 3.1 і

3.2, а також побудувати її графік.

Визначити найбільшу сумарну повну потужність об'єкту № АБ:

$$S_{\Sigma \max} = \sqrt{(\sum P_{\Sigma})^2 + (\sum Q_{\Sigma})^2}, \text{ кВА.} \quad (3.7)$$

3.1.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії за різними системами оплати

Економічна ефективність багатозонного обліку електричної електроенергії порівняно з однозонним залежить від форми добових графіків електричних навантажень споживачів і може бути визначена розрахунком з урахуванням чинних тарифів, диференційованих за періодами часу. Межі тарифних зон і тарифні ставки встановлює Національна комісія регулювання енергетики України.

Розрахунки зі споживачами (крім населення і населених пунктів), в яких установлені лічильники, диференційовані за періодами часу, здійснюються, виходячи з рівня роздрібних тарифів на електроенергію, установлених для відповідних класів споживачів. Ставка тарифу для кожного періоду часу визначається шляхом множення встановленого роздрібного тарифу для споживачів відповідного класу на тарифний коефіцієнт. Для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, для кожного періоду (нічний, денний, напівпіковий, піковий) та всіх сезонів установлені нижченаведені тарифні коефіцієнти та тривалість періодів (НКРЕ від 13.06.2016 р. № 1129 «Про затвердження Порядку ринкового формування роздрібних тарифів на електричну енергію, що відпускається споживачам», від 24.04.2017 р. № 538 «Про ринкове формування роздрібних тарифів на електричну енергію, що відпускається для кожного класу споживачів, крім населення, на території України»).

За наявності диференційованого обліку споживання електроенергії за періодами часу приймаються такі тарифні коефіцієнти (табл. 3.3 і 3.4).



Таблиця 3.3 – Тарифна сітка для побутових споживачів

Період часу	Тривалість, год	Тарифний коефіцієнт
Двотарифний тариф		
Денний (7.00–23.00)	16	1
Нічний (23.00–7.00)	8	0,5
Тризонний тариф		
Максимального навантаження енергосистеми (8.00–11.00; 20.00–22.00)	5	1,5
Напівпіковий (7.00 –8.00; 11.00–20.00; 22.00–23.00)	11	1
Нічний (23.00–7.00)	8	0,4

Таблиця 3.4 – Тарифна сітка для промислових споживачів

Період часу	Тривалість, год	Тарифний коефіцієнт
Двотарифний тариф		
Денний (7.00–23.00)	16	1,35
Нічний (23.00–7.00)	8	0,35
Тризонний тариф		
Максимального навантаження енергосистеми (8.00–11.00; 20.00–22.00)	5	1,8
Напівпіковий (7.00 –8.00; 11.00–20.00; 22.00–23.00)	11	1,02
Нічний (23.00–7.00)	8	0,25

Промислові споживачі, робочі процеси яких спроможні будуватися на використанні електроенергії нічних тарифів, майже освоїли пільговий нічний тариф, чого не можна сказати про побутових споживачів. Низька поінформованість населення про існування багатозонних тарифів і умов їх

використання стримує впровадження електротеплоакумуляційного (ЕТА) обігріву в побуті [6].

У результаті впровадження багатозонного обліку електроенергії можна одержати економічний ефект за рахунок застосування електронних лічильників і зменшення плати за спожиту електроенергію порівняно з однозонним обліком. Крім того, за рахунок вирівнювання графіків електричних навантажень зменшуються втрати електроенергії в системах електропостачання. На базі електронних лічильників можна створити автоматизовані системи керування електропостачанням (АСКОЕ) і підвищити точність розрахунку спожитої електроенергії.

Добове споживання електроенергії визначається за виразом:

$$\begin{aligned} W_d &= Pt, \text{ кВт}\cdot\text{год}; \\ W_r &= Qt, \text{ кВАр}\cdot\text{год}, \end{aligned} \tag{3.8}$$

де  $P$  – активна потужність електроспоживачів, кВт;  $Q$  – реактивна потужність електроспоживачів, кВАр;  $t$  – тривалість роботи електроспоживачів, год.

Розрахунки вартості електроенергії для населення проводять за споживанням активної потужності, тобто за значенням  $W_d$ .

Вартість спожитої за добу електроенергії за простим одноставковим тарифом становить:

$$C_d = C_0 W_d, \text{ грн}, \tag{3.9}$$

де  $C_0$  – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим тарифом (по зонах А, В, С) визначається за виразом:

$$C_d^* = \sum C_i W_i, \text{ грн}, \tag{3.10}$$

де  $C_i$ ,  $W_i$  – відповідно тариф та кількість спожитої електричної енергії у відповідній зоні.

Добова економія вартості спожитої електроенергії з переходом на гнучкий диференційований тариф складе:

$$\Delta C_d = C_d - C_d^*, \text{ грн.} \quad (3.11)$$

Економія коштів за рік складе

$$\Delta C_p = 365 \times \Delta C_d, \text{ грн.} \quad (3.12)$$

1. Розрахувати добове споживання електроенергії об'єкта № АБ за різними системами оплати: за одноставковим, дво- і триставковим тарифами.

Розміри діючих тарифів на електроенергію прийняти за даними енергоуправляючої компанії ПАТ «Полтаваобленерго» згідно з [1].

2. Визначити найбільш прийнятний тариф сплати за використану електроенергію в житловому будинку.

3. Розрахувати економію коштів від переходу на обраний тариф.

3.1.4 Розрахунок терміну окупності витрат з переходом на новий диференційований тариф розрахунку за спожиту електроенергію

Час, за який економія коштів від переходу на диференційований тариф «покриє» витрати на придбання лічильника, називається терміном окупності. Його можна визначити за виразом:

$$T = \Delta K / \Delta C_p, \text{ рік,} \quad (3.13)$$

де  $T$  – термін окупності;  $\Delta K$  – різниця вартості лічильників, грн;  $\Delta C_p$  – економія вартості електроенергії за рік, грн.

Різниця вартості лічильників розраховується за рівнянням [6]:

$$\Delta K = K_1 - K_2, \text{ грн,} \quad (3.14)$$

де  $K_2$  – вартість нового устаткування, грн;  $K_1$  – вартість первинного устаткування, грн.

Розрахувати термін окупності витрат з переходом на новий диференційований тариф розрахунку за спожиту електроенергію. У цих розрахунках вартість нового устаткування прийняти:  $K_2 = 2700$  грн. (2300 грн – вартість лічильника, 400 грн – вартість робіт з його встановлення), а вартість первинного устаткування  $K_1 = 0$ , оскільки воно вже встановлене.

## 3.2 Обстеження поточного стану енергетичних систем об'єкта

### 3.2.1 Вибір трансформаторів та розрахунок втрат у трансформаторах

Потужність трансформаторів у нормальному режимі має бути такою, щоб забезпечити живлення всіх споживачів, приєднаних до цієї підстанції, а в аварійному режимі всіх відповідальних споживачів першої і другої категорії надійності.

Для живлення електроприймачів об'єкта № АБ встановлено двотрансформаторну підстанцію. Під час установки на знижувальній підстанції двох трансформаторів їх номінальну потужність вибирають такою, щоб у разі вимкнення одного з них інший міг забезпечити електропостачання споживачів першої та другої категорії надійності з допустимим перевантаженням. Відповідно до правил технічної експлуатації в післяаварійних режимах допускається перевантаження трансформаторів на 40 % (але не більше 6 годин на добу протягом 5 діб). У нормальному режимі навантаження трансформаторів має складати 60–70 % від сумарного навантаження підстанції.

1. Розрахувати потужність та вибрати трансформатори силової понижувальної підстанції.

Номінальна потужність кожного з трансформаторів підстанції:

$$S_{\text{rat.T}} = 0,6k_h S_{\text{max}}, \text{ кВА}, \quad (3.15)$$

де  $S_{\text{max}}$  – повна потужність об'єкта № АБ згідно з (3.6), кВА;  $k_h = 4$  – кількість однотипових об'єктів, підключених до підстанції (вважати, що підстанція подає живлення до чотирьох однотипових багатоквартирних будинків).

2. Вибрати трансформатори силової понижувальної підстанції з відповідної довідникової літератури.

3. Визначити найбільш ефективне відгалуження вибраного трансформатора та його вторинні напруги за умови, що на початку лінії в режимі найбільшого та в режимі найменшого навантажень підтримується напруга 10,63 і 10,26 кВ відповідно (Додаток Б). У цьому разі напруга на шинах

0,4 кВ має підтримуватися в межах 385–400 В. Заступна схема ділянки мережі наведена на рис. 3.7.

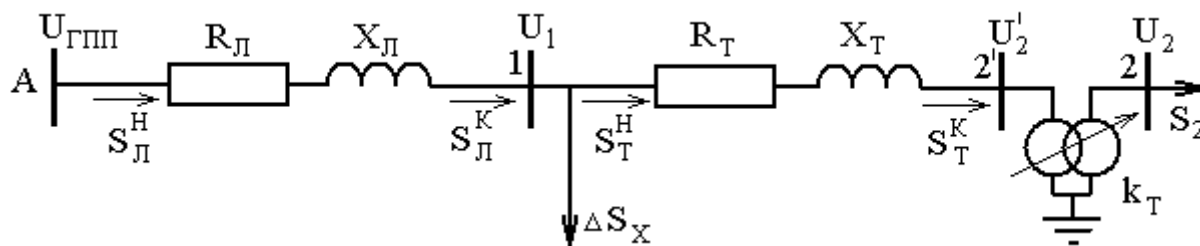


Рисунок 3.7 – Заступна схема ділянки мережі

Параметри лінії:  $R_L = 6,23$  Ом;  $X_L = 2,93$  Ом.

Параметри  $R_T$ ,  $X_T$  та  $\Delta S_X = \Delta P_T + j\Delta Q_T$  прийняти згідно з вибраним трансформатором. Параметри навантаження: максимальне –  $S_1 = 4S_{\max}$ , мінімальне –  $S_2 = S_{\max}$ .

3.2.2 Розробка рекомендацій для зменшення втрат потужності. Вибір компенсаційних пристроїв

Генерування споживачами реактивної потужності призводить до додаткових втрат активної потужності в мережі, які, за низьких значень  $\cos\phi$ , становлять значну частку мінімальних технологічних витрат у мережі на транспортування активної енергії. Зокрема, за  $\tan\phi = 1$  ( $\cos\phi = 0,707$ ) втрати потужності зростають у 2 рази. Додаткові втрати активної потужності мають місце за будь-якого напрямку перетоку реактивної потужності.

Для компенсації реактивних навантажень застосовують:

- конденсаторні батареї;
- синхронні машини (двигуни, генератори, компенсатори);
- статичні пристрої компенсації.

Основними перевагами конденсаторних батарей є невеликі втрати потужності та малі габарити. До їх недоліків належать:

- складність регулювання потужності;
- квадратична залежність генерованої потужності від напруги;
- чутливість до перевищення напруги;
- чутливість до вищих гармонічних складових струмів.

Синхронні двигуни дозволяють плавно регулювати реактивну потужність і забезпечують можливість як генерування, так і споживання її.

Додаткові втрати в синхронних двигунах, пов'язані з генеруванням реактивної потужності, є достатньо значними й складають 2,5–3,5 % від генерованої потужності. Серед синхронних двигунів ефективнішими джерелами реактивної потужності є швидкохідні машини.

Статистичні компенсувальні пристрої – це установки, які дозволяють у широких межах регулювати генерування або й споживання реактивної потужності. До їх складу входять конденсаторні батареї, регулювальний пристрій, у більшості випадків вентильного типу, та реактор, які найчастіше застосовуються у тих випадках, коли необхідно швидко регулювати реактивну потужність, наприклад, для зменшення коливань напруги.

Місце встановлення компенсаторів реактивної потужності вибирається ближче до джерела її споживання таким чином, щоб забезпечити мінімальні втрати активної потужності в мережі від передачі реактивної. Остаточні місця встановлення компенсаторів визначаються завдяки розрахунку для конкретної схеми електропостачання.

Зменшення реактивних навантажень електропостачання може бути досягнуто:

- заміною малозавантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності (для  $K_3 < 0,45$  така заміна є доцільною, а для  $K_3 > 0,7$  – недоцільною);
- зменшенням напруги живлення асинхронних двигунів, що систематично працюють з малим навантаженням, перемиканням обмоток двигуна, встановленням регулювальних автотрансформаторів, реактивних елементів, використанням тиристорних регуляторів напруги та перетворювачів частоти;

- обмеженням тривалості неробочого ходу асинхронних двигунів;
- забезпеченням високої якості ремонту двигунів;
- заміною асинхронних двигунів на синхронні;
- забезпеченням оптимального завантаження силових трансформаторів;
- застосуванням найбільш раціональної силової схеми керованих вентильних перетворювачів;
- застосуванням електричних ліній з низьким індуктивним опором;
- зменшенням кількості трансформацій напруги.

Втрати активної потужності в мережі визначаються так:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_m = \frac{P^2}{U^2} r_m (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) = \Delta P_p + \Delta P_Q, \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

де  $r_m$  – активний опір мережі, Ом;  $\operatorname{tg} \varphi = Q/P$  – коефіцієнт реактивної потужності;  $\Delta P_p$ ,  $\Delta P_Q$  – втрати в мережі, зумовлені передачею відповідно до активної й реактивної потужностей, кВт;  $U$  – напруга мережі живлення.

Втрати в конденсаторних установках визначаються за реактивною потужністю і кутом діелектричних втрат  $\delta$ :

$$\Delta P_k = \operatorname{tg} \delta Q_k, \text{ кВт}. \quad (3.17)$$

Чисельне значення  $\operatorname{tg} \delta$  для основних типів конденсаторів знаходиться в межах 0,0025–0,0045, тобто втрати в конденсаторних установках знаходяться в межах 0,25–0,45 % від генерованої реактивної потужності.

1. Розрахувати номінальну потужність конденсаторної батареї для забезпечення значення коефіцієнта потужності  $\cos \varphi = 0,95$  для  $U = 380$  В.

Потужність конденсаторної батареї розраховують за виразом:

$$Q_{\text{cap}} = P_{\text{cp}} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \text{ кВАр}, \quad (3.18)$$

де  $P_{\text{cp}}$  – середньодобове активне навантаження об'єкта № АБ, кВт;  $\operatorname{tg} \varphi_1$  – значення коефіцієнта реактивної потужності до встановлення компенсаційних пристроїв;  $\operatorname{tg} \varphi_2$  – значення коефіцієнта реактивної потужності після встановлення компенсаційних пристроїв:

$$P_{cp} = W_d / 24, \text{ кВт}; \quad (3.19)$$

$$\text{tg}\varphi_1 = W_r / W_d; \quad (3.20)$$

$$\text{tg}\varphi_2 = (1 - 0,95^2) / 0,95 = 0,32, \quad (3.21)$$

де  $W_d$ ,  $W_r$  – відповідно добове споживання активної та реактивної електроенергії згідно з (3.8), кВт·год і кВАр·год.

2. Вибрати конденсатори з відповідних електротехнічних довідників та каталогів фірм-виробників компенсаторів реактивної енергії.

Вибрати тип конденсатора за розрахунковою потужністю  $Q_{cap}$  для напруги  $U = 380$  В. У разі відсутності конденсатора необхідної потужності розрахувати необхідну кількість конденсаторів у батареї:

$$N = Q_{cap} / Q_{rat}, \text{ кВАр}, \quad (3.22)$$

де  $Q_{rat}$  – номінальна потужність одного конденсатора.

3. Розрахувати термін окупності конденсаторної установки.

Аналогічно до п.п. 3.1.4 розрахувати термін окупності конденсаторної батареї можна за виразом:

$$T_1 = K_1 / \Delta C_1, \text{ рік}, \quad (3.23)$$

де  $K_1$  – вартість конденсаторної батареї, грн;  $\Delta C_1$  – економія вартості електроенергії за рік зі встановленими конденсаторними батареями, грн.

Економія вартості електроенергії за рік зі встановленими конденсаторними батареями розраховується за виразом:

$$\Delta C_1 = 365 \cdot 24 (\Delta P_{\text{tg}\varphi_1} - \Delta P_{\text{tg}\varphi_2}) C_0, \text{ грн}, \quad (3.24)$$

де  $\Delta P_{\text{tg}\varphi_1}$  – втрати активної потужності в мережі до встановлення конденсаторних батарей, розраховується за (3.16) зі значенням  $\text{tg}\varphi_1$  згідно (3.20), кВт;  $\Delta P_{\text{tg}\varphi_2}$  – втрати активної потужності в мережі після встановлення конденсаторних батарей, розраховується за (3.16) зі значенням  $\text{tg}\varphi_2$  згідно з (3.21), кВт;  $C_0$  – тариф на електроенергію, грн/кВт·год (п.п. 3.1.3).



### 3.3 Вибір заходів підвищення енергоефективності в системах освітлення та розрахунок їх окупності

Штучне освітлення приміщень може бути забезпечене люмінесцентними лампами і лампами розжарювання з відповідною арматурою, що дає розсіяне світло.

Компактні люмінесцентні лампи мають низку переваг:

- менше споживання потужності до 80 % у разі тієї ж кількості світла;
- у 8 разів більший термін служби порівняно з лампами розжарювання (приблизно 10000 годин);
- низькі затрати на обслуговування;
- світло ідентичне світлу лампи розжарювання.

На об'єкті № АБ встановлено  $m$  ламп розжарювання потужністю 100 Вт кожна та  $n$  старих люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт. Лампи цього типу мають обмежений термін служби, є найменш енергоефективними.

1. Розрахувати добову вартість споживання електричної енергії освітлювальними споживачами об'єкта № АБ за існуючого обладнання (3.3) згідно з варіантом завдання (Додаток А):

Вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим тарифом (по зонах А, В, С) визначається за виразом:

$$C_{dl}^* = \sum C_i W_{p3}, \text{ грн}, \quad (3.25)$$

де  $C_i$ ,  $W_{p3}$  – відповідно тариф та кількість спожитої електричної енергії освітлювальними споживачами у відповідній зоні.

Тарифну сітку для розрахунку прийняти згідно з вибраним диференційованим тарифом (п.п. 3.1.3). Кількість спожитої електричної енергії  $W_{p3}$  освітлювальними споживачами розрахувати згідно із завданням (Додаток А).

2. Розрахувати добову вартість споживання електричної енергії освітлювальними споживачами об'єкта № АБ з модернізацією системи

освітлення.

У системі освітлення треба провести заміну люмінесцентних ламп потужністю 80 Вт на енергозберігаючі люмінесцентні лампи потужністю 20 Вт, лампи розжарювання потужністю 100 Вт на енергозберігаючі люмінесцентні лампи потужністю 30 Вт. Вартість спожитої за добу електроенергії  $C_{d2}^*$  за модернізації системи освітлення об'єкта № АБ виконати аналогічно пункту 1.

3. Розрахувати термін окупності модернізації системи освітлення.

Добова економія вартості спожитої електроенергії з модернізацією системи освітлення складе

$$\Delta C_d^* = C_{d1}^* - C_{d2}^*, \text{ грн.} \quad (3.26)$$

Економія коштів за рік складе

$$\Delta C_p^* = 365 \times \Delta C_d^*, \text{ грн.} \quad (3.27)$$

Капітальні витрати на модернізацію системи освітлення:

$$K = mC_{L1} + kC_{L2}, \text{ грн,} \quad (3.28)$$

де  $C_{L1}$ ,  $C_{L2}$  – відповідно вартість однієї люмінесцентної лампи потужністю 80 і 20 Вт.

Тоді термін окупності:

$$T_2 = \Delta C_p^* / K, \text{ рік.} \quad (3.29)$$

### 3.4 Вибір електроустановки на сонячних батареях

Характеристики сонячних панелей (батареї) можна розділити на технічні та якісні. До основних технічних характеристик належать номінальна напруга, потужність, ККД, тип кристалу (полі- або моно-) До якісних – клас панелі (Grade A, B, C), рейтинг виробника (Tier 1, 2, 3), гарантійні умови.

Технічні характеристики [2].

*Напруга сонячних панелей.* Більшість сонячних панелей розраховані на номінальну напругу 12 або 24 В. Значення 24 Вольт є номінальним. Насправді 24-вольтова панель має в неробочому ході (без навантаження) напругу

30–35 В, з поступовим збільшенням навантаження напруга падає до 25–27 В. Напруга сонячних панелей має значення тільки в автономних станціях, де треба узгоджувати напругу панелей з напругами інвертора та акумуляторів. Для мережних станцій, де необхідна напруга на вхід інвертора 200–1000 В послідовно набирається необхідна кількість фотомодулів. Наприклад, для мережного інвертора Omron 10 кВ переважно під'єднують 2 контури (фідери) по двадцять 24-вольтових фотомодулів. Зранку, коли проміння потрапляє на панелі під гострим кутом (відповідно панелі генерують невелику потужність), такий контур має напругу 700–800 В. Опівдні під повним навантаженням напруга падає до 500 Вольт.

*Потужність.* Потужність панелей вибирається за середньомісячним виробленням електроенергії. Наприклад, сонячні панелі потужністю 1 кВт генерують до 30 кВт·год кожного місяця взимку та 120–150 кВт·год кожного місяця влітку, або 1100 кВт·год протягом року. Більша або менша кількість панелей генерує пропорційно більше або менше електроенергії.

*Коефіцієнт корисної дії панелей.* Це процент сонячної енергії, що фотомодуль перетворює в електричну. У сонячних панелей за помірну ціну ККД складає 14–19 %, за завищену ціну – 20–23 %, теоретичні розробки вже є до 40 %. Сонячні панелі з більшим ККД мають більшу встановлену потужність на ту саму площу панелей. Наприклад, дві 10-кіловатні сонячні станції тієї ж якості, але з ККД відповідно 14 і 20 %, будуть виробляти ту ж саму кількість електроенергії, але одна буде займати 65 м<sup>2</sup> площі даху, а інша – 54.

*Тип кристалу (полі- або моно-)* – монокристалічні панелі виробляють більше електроенергії, але дорожчі, полікристалічні – навпаки. Якщо в пріоритеті окупність електроустановки – краще підійдуть полікристалічні панелі, якщо максимум потужності – монокристалічні фотомодулі.

Якісні характеристики [2].

*Клас якості сонячних панелей Grade A, B, C.* Кожна компанія-виробник сонячних панелей має власну лабораторію, де перевіряє виготовлені сонячні кластери на видимі та приховані дефекти. Якщо панель без дефектів – це

панель класу А. Якщо є деякі невидимі дефекти, які дещо знижують продуктивність та можуть знизити потенційний термін служби, це панель класу В. Якщо дефектів трохи більше – це панель класу С. Якщо дефектів більше за певну допустиму межу, кластери відправляють в утилізацію.

*Рейтинг виробника Tier.* Деякі компанії, такі як Bloomberg, створюють для своїх клієнтів (великих інвесторів) рейтинги компаній-виробників сонячних модулів. Цей рейтинг допомагає вибрати вигідні компанії для інвестування в сонячну енергетику. Виробники категорії Tier1 – це надвеликі компанії, які мають повний цикл виробництва сонячних панелей від вирощення кристалів до готового виробу. Також вони проводять повний контроль виготовленого продукту та вкладають великі кошти в дослідження та розвиток. Виробники категорії Tier2 можуть закуповувати на стороні деякі елементи сонячних панелей, вкладати менше коштів в дослідження, проте також проводять повний контроль власного продукту. Виробники категорії Tier3 – невеликі компанії, які в основному займаються збиранням панелей з комплектуючих інших виробників, зазвичай з кластерів класу В. Типові представники Tier1 – Trina solar, Ja solar, Jinko solar. Типові представники Tier2 – Perlight solar (Altek), Solar World.

*Гарантійні умови.* Типові гарантійні умови на фотомодулі: 2–10 років на корпус, 10 років гарантії на 90 % ефективності панелі, 20–25 років на 80 % ефективності панелі. Але це все гарантії від заводу-виробника. Як правило, завод має офіційне представництво в Україні, тому імпортер дає власну гарантію.

Крім того, важливим є вибір режиму використання енергосистеми [3], тому вона має бути збалансованою завдяки правильно розрахованим та підібраним складовим, таким як: первинний перетворювач (фотоелектрична панель), контролер заряду, акумулятор та інвертор.

Залежно від рівня енергозабезпечення об'єкту розрізняють такі режими використання енергосистеми:

– повний – покриває 100 % щомісячних енергозатрат;

- комфортний – покриває від 70 % щомісячних енергозатрат;
- помірний – покриває від 50 % щомісячних енергозатрат;
- базовий – покриває від 30 % щомісячних енергозатрат;
- аварійний – покриває до 30 % щомісячних енергозатрат.

1. Визначити необхідну щомісячну кількість електроенергії, яку має виробляти сонячна електростанція для режиму автономного забезпечення об'єкту № АБ згідно з варіантом. Дані представити у формі табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Кількість електроенергії, яку має виробляти сонячна електростанція

Щомісячне споживання електроенергії											
Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.

2. Визначити, наскільки відповідна місцевість придатна для розташування сонячних батарей за картою освітленості згідно з [2].

3. Визначте максимально можливу площу, що може зайняти сонячна мініелектростанція, згідно з варіантом завдання, та орієнтовну кількість електроенергії, при цьому:

- звертайте увагу на виробника сонячної батареї, а також на матеріал, з якого виготовлений фотоелектронний елемент модулів. Це може бути полікристалічний або монокристалічний кремній. Від цього залежить ціна, ККД, а також тривалість служби батареї. Монокристалічний кремній – матеріал, стійкий до різних агресивних дій, ККД батарей, виготовлених з нього, може збільшуватися до 20;

- велике значення має і структура поверхні скла, на якому ламінуються фотоелементи. Гладке скло відбиває частину прямого сонячного випромінювання і велику частину розсіяного. Текстуроване, низькорекфлекторне – збирає дифузійне випромінювання і не відбиває прямі сонячні промені. Потужність вхідного оптичного опромінювання збільшується на

12–15. Загартоване скло значно підвищує надійність конструкції сонячних батарей;

– важливе значення має робоча напруга. Вибираючи сонячні батареї на 24 або 48 В, ви прирікаєте себе на ретельний підбір однакових акумуляторів (АКБ).

4. Виберіть додаткове обладнання мініелектростанції, наприклад, користуючись [2].

Для того, щоб система із сонячних батарей працювала і подавала енергію в мережу, потрібно встановити низку додаткових електроприладів, зокрема:

– інвертор, що перетворює постійний струм у змінний;

– акумуляторну батарею, яка має накопичувати енергію і згладжувати перепади напруги через зміну освітленості;

– контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитися або розрядитися завчасно.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.poe.pl.ua/index.php?r=customers/tariff&id=118>
2. <http://ishop.sutem.com.ua/articles/blog/gradetier>
3. Люке А. Европейский рынок отопительного оборудования – ориентация на высокоэффективные технологии и возобновляемые источники энергии / А. Люке // Энергосбережение. – 2007. – № 4. – С. 57–58.
4. Беллокио Д. Электронные счетчики / Д. Беллокио // Энергосбережение. – 2007. – № 3. – С. 64–68.
5. Дэвинс Д. Энергия / Д. Дэвинс: пер. с английского – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 360 с.
6. Жарков В. Я. Економія електроенергії в побуті. / В. Я. Жарков. – Мелітополь : ТДАТУ, 2004. – 63 с.
7. Жарков В. Я. Енергозбереження і енергоменеджмент в АПК / В. Я. Жарков. – Мелітополь : ТДАТУ, 2006. – 38 с.
8. Ковалев И. Н. К вопросу об экономической эффективности двухтарифных счетчиков электроэнергии / И. Н. Ковалев // Энергосбережение. – 2007. – № 4. – С. 53–55.
9. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Украины. // ВВР Украины. – 1994. – № 21. – С. 133.
10. Костышева Н. О. О тарифах для населения и не только / Н. О. Костышева // Энергетическая политика Украины. – 2005. – № 10. – С. 20–24.
11. Лозинський Д. Й. Існуючий стан і перспективи законодавчого регулювання електрообігріву в Україні / Д. Й. Лозинський, М. П. Тимченко // Енергетика та електрифікація. – 2007. – № 10. – С. 31–41.
12. Тарифи на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам // Постанова НКРЕ від 10.03.1999р. № 309 (у редакції постанови НКРЕ від 20.2006, № 926).
13. [http://postroi.kiev.ua/ua/novini\\_budvnictva/datchiki-ruxu.html](http://postroi.kiev.ua/ua/novini_budvnictva/datchiki-ruxu.html)

14. ДБН В.2.3–5–2001, розділ 7 «Зовнішнє освітлення».
15. ДБН В.2.5–28–2006, розділ «Зовнішнє освітлення міських і сільських поселень».
16. ДБН В.2.5–23:2010, розділ «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».
17. <http://www.energoportal.ru/articles/elektronnyj-puskoreguliruyuschij-apparat-epra-1930.html>.
18. Sturm R. Managing for Impact: Lessons from the Implementation of the Seven-Country IFC Efficient Lighting Initiative // Proceeding of «Right Light 6» Conference, Shanghai, Mai 2005.
19. Chen Jansheng. China's Lighting Industry: Making Efficient & Affordable Lighting Products. Proceedings // Proceeding of «Right Light 6» Conference, Shanghai, Mai 2005.
20. Практичний посібник. «Енергоефективний будинок крок за кроком». Книга 3. «Крок третій : Капітальний ремонт і термомодернізація будинку». – Київ, 2011. – 144 с.
21. Дудюк Д. Л. Нетрадиційна енергетика : основи теорії та задачі: навч. посіб. / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, Я. М. Гнатишин. – Львів : Магнолія 2006, 2008. – 188 с.
22. Михайлів М. І., Бацала Я. В. Нетрадиційні джерела енергії та основи енергозаощадження. Методичні вказівки для практичних занять з курсу. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2011. – 47 с.
23. [http://ecost.lviv.ua/ua/son\\_fotom.html](http://ecost.lviv.ua/ua/son_fotom.html)
24. <http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>
25. <http://www.siriusone.net/>
26. <http://www.agro-business.com.ua/component/content/article/1268.html>
27. <http://www.АТАВА.com.ua>
28. <http://energetyka.com.ua>
29. <http://www.solareview.blogspot.com>
30. <http://www.slideshare.net>



Таблиця А.1 – Вихідні дані згідно з варіантом завдання

№ варіанта	Кількість квартир, а	Кількість насосів, п	Кількість ліфтів, g	Кількість ламп розжарювання, m	Кількість люм-них ламп, k
1	40	2	2	4	60
2	60	2	3	6	80
3	80	2	4	8	100
4	72	4	2	4	120
5	102	4	3	8	140
6	144	4	4	10	160
7	144	6	2	12	80
8	216	6	3	14	120
9	288	6	4	6	200
10	96	6	2	8	100
11	144	9	3	8	60
12	192	9	4	8	60
13	240	12	5	12	80
14	288	12	6	14	100
15	16	4	2	10	40
16	24	6	3	6	40
17	32	6	4	4	60
18	20	2	2	12	20
19	30	2	3	20	60
20	40	2	4	22	80
21	72	6	4	18	120
22	10	6	2	14	20
23	30	6	3	16	30
24	40	4	4	10	40
25	60	8	2	8	60

Таблиця А.2 – Побутове навантаження однієї квартири об'єкта № АБ

№	Назва споживача	Кільк.	Встановлена потужність, Вт	Коефіцієнт потужності	Сумарна потужність, Вт
1	Пральна машина	1	2000	1	
2	Електрична праска	1	1500	1	
3	Пилосос	1	1500	0,85	
4	Мікрохвильова піч	1	2500	1	
5	Телевізор	2	100	0,9	
6	Освітлення в квартирі	10	12	1	
7	Комп'ютер	2	500	0,9	
8	Холодильник	1	150	0,8	
9	Разом			$\cos\varphi_{\Sigma}^*$	$P_{\Sigma}$

\*  $\cos\varphi_{\Sigma} = \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \dots \cos\varphi_8$ .

Таблиця А.3 – Дані про потужність електроприводів насосу та ліфту

№ варіанта	Потужність ЕП насосу, $P_{\text{pump}}$	Потужність ЕП ліфту, $P_{\text{lif}}$	№ варіанта	Потужність ЕП насосу, $P_{\text{pump}}$	Потужність ЕП ліфту, $P_{\text{lif}}$
1	28	3	14	36	4
2	28	3	15	36	4
3	28	3	16	36	4
4	28	3	17	36	4
5	28	3	18	14	4
6	14	5	19	14	4
7	14	5	20	14	4
8	14	5	21	14	4
9	14	5	22	28	5
10	14	5	23	28	5
11	14	5	24	28	5
12	36	5	25	36	5
13	36	5			

Таблиця А.4 – Дані про графіки побутових, промислових і освітлювальних споживачів об’єкта дослідження

№ варіанта	Поб. і пром. споживачі	Освітлення	№ варіанта	Поб. і пром. споживачі	Освітлення
1	Рис. А.1	Рис. А.11	14	Рис. А.4	Рис. А.12
2	Рис. А.2	Рис. А.12	15	Рис. А.5	Рис. А.13
3	Рис. А.3	Рис. А.13	16	Рис. А.6	Рис. А.11
4	Рис. А.4	Рис. А.11	17	Рис. А.7	Рис. А.12
5	Рис. А.5	Рис. А.12	18	Рис. А.8	Рис. А.13
6	Рис. А.6	Рис. А.13	19	Рис. А.9	Рис. А.11
7	Рис. А.7	Рис. А.11	20	Рис. А.10	Рис. А.12
8	Рис. А.8	Рис. А.12	21	Рис. А.1	Рис. А.13
9	Рис. А.9	Рис. А.13	22	Рис. А.2	Рис. А.11
10	Рис. А.10	Рис. А.11	23	Рис. А.3	Рис. А.12
11	Рис. А.1	Рис. А.12	24	Рис. А.4	Рис. А.13
12	Рис. А.2	Рис. А.13	25	Рис. А.5	Рис. А.11
13	Рис. А.3	Рис. А.11			

Вихідні дані (рис. А1 – А13) для розрахункової частини були запозичені з [21, 22].

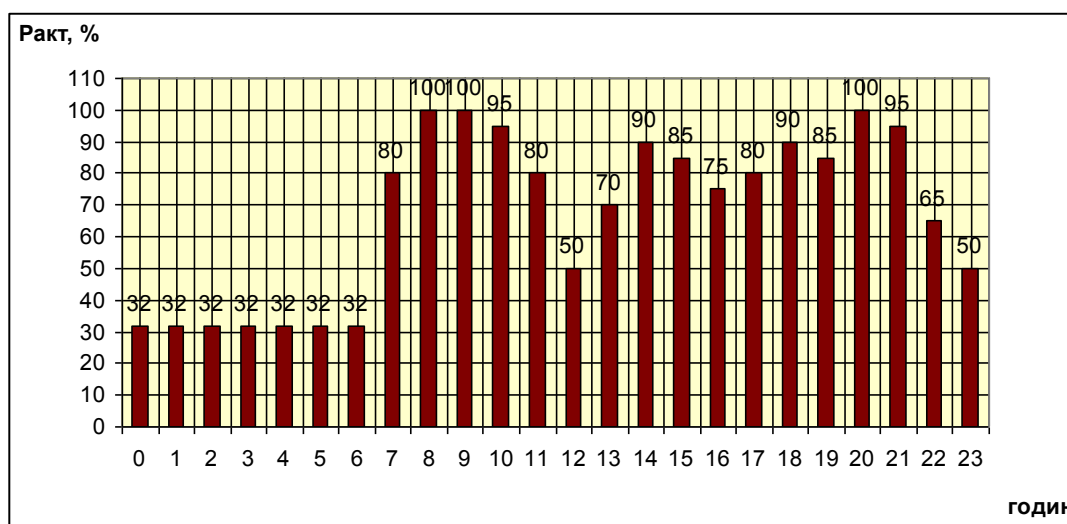


Рисунок А.1 – Графік побутових і промислових споживачів

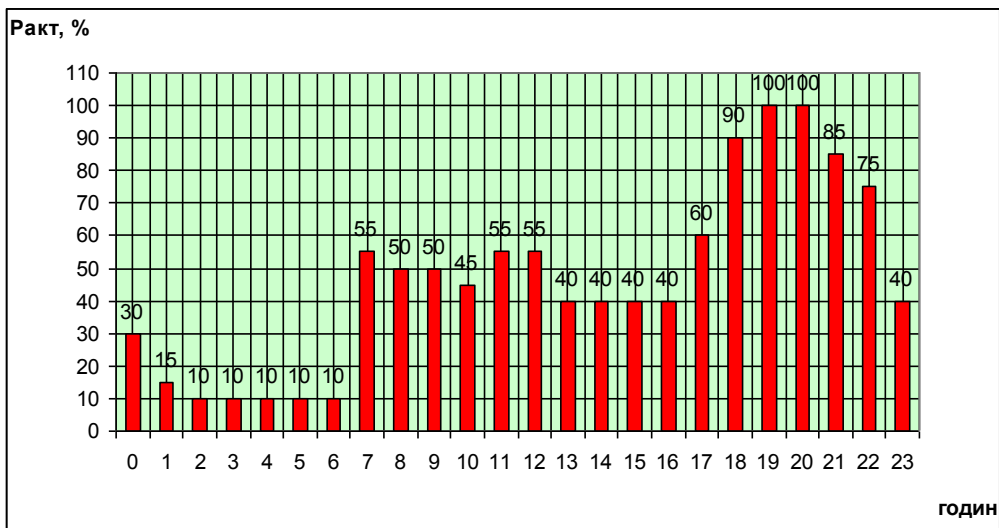


Рисунок А.2 – Графік побутових і промислових споживачів

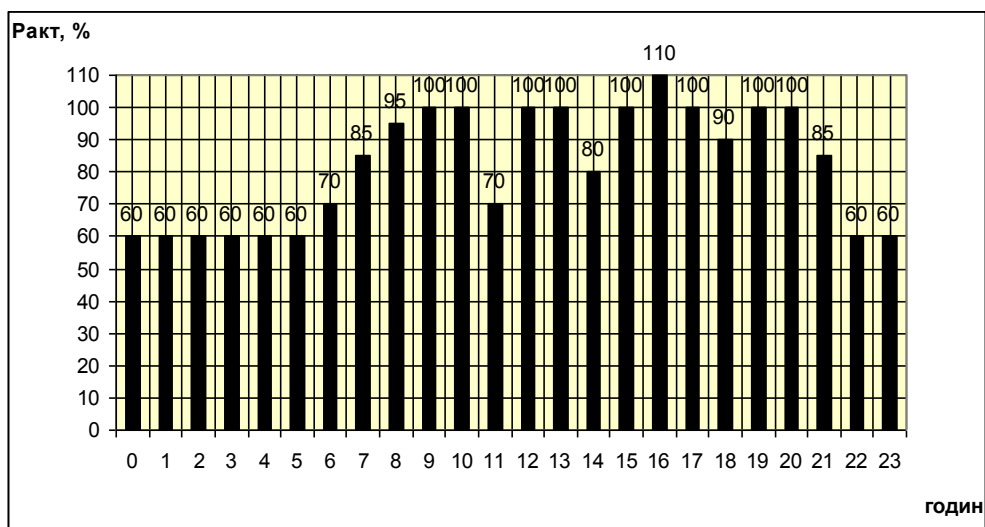


Рисунок А.3 – Графік побутових і промислових споживачів

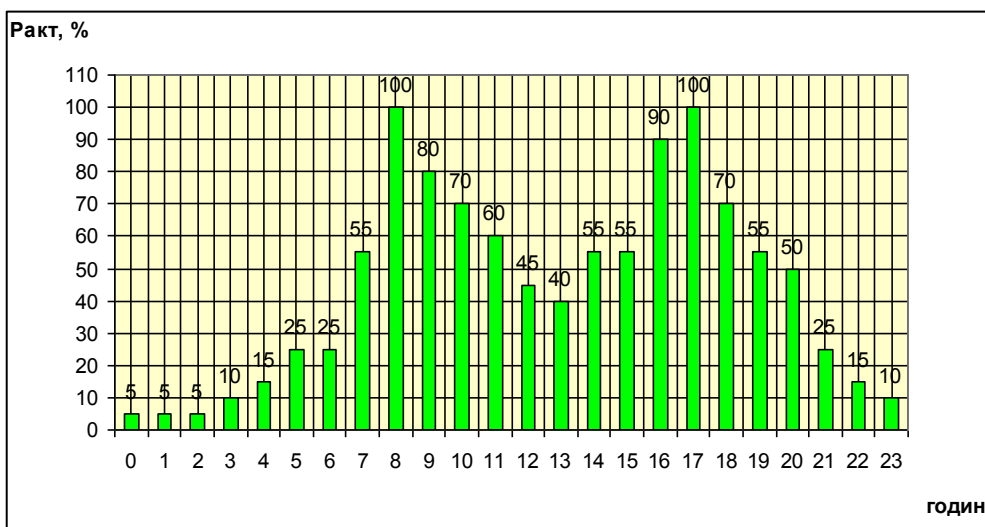


Рисунок А.4 – Графік побутових і промислових споживачів

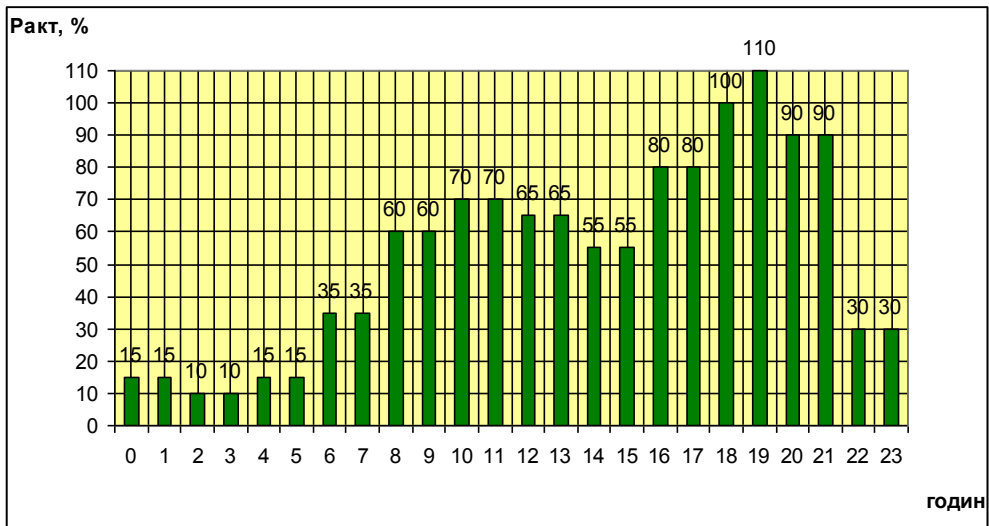


Рисунок А.5 – Графік побутових і промислових споживачів

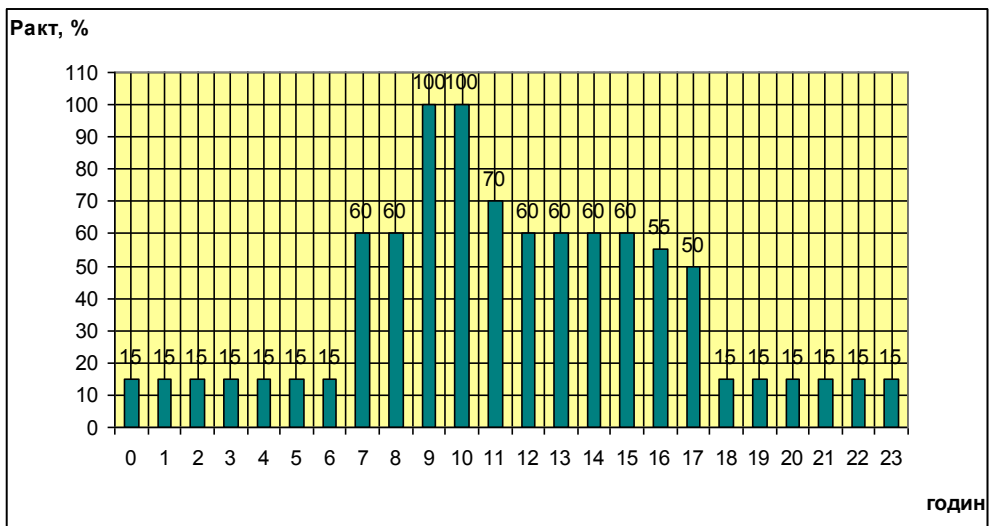


Рисунок А.6 – Графік побутових і промислових споживачів

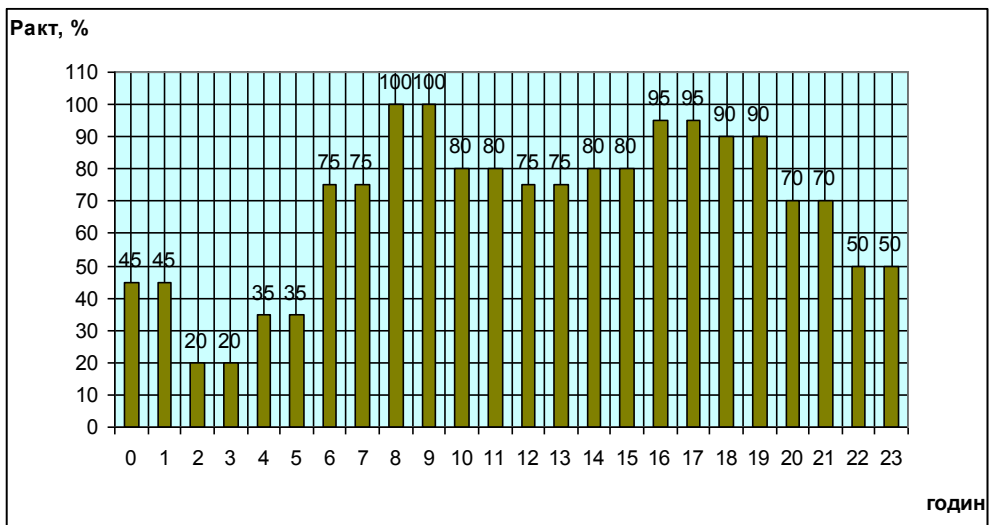


Рисунок А.7 – Графік побутових і промислових споживачів

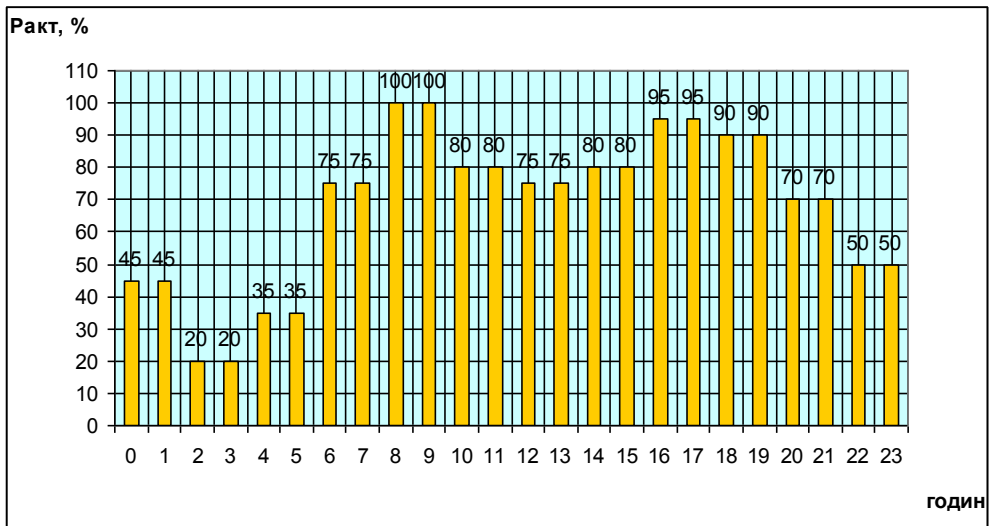


Рисунок А.8 – Графік побутових і промислових споживачів

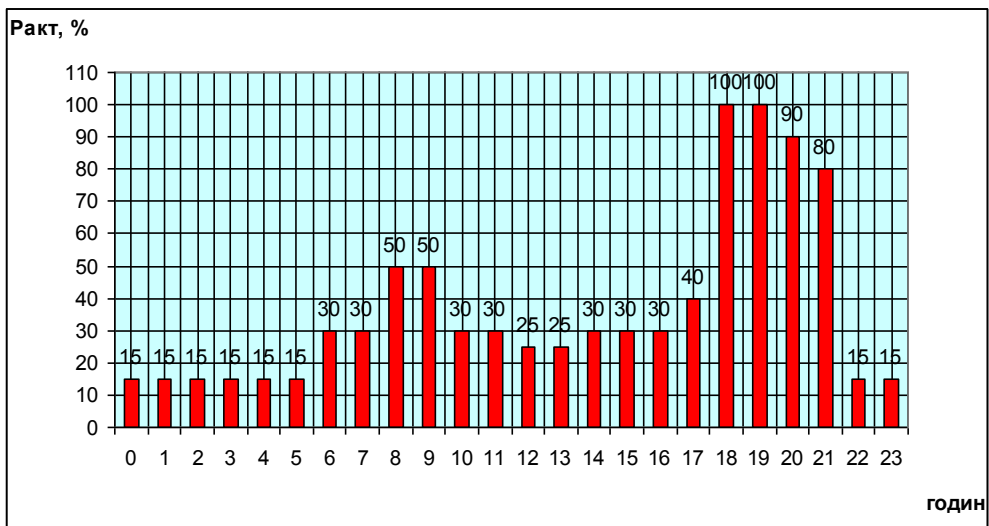


Рисунок А.9 – Графік побутових і промислових споживачів

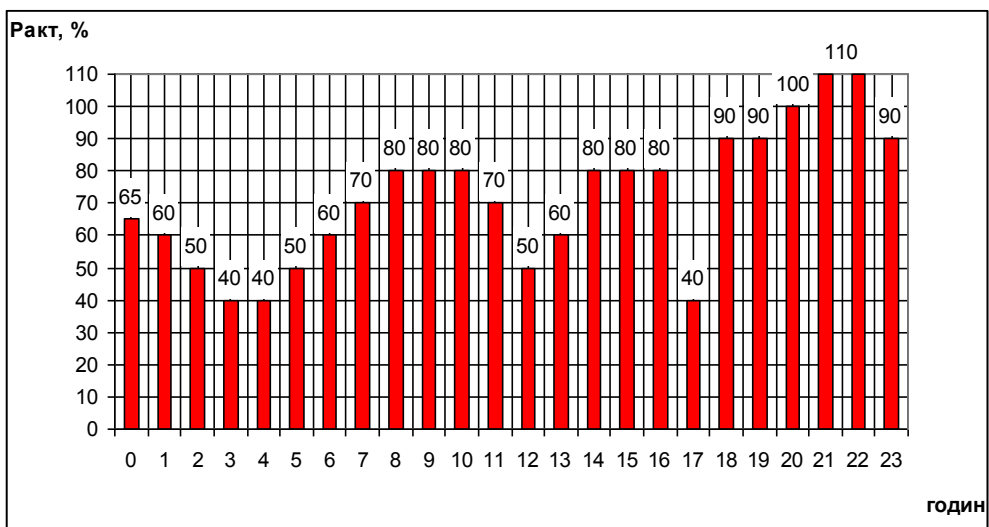


Рисунок А.10 – Графік побутових і промислових споживачів

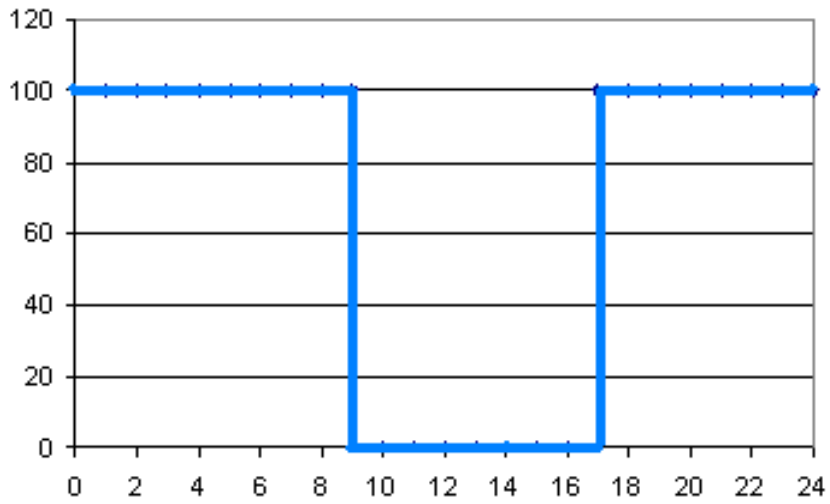


Рисунок А.11 – Графік освітлювальних споживачів

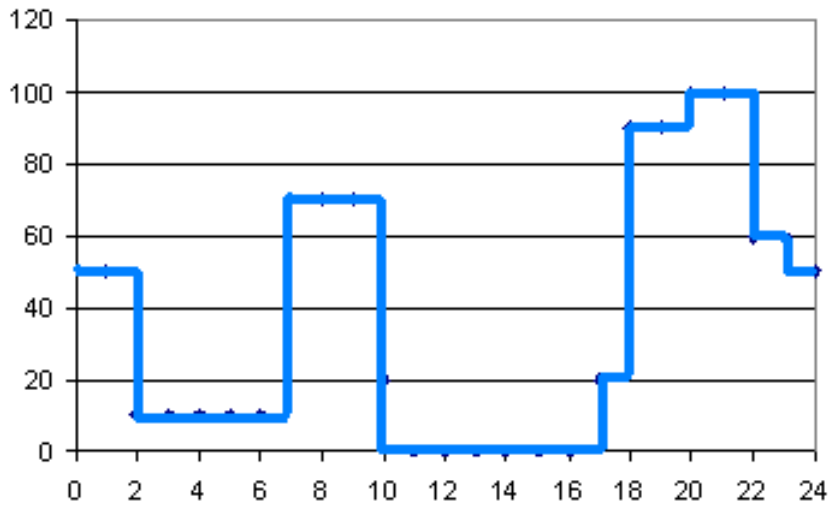


Рисунок А.12 – Графік освітлювальних споживачів

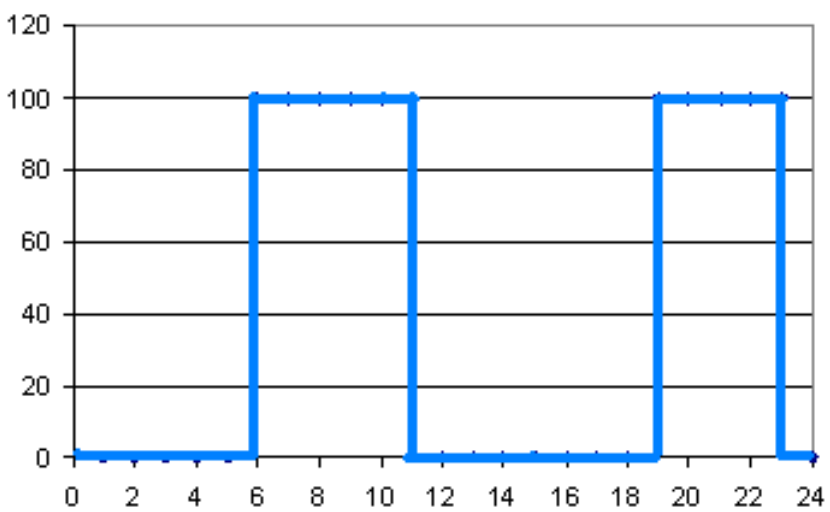


Рисунок А.13 – Графік освітлювальних споживачів

## Приклад розрахунку завдання №3 до пункту 3.1.4

1. Розрахунок для режиму максимального навантаження:

$$S_1^k = S_{21} = 500 + j320 \text{ (кВА)};$$

$$\Delta S_1 = \frac{(P_{21})^2 + (Q_{21})^2}{(U_{\text{НОМ}})^2} (R_1 + jX_1) = \frac{500^2 + 320^2}{1000^2} (2,12 + j8,5) = 7,5 + j28,9 \text{ (кВА)};$$

$$S_1^n = S_1^k + \Delta S_1 = 500 + j320 + 7,5 + j28,9 = 507,5 + j348,9 \text{ (кВА)};$$

$$S_L^k = S_1^n + \Delta S_x = 507,5 + j348,9 + 1,42 + j18,9 = 508,9 + j367,8 \text{ (кВА)};$$

$$\Delta S_L = \frac{(P_L)^2 + (Q_L)^2}{(U_{\text{НОМ}})^2} (R_L + jX_L) = \frac{508,9^2 + 367,8^2}{1000^2} (6,23 + j2,93) = 24,6 + j11,6 \text{ (кВА)};$$

$$S_L^n = S_L^k + \Delta S_L = 508,9 + j367,8 + 24,6 + j11,6 = 533,5 + j379,4 \text{ (кВА)};$$

$$U_L = U_{A\text{max}} - \frac{P_L^n R_L + Q_L^n X_L}{U_{A\text{max}}} = 10,63 - \frac{533,5 \cdot 6,23 + 379,4 \cdot 2,93}{10,63 \cdot 10^3} = 10,21 \text{ (кВ)};$$

$$U'_{21} = U_L - \frac{P_1^n R_1 + Q_1^n X_1}{U_L} = 10,21 - \frac{507,5 \cdot 2,12 + 348,9 \cdot 8,5}{10,21 \cdot 10^3} = 9,81 \text{ (кВ)};$$

2. Розрахунок для режиму мінімального навантаження:

$$S_2^k = S_{22} = 180 + j100 \text{ (кВА)};$$

$$\Delta S_2 = \frac{(P_{22})^2 + (Q_{22})^2}{(U_{\text{НОМ}})^2} (R_1 + jX_1) = \frac{180^2 + 100^2}{1000^2} (2,12 + j8,5) = 0,9 + j3,6 \text{ (кВА)};$$

$$S_2^n = S_2^k + \Delta S_2 = 180 + j100 + 0,9 + j3,6 = 180,9 + j103,6 \text{ (кВА)};$$

$$S_L^k = S_2^n + \Delta S_x = 180,9 + j103,6 + 1,42 + j18,9 = 182,3 + j122,5 \text{ (кВА)};$$

$$\Delta S_L = \frac{(P_L)^2 + (Q_L)^2}{(U_{\text{НОМ}})^2} (R_L + jX_L) = \frac{182,3^2 + 122,5^2}{1000^2} (6,23 + j2,93) = 3 + j1,4 \text{ (кВА)};$$

$$S_L^n = S_L^k + \Delta S_L = 182,3 + j122,5 + 3 + j1,4 = 185,3 + j123,9 \text{ (кВА)};$$



$$U_L = U_{A \min} - \frac{P_L^n R_L + Q_L^n X_L}{U_{A \min}} = 10,26 - \frac{185,3 \cdot 6,23 + 123,9 \cdot 2,93}{10,21 \cdot 10^3} = 10,11 \text{ (кВ)};$$

$$U'_{22} = U_L - \frac{P_2^n R_1 + Q_2^n X_1}{U_L} = 10,11 - \frac{1809 \cdot 2,12 + 103,6 \cdot 8,5}{10,21 \cdot 10^3} = 9,98 \text{ (кВ)};$$

3. Значення напруги на шинах 0,4 кВ визначається як середнє арифметичне максимального та мінімального значень:

$$U_2^* = \frac{U_{\max} + U_{\min}}{2} = \frac{0,4 + 0,385}{2} = 0,392 \text{ (кВ)}.$$

4. Розрахувати значення напруги від'єднання та номер найвигіднішого від'єднання:

$$U_{\text{calc}} = \frac{U'_{21} + U'_{22}}{2} \frac{U_{2\_rat}}{U_2^*} = \frac{9,81 + 9,98}{2} \frac{0,4}{0,392} = 10,1 \text{ (кВ)};$$

$$n_{\text{calc}} = \left( \frac{U_{\text{calc}}}{U_{1\_rat}} - 1 \right) / \Delta U_* = \left( \frac{10,1}{10} - 1 \right) / 0,025 = 0,4.$$

5. Вибрати ближнє цілочисельне значення найвигіднішого від'єднання  $n$  та розрахувати відповідний коефіцієнт трансформації:

– для  $n = 0$ :

$$k_{\text{tr}} = \frac{U_{1\_rat} (1 + n \Delta U_*)}{U_{2\_rat}} = \frac{10(1 + 0 \cdot 0,025)}{0,4} = 25.$$

6. Визначити фактичну напругу на шинах 0,4 кВ для режимів максимальних та мінімальних навантажень:

$$U_{2\max} = \frac{U'_{21}}{k_{\text{tr}}} = \frac{9,81}{25} = 0,392 \text{ (кВ)}.$$

$$U_{2\min} = \frac{U'_{22}}{k_{\text{tr}}} = \frac{9,98}{25} = 0,399 \text{ (кВ)}.$$

Таблиця В.1 – Моделі сонячних фотомодулів

Модель	Потужність, Вт	Розмір, мм	Вага, кг	Вироб- ництво	Ціна за 1 Вт, грн	Ціна грн
Аморфні сонячні модулі						
ES(A)–10	10	315x620x40	3,2	КНР	29,88	298,80
ES(A)–20	20	620x620x40	8	КНР		597,60
ES(A)–40	40	645x1255x40	14,7	КНР		1195,2
Аморфні напівпрозорі сонячні модулі						
ES(AT)–28	28	1245x635x7	12,4	КНР	49,80	1394,4
Монокристалічні сонячні модулі						
ES(M)–10	10	396x289x23	1,4	КНР	27,39	273,90
ES(M)–50	50	835x540x30	5,5	КНР		1369,5
ES(M)–80	80	1070x540x30	7,5	КНР		2191,2
ES(M)–100	100	963x805x35	10	КНР		2739,0
ES(M)–150	150	1344x808x35	13	КНР		4108,5
ES(M)–200	200	1702x945x45	19	КНР		5478
ES(M)–240	240	1580x1080x45	22	КНР		6573,6

Таблиця В.2 – Площі земельних ділянок, зайнятих типовими сонячними установками

		Установка потужністю 1-5 МВт (га)	Установка потужністю 5-20 МВт (га)	Установка потужністю 10+ МВт (га)
Модуль з кристалічного кремнію з фіксованим кутом нахилу	2,6	3–13	13–52	>52
Модуль з тонкої плівки з фіксованим кутом нахилу	4,5	5–23	23–90	>90
Одноосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	2,8	3–16	16–64	>64
Двоосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	2,8	4–19	19–76	>76

Зразок оформлення титульної сторінки

Форма № Н-6.01у

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ І  
ЕЛЕКТРОПРИВОДА

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з навчальної дисципліни: «Автоматизовані системи комерційного обліку  
електроенергії»

на тему: «Вибір та розрахунок автоматизованої системи комерційного обліку  
споживання електроенергії житлового багатоквартирного будинку»

Студент \_\_ курсу групи \_\_\_\_\_  
спеціальності 141 – «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
освітньої програми «Електромеханічне  
обладнання енергоємних виробництв»

Керівник : \_\_\_\_\_

Національна шкала

Кількість балів : \_\_\_\_ Оцінка : ECTS \_\_\_\_

Члени комісії \_\_\_\_\_  
(підпис) (П.І.Б.)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

м. Кременчук – 20\_\_ рік

Зразок оформлення листа завдання

Форма № Н-9.01у

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Кафедра \_\_\_\_\_

Дисципліна \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_ група \_\_\_\_\_ семестр \_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**  
на курсовий проект (роботу) студенту

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Дата видачі завдання

\_\_\_\_\_



Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з освітньо-професійної та освітньо-наукової програм «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв»

Укладачі: к. т. н., доц. Ю. В. Зачепа,

к. т. н., асист. Н. В. Зачепа

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ Д. Й. Родькін

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600