

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.П. Захарченко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

# ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

## (ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

**Тема: «Енергозберігаюча система електропостачання житлового  
комплексу»**

Виконавець \_\_\_\_\_ студентка групи ЕС-4116 Слободяник Марія Миколаївна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Мазур Тетяна Аркадіївна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_ Мазур Т.А.  
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П.Захарченко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи (проекту)**

Слободяник Марії Миколаївни

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи (проекту) «Енергозберігаюча система електропостачання житлового комплексу»

затверджена наказом ректора від «05» квітня 2021 р. № 558/ст.

2. Термін виконання роботи (проекту): з 18.05.2021 р. по 21.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи (проекту): технічна документація, споживання енергетичних ресурсів об'єктом, інженерно-технічні підходи до реалізації задач проектування системи електропостачання житлового комплексу.

4. Зміст пояснювальної записки: енергоаудит системи електропостачання багатоповерхової житлової будівлі; розрахунок системи електропостачання житлового будинку, заходи з енергозбереження в системі електропостачання.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: річне споживання електроенергії багатоповерхового будинку, схема зовнішнього електропостачання багатоповерхового житлового будинку, схема внутрішнього електропостачання багатоповерхового житлового будинку, структурна схема інтелектуальної системи електропостачання житлового будинку

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Вивчення інформаційних джерел	18.05 – 20.05.21	
2.	Збір інформації, аналіз класичних систем електропостачання типових житлових будинків та житлових комплексів; обробка технічного матеріалу	21.05 – 25.05.21	
3.	Робота над розділом №1	25.05 – 31.05.21	
4.	Робота над розділом №2	1.06 – 6.06.21	
5.	Розробка та оформлення обов'язкового ілюстрованого матеріалу	6.06 – 10.06.21	
6.	Перевірка роботи на доброчесність. Підготовка до захисту	Після передзахисту	

7. Дата видачі завдання: « 18 » травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

\_\_\_\_\_ Мазур Т.А.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ Слободяник М.М.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Енергозберігаюча система електропостачання житлового комплексу»: 46 с., рис. 13, табл. 6, використаних джерел 21.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ,  
ЖИТЛОВА БУДІВЛЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ,  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.

Ключові слова: енергозбереження, енергоспоживання, втрати, економія, енергетичний аудит, енерговикористання, навантаження, потужність, термін окупності, електропостачання.

**Об'єкт дослідження:** підвищення енергоефективності системи в житловому комплексі

**Предмет дослідження:** заходи енергозбереження систем електропостачання.

**Мета проекту:** провести техніко-ефективний аналіз запровадження заходів енергозбереження в житловому комплексі.

**Методи дослідження:** інженерні методи розрахунків систем електропостачання.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані у навчальному процесі, рекомендовані до впровадження результатів в роботу енергозбереження систем електропостачання.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЖК – житловий комплекс

ХВП – холодне водопостачання

ГВП – гаряче водопостачання

ТУ – технічні умови

ВРП – ввідно-розподільчий пристрій

ТП – трансформаторна підстанція

ЛТПП - ліфт для транспортування протипожежних підрозділів

ЩК – щиток квартирний

АСКОЕ – автоматизована систему комерційного обліку

ЕПРА - електронні пускорегулювальні пристрої

ІСЕП – інтелектуальна система енергопостачання

ДГУ - дизель-генераторна установка

АПУ – автоматична панель управління

АВР – установка автоматичного вводу резерва

БВК – багатофункціональний вимірювальний контролер

СТ – стабілізатор напруги

ДБЖ – джерело безпосереднього живлення

АБ – акумуляторні батареї

ВЗП – випрямно-зарядний пристрій

КРП – компенсатор реактивної потужності

КПС – компенсатор потужності спотворення

ППП – пристрій плавного пуску

ПЧ – перетворювач частоти

ПК – персональний комп'ютер

ТОіР – технічне обслуговування і ремонт

## ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЕНЕРГОАУДИТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження	10
1.2 Обстеження енергетичних систем об'єкту	12
1.2.1. Аналіз споживання енергоносіїв та води	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	20
2.1 Аналіз системи електропостачання багатоповерхового будинку житлового комплексу	20
2.2 Характеристика основних споживачів електроенергії багатоповерхового житлового будинку	22
2.3 Розрахунок електричних навантажень багатоповерхового житлового будинку	23
2.4 Проектування схеми зовнішнього електропостачання об'єкта	31
2.5 Проектування схеми внутрішнього електропостачання об'єкта	31
2.6 Характеристика трансформаторних підстанцій (вузлів розподілу електричної енергії) та їх завантаження	35
2.7. Проектування схеми електропостачання квартири	36
2.8. Баланси річного споживання активної та реактивної енергії	38
2.9. Облік споживання електроенергії	39
РОЗДІЛ 3. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	41
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

## ВСТУП

Світовий попит на електроенергію стійко зростає на 3% в рік, швидше, ніж зростання світового попиту на первинну енергію, що зростає на 2% в рік. Існує багато чинників, що впливають на цей процес, включаючи швидке зростання чисельності населення і збільшення тривалості життя. Продовжує прискорюватися процес урбанізації, і необхідно поставляти все більші об'єми електроенергії в густонаселені території, причому зазвичай на значні відстані. Також постійно зростає щільність і складність міських систем електропостачання [10].

Проблема високого рівня енергоспоживання та необхідність підвищення енергоефективності є важливою для житлової сфери України, де рівень використання енергоресурсів особливо великий. Тому актуальним є впровадження заходів щодо підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд. [8] Для вирішення цих завдань потрібна розвинена і гнучка інфраструктура, інтелектуальне виробництво електроенергії і "розумні" будинки.

Енергетична ефективність будівель - це певні властивості його конструкційних деталей і інженерних пристроїв, вживані для забезпечення в конкретний період експлуатації споруди для забезпечення побутових потреб і оптимальних мікрокліматичних умов [9].

Термін «енергоефективність будівель» включає ряд питомих показників [12]:

- споживання ресурсів на опалювання, охолодження і водопостачання гарячою водою;
- споживання енергії під час опалювання, кондиціонування повітря, гарячого водопостачання і освітлення;
- енергоспоживання вентиляційних систем, у тому числі показники первинної енергії і викиду парникових газів.

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – будівля, в якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані

економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя.

До енергоефективних будівель можуть бути віднесені будівлі з низьким енергоспоживанням та будівлі з нульовим енергоспоживанням [1].

«Енергоефективні будівлі» як новий напрям у будівництві з'явилися після світової енергетичної кризи 1974 р. З моменту будівництва перших енергоефективних будівел до початку 90-х років ХХ століття основний інтерес представляло вивчення заходів з економії енергії. В той час, як з середини 1990-х років увага переноситься на пошук енергозберігаючих рішень, які одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату у приміщеннях будівель[1].

Сучасний рівень технічного розвитку та прагнення до створення максимально комфортних умов життя людини призвели до високого ступеню насичення будівель електротехнічними, електронними та іншими технічними пристроями і системами, контроль і регулювання робочих параметрів яких здійснюється від спеціалізованих систем керування. Такі системи життєзабезпечення отримали назву систем “біддінгової електроніки” [8].

Клас енергоефективності будівлі - показник, що оцінює рівень ефективності витрат або збереження об'єктом теплової і електроенергії під час її експлуатації [6].

До проекту будівництва житлових будівель висуваються певні вимоги щодо величини річного енергоспоживання на опалення, охолодження та гаряче водопостачання після виконання даної будівлі, тому належне обґрунтування необхідності впровадження комплексу заходів, спрямованих на зниження енергоспоживання будівлі, є актуальною задачею.

Тому **метою дипломного проекту** обрано розробку системи електропостачання житлової багатоповерхової будівлі згідно сучасних навантажень, будівельних норм та правил.

**Об'єкт:** підвищення енергоефективності системи електропостачання багатоповерхової будівлі житлового комплексу

**Предмет:** методи проектування систем електропостачання.



Відповідно до поставленої мети мають бути вирішені наступні завдання:

1. Проведено енергетичний аудит багатоповерхової будівлі житлового комплексу;

2. Розраховано електричні навантаження будівлі;

3. Розраховано та вибрано раціональні перетини кабелів і проводів, оптимальну потужність трансформаторів, захисну апаратуру і оптимізовано режими роботи електрообладнання;

4. Запропонувати шляхи підвищення енергоефективності будівлі за рахунок системи електропостачання.

# РОЗДІЛ 1

## ЕНЕРГОАУДИТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

У світовому будівництві з'явилася велика кількість будівель, мікрорайонів та навіть архітектурно-будівельних зон, які були запроектовані та побудовані на основі різних концепцій енергетично ефективних та екологічно чистих технологій. Ці концепції об'єдналися під загальною назвою «Sustainable Buildings» («стале будівництво», «життєзберігаюче будівництво»). «Sustainable Buildings» – спосіб забезпечення в будівлі комфортного мікроклімату, максимальне використання енергії зовнішнього середовища та енергоефективних елементів будівлі як єдиного цілого.

Основні концепції енергетично ефективних та екологічно чистих будівель представлені на рис. 1.1 [1].

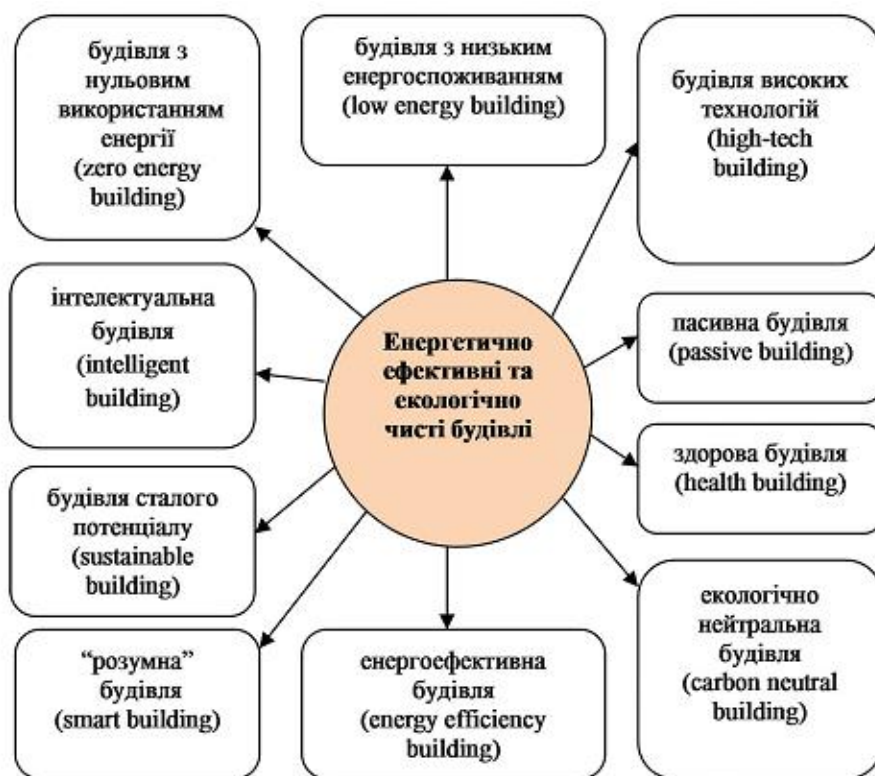


Рис. 1.1. Класифікація енергетично ефективних та екологічно чистих будівель

Кафедра АЕМ				НАУ 21 03 33 000 ПЗ							
Виконав	Слободяник М.М.			ЕНЕРГОАУДИТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ			Літера	Аркуш	Аркушів		
Керівник	Мазур Т.А.						Д		6		
Консульт.							141 ЕС-411Б				
Н-контр.	Мазур Т.А.										
Зав. каф.	Захарченко В.П.										

Як свідчить практика, найбільш повно характеризує енергоефективність будівель такий показник як середнє питоме річне енергоспоживання на один квадратний метр за рік. Для отримання конкретних даних щодо енергоспоживання проводиться енергетичний аудит.

Енергетичний аудит – вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів та як наслідок, економію коштів, суб'єктами господарювання за рахунок підвищення ефективності їх використання [5].

В нашому випадку об'єктом енергетичного обстеження є житловий багатоповерховий будинок.

Згідно [6] будемо розглядати будівлю як систему, до якої входять теплоізоляційна оболонка та всі інженерні системи, що забезпечують нормальне функціонування будівлі, в тому числі і система електропостачання.

Порядок проведення перевірки включає такі етапи:

- візуальне обстеження системи електропостачання (якщо це можливо);
- аналіз технічної документації з визначенням основних проектних показників споживання енергії будівлею;
- проведення приладних замірів фактичних показників споживання енергії будівлею;

### **1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є житлова будівля за адресою: м. Київ, вул. Польова, 38, ЖК Кампус. Будівля має житлове призначення. А саме – це 24-поверховий будинок (рис.1.1), побудований в 2020 р. Загальна кількість житлових квартир становить 729, серед яких за проектом передбачено 1, 2, 3-кімнатних квартир. Загальна площа будівлі становить 40 000 м<sup>2</sup>.

Технологія будівництва – монолітно-каркасна будівля. Фундамент: сваї, фундаментна плита.

Оздоблення фасаду:

- 1-2-й поверхи – система навісного вентильованого фасаду з зовнішньої сторони будівлі;

- 2-4-й поверхи – комбінування керамогранітної плитки з вентиляльованим фасадом з зовнішньої сторони будівлі

- 5-24-й поверхи, внутрішня сторона будівлі з 1-го поверху – стійка силікована фарба.

Наявні 3 ліфти, загальна вантажопідйомність яких: 1000 кг (2 од.), 400 кг (1 од.).

Вхідна група включає місце для консьєржа, місце для розміщення дитячих колясок та велосипедів, санвузол.

Інженерне обладнання будинку:

- система опалення – автономна газова котельня;
- електромережі – мідний дріт;
- лічильники обліку електропостачання, гарячого та холодного водопостачання;

- відеоспостереження (1-й поверх, двір);

- система протипожежної сигналізації;

Інженерне обладнання квартири:

- опалювальні прилади – радіатори з регулятором температурного режиму;
- лічильники обліку – електропостачання, гарячого та холодного водопостачання;

- електромережі з мідного дроту до розподільчого щитка в квартирі.

Більша кількість даних була отримана з технічної документації на будинок [15] та візуального обстеження, загальна інформація зведена до табл. 1.1

*Таблиця 1.1*

### **Загальна інформація про об'єкт дослідження**

Рік будівництва	
Кількість поверхів, шт	24
Об'єм будівлі, м <sup>3</sup>	55675
Загальна площа, м <sup>2</sup>	40000

Площа балконів і терас, м <sup>2</sup>	1028,16
Житлова площа, м <sup>2</sup>	11019,84
Кількість квартир, шт	729
Площа квартир, м <sup>2</sup>	12048
Площа нежитлових приміщень, м <sup>2</sup>	5498
Площа кривлі, м <sup>2</sup>	674,85
Площа фасадів, м <sup>2</sup>	2870



Рис.1.2. Житловий будинок, вул.Польова, 38, ЖК Кампус

## 1.2. Обстеження енергетичних систем об'єкту

Інженерне устаткування будинку – це комплекс технічних пристроїв, що забезпечують сприятливі (комфортні) умови побуту й трудової діяльності мешканців будинку. Інженерне устаткування будівель включає системи вентиляції, водопостачання (холодного й гарячого), каналізації, опалювання, кондиціонування повітря, газопостачання, штучне освітлення, електроустаткування, внутрішній транспорт (пасажирські й вантажні ліфти),

засоби видалення сміття, прибирання пилю, пожежогасіння, телефонізації, радіофікації та інші види внутрішнього благоустрою. [8]

Алгоритм проведення енергетичного обстеження інженерних систем наведений на рис.1.3[6].

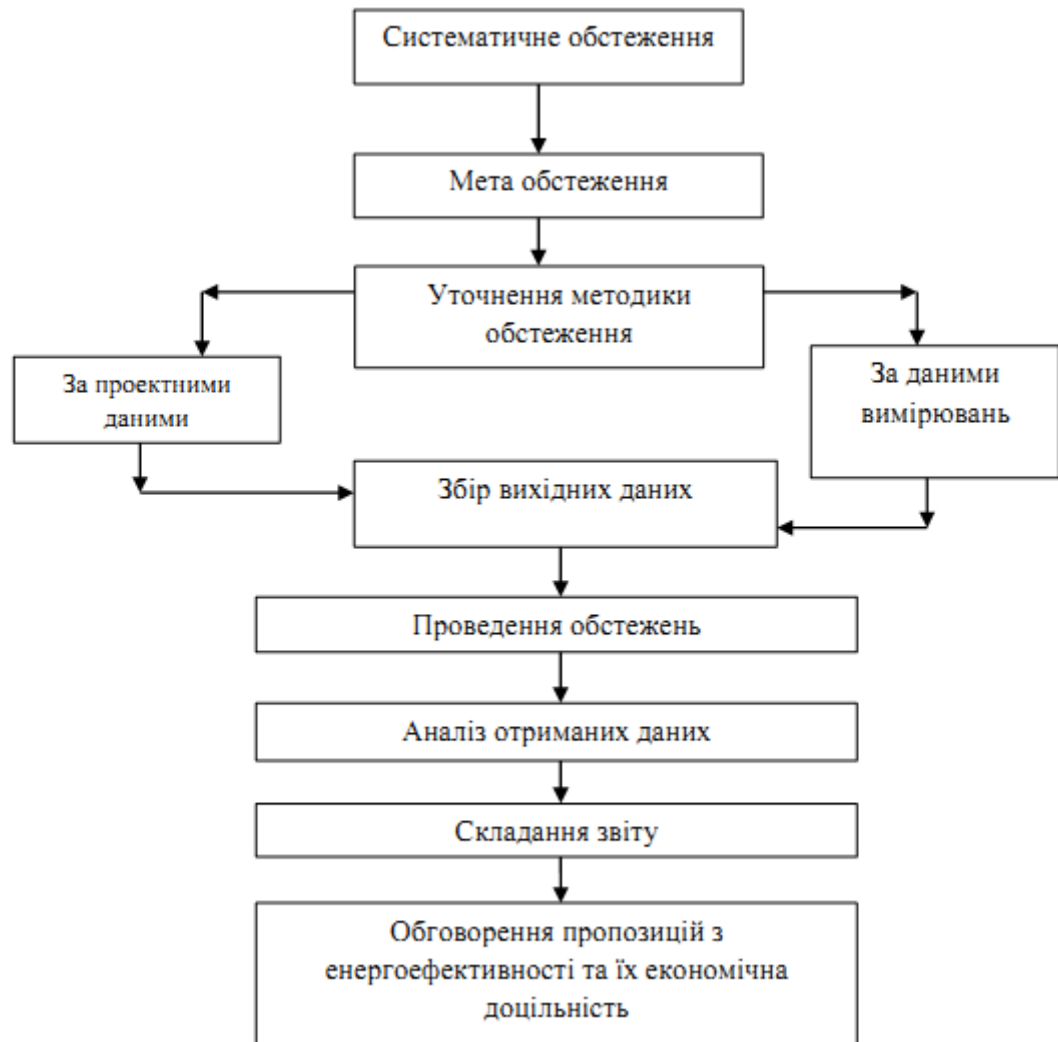


Рис. 1.3. Алгоритм проведення енергетичного обстеження

Метою проведення енергообстеження в нашому випадку буде зниження енергоспоживання та витрат на оплату спожитої електроенергії в будівлі.

Для цього необхідно повністю оглянути (за можливості) та оцінити (шляхом проведення відповідних вимірювань) для системи електропостачання обраної будівлі фактичний і можливий рівень обслуговування; визначити відповідність системи електропостачання її призначенню; провести попередню оцінку ефективності технічної системи, з урахуванням обліку виробництва, зберігання

та передачі енергії, її втрат і контролю; оцінити причини існуючих змін в систем електропостачання; розглянути можливості підвищення енергоефективності та пов'язані з ними ускладнення і обмеження.

Система опалення включає в себе автономну котельню, яка забезпечує теплом цілий житловий комплекс. Встановлення котельні має ряд переваг для мешканців:

1. Економічність. Встановлення котельні безпосередньо в будинку або поруч з ним скорочує відстань між генератором тепла та його споживачем до мінімуму. Якщо в середньому по місту втрати тепла під час транспортування складають 40-45%, то в будинках з автономним опаленням – менше 1%. Відповідно, скорочуються витрати власників квартир на опалення.

2. Незалежність від міських систем опалення та швидка адаптація до природних умов. У місті опалення зазвичай включають і відключають за графіком, в той час як автономна котельня дозволяє оперативніше реагувати на зміну погоди. Коли наприкінці вересня надворі вже холодно, а на початку березня – надто тепло, автономне теплопостачання можна увімкнути або вимкнути, забезпечивши оптимальну температуру в квартирах без використання кондиціонерів та обігрівачів.

3. Безперебійне гаряче водопостачання. Власники квартир у будинках, в яких працює автономна котельня, можуть не боятися відключень гарячої води під час гідравлічних випробувань чи аварій на тепломережах. До того ж, вартість гарячої води, так само, як і тепла, для них буде нижчою, ніж для користувачів централізованих тепломереж.

4. Універсальність та легкість в управлінні. На відміну від магістральних тепломереж, для обслуговування автономної котельні не потрібно багато людей – достатньо диспетчера та одного-двох спеціалістів, які здійснюють технічне обслуговування обладнання. Більше того, якщо задати певні параметри для обладнання, воно може запускатися автоматично при зниженні температури до встановленого мінімуму і вимикатися, якщо температура піднялася до потрібної

позначки.

У разі несправності, ремонт обладнання автономної котельні здійснюється швидше, ніж магістральних тепломереж, адже система дистанційної диспетчеризації дозволяє діагностувати причину несправності ще до виїзду спеціалістів на місце, а отже, ліквідувати її у максимально короткий термін.

Автономна газова котельня розташована на даху чотириповерхової нежитлової секції ЖК Кампус та забезпечуватиме теплом і гарячою водою всіх мешканців трьох житлових секцій. Котельня обладнана 4 газовими котлами.

**Вентиляція.** Приплив повітря в житлові приміщення здійснюється через вікна. Витяжка з приміщень виконується у відповідності з ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки» через витяжні канали кухонь та санвузлів. Вентиляційні ґратки - пластикові. Витяжка з санвузлів та кухонь квартир передбачається через шахти в будівельних конструкціях. Вертикальні повітряні шахти виконуються газощільними в будівельних конструкціях з межею вогнетривкості 0,5год. Витяжне повітря викидається через утеплені шахти на висоті понад 0,7м над дахом.

**Системи протипожежного захисту.** Для запобігання розповсюдження диму на поверхи будинку передбачені припливні установки, що вмикаються при виникненні пожежі та створюють підпір зовнішнього повітря у шахти ліфтів та незадимлювану сходову клітку, подаючи у верхню частину кожної шахти та сходової клітки зовнішнє повітря в об'ємі, який розрахований виходячи з нормативної величини надлишкового тиску.

Шахти димовидалення та підпору повітря виконані з монолітного залізобетону, щільні.

Вмикання засобів протипожежного захисту здійснюється за сигналом пожежних оповіщувачів.

Повітроводи для протидимового захисту виконуються класу П із тонколистової оцинкованої сталі по ГОСТ 19904-90  $\delta=1\text{мм}$  з нанесенням вогнезахисного покриття з межею вогнетривкості:



- для димовидалення 0,75год
- для підпору 0,5год.

### 1.2.1. Аналіз споживання енергоносіїв та води.

Поточна вартість електричної енергії для громадян на сьогодні становить 1,68 грн./кВт. [10]

У таблицях 1.2–1.4 наведені дані по споживанню за 2020 – 2021 роки по електроенергії, ХВП та опаленню.

Таблиця 1.2

#### Річне споживання електроенергії

Місяць	2020	2021
	Споживання,кВт*год	Споживання,кВт*год
Січень	40116	195244
Лютий	40251	195712
Березень	55026	186721
Квітень	63014	168429
Травень	66485	146237
Червень	70594	-
Липень	75324	-
Серпень	78698	-
Вересень	82647	-
Жовтень	86357	-
Листопад	94865	-
Грудень	112867	-
<b>Σ</b>	<b>866 244</b>	<b>892343</b>

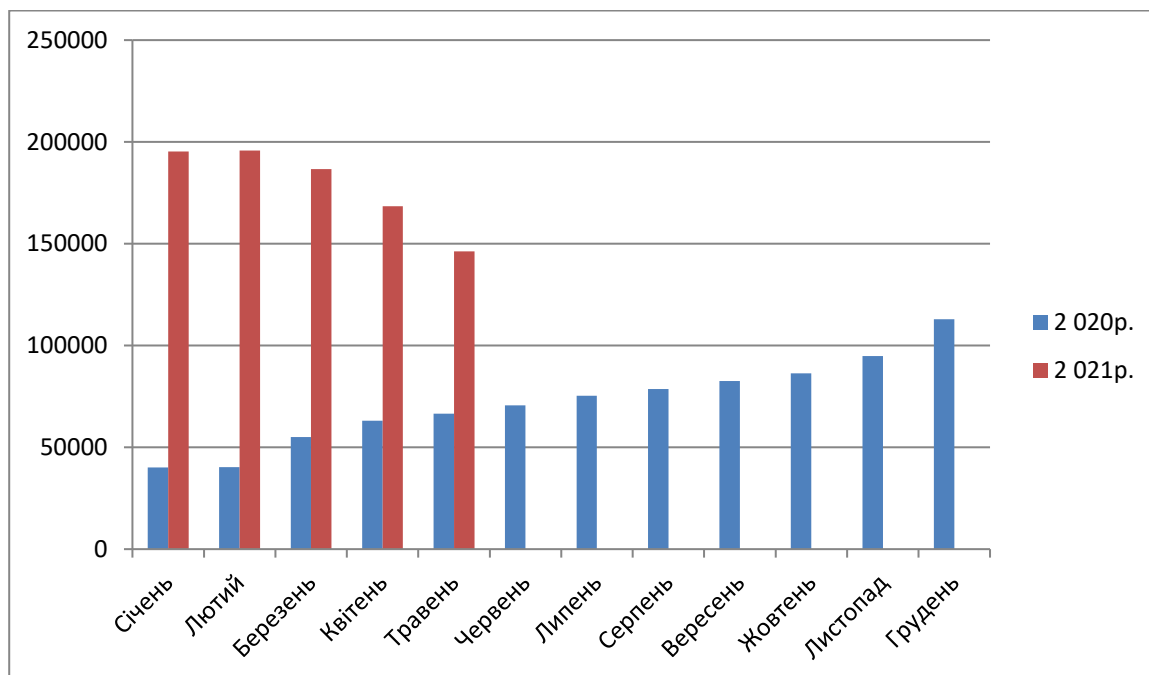


Рис. 1.4. Річне споживання електроенергії

Річне споживання теплової енергії наводимо в табл. 1.3

Таблиця 1.3

**Річне споживання теплової енергії**

Місяць	2020	2021
	Споживання,Гкал	Споживання,Гкал
Січень	628,4	1072
Лютий	629,7	1185,2
Березень	654	1172
Квітень	662	1096
Травень	-	-
Червень	-	-
Липень	-	-
Серпень	-	-
Вересень	-	-
Жовтень	786,7	-
Листопад	798,6	-
Грудень	846	-
<b>Σ</b>	<b>5 005</b>	<b>4525,2</b>

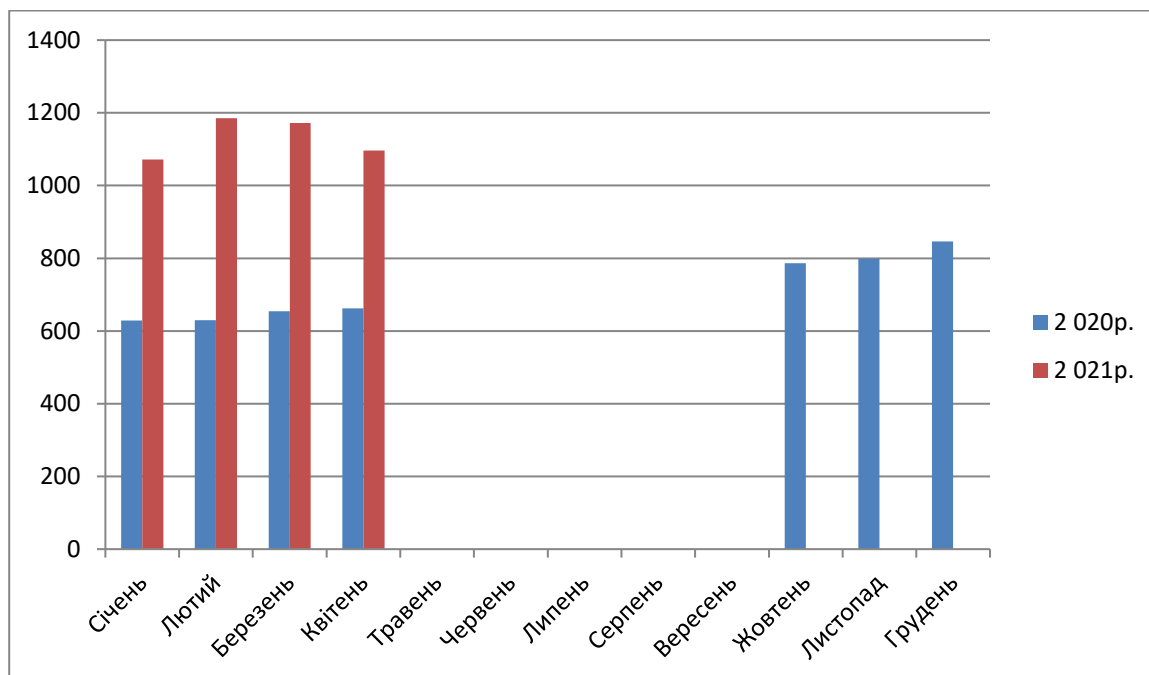


Рис. 1.5. Річне споживання теплової енергії

Нижче у табл. 1.4 наводимо дані по споживанню холодної води

Таблиця 1.4

**Річне споживання холодної води**

Місяць	2020	2021
	Споживання,м3	Споживання,м3
Січень	588,127	404,234
Лютий	607,952	367,5
Березень	638,27	375,89
Квітень	667,9	354
Травень	697,256	334,56
Червень	725,953	-
Липень	746,853	-
Серпень	783,84	-
Вересень	809,874	-
Жовтень	820,945	-
Листопад	853,72	-
Грудень	883,458	-
<b>Σ</b>	<b>8 824</b>	<b>1836,184</b>

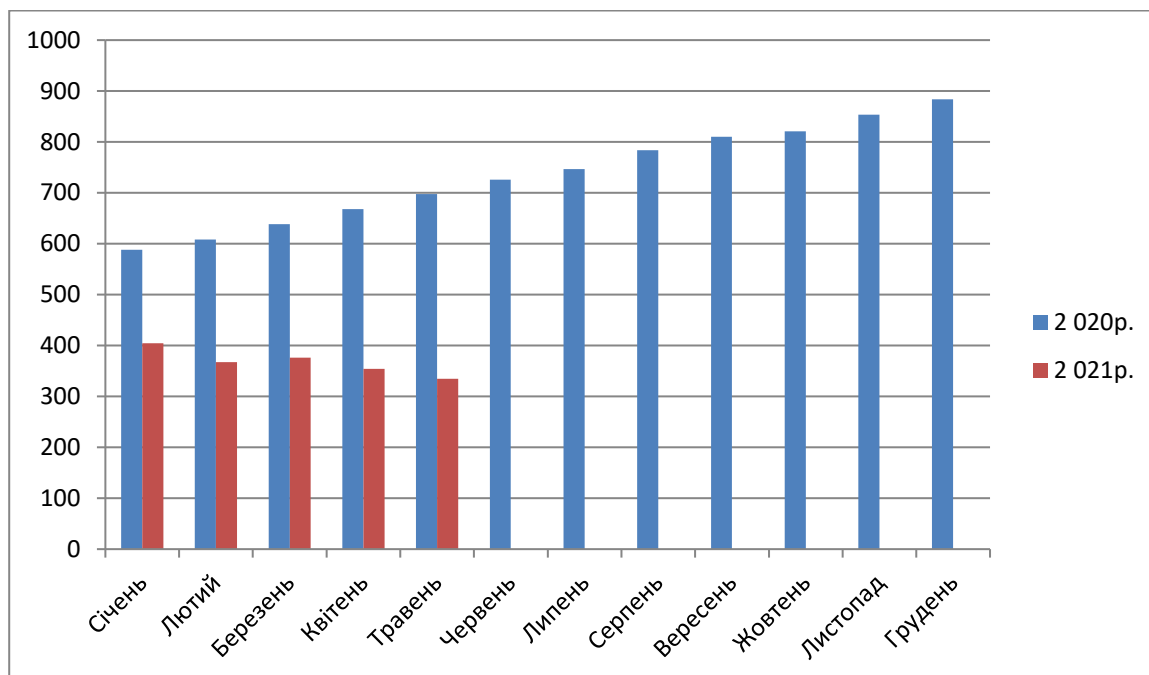


Рис. 1.6. Річне споживання холодної води

Так як будинок був введений в експлуатацію лише на початку 2020 року, ми бачимо такі показники. В січні - березні 2020 року заселеність даного будинку була 5-15%, з кожним місяцем кількість населення зростало. Аналогічні результати наведені в таблиці 1.2 та 1.4, де зображені результати споживання теплової енергії та річне споживання холодної води. З травня по вересень місяць результатів споживання теплової енергії немає, так як її не споживали.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

#### 2.1 Аналіз системи електропостачання багатоповерхового будинку житлового комплексу

Розглядаючи багатоповерховий будинок з точки зору проектування системи електропостачання, маємо відмітити ряд ознак, що притаманні таким об'єктам [9]:

- виконання єдиної задачі забезпечення життєдіяльності людини;
- обмежена потужність споживання порядку десятків-сотень кВт та живлення від однієї підстанції, для якої житловий будинок є окремим навантаженням;
- територіальна обмеженість – зосередженість всіх електротехнічних пристроїв на невеликій площі та здатність користувача обійти та проконтролювати їх функціонування.

Для проектування зовнішнього електропостачання необхідні наступні вихідні документи:

- технічні умови (ТУ) на приєднання до електричних мереж;
- технічні умови на організацію обліку (можуть бути суміщені з ТУ на приєднання);
- ситуаційний план (з позначенням опор, від яких передбачено підключення);
- план самого будинку (із зазначенням місця установки ввідного пристрою).

Схеми електричних мереж житлових будинків виконують, виходячи з наступного [11]:

Кафедра АЕМ				НАУ 21 03 33 000 ПЗ				
Виконав	Слободяник М.М.			РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Мазур Т.А.				Д			
Консульт.					141 ЕС-411Б			
Н-контр.	Мазур Т.А.							
Зав. каф.	Захарченко В.П.							

- живлення квартир і силових електроприймачів, в тому числі ліфтів, повинно, як правило, здійснюватися від загальних секцій ВРУ. Роздільне їх живлення виконують тільки у випадках, коли величини розмахів зміни напруги на затискачах ламп в квартирах при включенні ліфтів вище регламентованих ГОСТ 13109-98;

- розподільні лінії живлення вентиляторів димовидалення і підпору повітря, встановлених в одній секції, повинні бути самостійними для кожного вентилятора або шафи, від якого живляться кілька вентиляторів, починаючи від щита протипожежних пристроїв ВРП.

- Освітлення сходів, поверхових коридорів, вестибюлів, входів в будівлю, номерних знаків і покажчиків пожежних гідрантів, вогнів світлового огороження і домофонів живиться лініями від ВРП. При цьому лінії живлення домофонів і вогнів світлового огороження повинні бути самостійними. Живлення підсилювачів телевізійних сигналів здійснюють від групових ліній освітлення горищ, а в безгорищних будівлях - самостійними лініями від ВРП.

У житлових будинках квартирної типу встановлюють один однофазний лічильник на кожен квартиру. Допускається установка одного трифазного лічильника. Розрахункові квартирні лічильники слід розміщати сумісно з апаратами захисту (запобіжниками, автоматичними вимикачами) і вимикачами (для лічильників) на загальних квартирних щитках. Для безпечної заміни лічильника перед ним повинен бути встановлений рубильник або двополосний вимикач, наявний на квартирному щитку [17].

Групова квартирна мережа призначена для живлення освітлювальних і побутових електроприймачів.

Групові лінії виконують однофазними і при значних навантаженнях - трифазними чотирьох, але при цьому повинна бути надійна з-ляція провідників і приладів, а також пристрій автоматичного захисту-ного відключення.

Трифазні лінії в житлових будинках повинні мати перетин нульових провідників, який дорівнює перерізу фазних провідників, якщо фазні провідники

мають перетин до 25 мм<sup>2</sup>, а при більшому перерізі - не менше 50% перерізу фазних провідників. Переріз нульових робочих і нульових захисних провідників в трьохпровідних лініях повинні бути не менше перерізу фазних. [17]

## **2.2. Характеристика основних споживачів електроенергії багатоповерхового житлового будинку**

Зазвичай споживачі електроенергії систематизують за такими основними експлуатаційно-технічними ознаками:

- виробниче призначення;
- режим роботи;
- потужність і напруга;
- вид струму;
- ступінь надійності живлення;
- територіальне розміщення;
- щільність навантаження;
- постійність розташування.

Різноманіття приймачів електричної енергії багатоповерхового житлового будинку за функціональною ознакою можна поділити на 2 групи:

- електроприймачі квартир;
- електроприймачі загально-будинкового призначення.

У першу групу входять освітлювальні й побутові електроприлади та різноманітне електроустаткування. Другу групу становить електричне устаткування системи життєзабезпечення житлового будинку: силове устаткування вантажних і пасажирських ліфтів, насосів господарського і протипожежного водопостачання, кліматичних і вентиляційних систем, пристроїв димозахисну, машини механічного прибирання сходів і коридорів, електричне обігрівання й освітлення загальнобудинкових приміщень тощо. [8].

Важливим показником електроспоживачів житлових будинків також є група за категорію надійності електропостачання. Для електроспоживачів житлових будинків і гуртожитків вона визначається кількістю поверхів. Категорійність поширюється не на весь будинок (споживач ЕЕ), а на окремі

електроприймачі цього будинку. Сучасні висотні будинки й будинки-комплекси характеризуються наявністю електроприймачів як I категорії надійності електропостачання, так і особливої групи електроприймачів [8].

Електроприймачі висотних будинків належать до таких категорій [3]:

- особлива група I категорії – електроприймачі ліфтів для транспортування пожежних підрозділів, систем протидимового захисту, автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, оповіщення та управління евакуацією, освітлення безпеки та евакуаційного освітлення, систем протипожежного водопроводу, протипожежних пристроїв систем інженерного обладнання, аварійно-рятувального обладнання вогнів світлового обгородження й світломаркування та сигналізації довибухової концентрації газу;

- I категорія – електроприймачі, пов'язані з роботою інженерних систем будинку, зв'язку, ліфтів та електроприймачі згідно з ДБН В.2.5-23:2010 [4];

- II категорія – електроприймачі, що не увійшли до переліку особливої групи I та II категорій.

При енергетичному обстеженні розглядалися такі основні групи споживачів електричної енергії: освітлення, комп'ютерна техніка та побутові прилади. У будинку 729 квартир, з яких 296–однокімнатні, 245–двокімнатні, 188–трикімнатні. Дані по загальному енергоспоживанню різним електрообладнанням та сумарні дані зведемо у табл. 2.1

### **2.3 Розрахунок електричних навантажень багатоповерхового житлового будинку**

Розрахунок навантаження житлової будівлі здійснюється методом розрахункових коефіцієнтів. Вихідними даними є номінальна потужність окремих ЕП та їх кількість, які були наведені в табл. 2.1. Приведемо розрахунок для побутового обладнання, яке живиться від ТП.



## Загальне енергоспоживання

Призначення	Електричне обладнання		N,шт	P,Вт	год/рік	кВт*год/рік
	2	3				
Споживання лампами на сходових клітинах	Лампи	LED-лампи	96	12	8760	9044
Споживання обладнанням, що знаходиться у квартирі	Лампи	LED-лампи	7290	12	2160	188957
Споживання обладнанням, що знаходиться у квартирі	Комп'ютерне обладнання	Ноутбук	729	200	2160	314928
		Телевізор	1093	100	2880	314784
	Побутове обладнання	Чайник	729	2000	180	262440
		Холодильник	729	800	8760	5108832
		НВЧ піч	729	2000	180	262440
		Витяжка	729	100	2100	45000
		Пральна машина	729	1500	120	131220
		Пилосос	729	1500	170	185895
		Фен	729	1700	80	99144
		Блендер	400	300	100	12000
Кліматичне обладнання	Вентилятор	250	60	180	2700	
	Кондиціонер	250	1500	640	240000	

	Електричні плити	Плита	729	9000	1440	9447840
Спожи вання ліфтом	Ліфт	Підйомний	3	15300	2160	99144

Розрахуємо сумарну потужність розподільчого щита за формулою:

$$\sum P_{n.\Sigma} = \sum P_{n.i} \cdot n,$$

де  $P_{n.i}$  – потужність одного електроприймача, кВт;  $n$  – кількість подібних електроприймачів;

Підставивши у формулу відповідні значення, отримаємо:

$$\begin{aligned} \sum P_n &= 729 \cdot 2 + 729 \cdot 0,8 + 729 \cdot 2 + 729 \cdot 0,1 + 729 \cdot 1,5 + 729 \cdot 1,5 + 729 \cdot 1,7 + 400 \cdot 0,3 \\ &= 7118,4 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Проміжну активну та реактивну потужність визначимо за формулою:

$$P_{\text{пр.}} = P_{n.\Sigma} \cdot K_v,$$

$$Q_{\text{пр.}} = P_{\text{пр.}} \cdot \text{tg}\varphi,$$

де  $K_v$  – коефіцієнт використання встановленої потужності,  $\text{tg}\varphi$  – значення коефіцієнта реактивної потужності.

Визначимо проміжну активну та реактивну потужність на прикладі побутових чайників за формулами:

$$P_{\text{пр.}} = 1458 \cdot 0,85 = 1239,3 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{пр.}} = 1239,4 \cdot 0,62 = 768,37 \text{ квар.}$$

Аналогічно розрахуємо для інших видів електроприймачів та знаходимо значення середньої потужності для всього розподільчого щита.

Серед усіх споживачів знаходимо з максимальною та мінімальною потужностями та визначаємо співвідношення за формулою:

$$m = \frac{P_{ni \text{ max}}}{P_{ni \text{ min}}}$$

де  $P_{ni \max}$  – найбільше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт,

$P_{ni \min}$  – найменше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт.

$$m = 9/0,06 = 150$$

Так як  $m > 3$ , а кількість споживачів більше десяти, то знайдемо ефективне число електроприймачів, шт, за формулою:

$$n_{p.e} = \frac{2 \cdot \sum P_{n.\Sigma i}}{P_{n.i. \max}},$$

$$n_{p.e} = (2 * 15090) / 9 = 3353 \text{ шт.}$$

Оскільки  $n_{p.e} < n$ , то за ефективне число ЕП приймаємо  $n_{ef} = 3353$  шт.

За імовірнісними кривими  $k_p = f(n_e, K_b)$  визначаємо величину розрахункового коефіцієнта активної потужності:

$$K_p = 1$$

Знайдемо розрахункове активне навантаження, кВт, на розподільчому щиті за формулою:

$$P_p = P_{пр.} \cdot K_p,$$

$$P_p = 9420,68 * 1 = 9420,68 \text{ кВт.}$$

Так як ефективне число споживачів більше 10, то розрахункове реактивне навантаження :

$$Q_p = Q_n = 9136,78 \text{ квар.}$$

Визначимо повне навантаження для даної групи електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_p = \sqrt{9420,68^2 + 9136,78^2} = 13123,64 \text{ кВА.}$$

Аналогічний розрахунок проводиться для всіх груп споживачів. Отримані за тим самим алгоритмом результати розрахунків для кожної силової збірки наведені у таблиці 2.2.

## Зведені результати розрахунку навантажень споживачів

	п,шт	$P_n, \text{кВт}$	$P_n \Sigma$	Кв	cos	tg	$P_{\Pi}$	$Q_{\Pi}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чайник	729	2	1458	0,85	0,99	0,62	1239,3	768,366
Пральна машина	729	1,5	1093,5	0,65	0,75	0,882	710,775	626,904
Пилосос	729	1,5	1093,5	0,6	0,7	1,02	656,1	669,222
Фен	729	1,7	1239,3	0,6	0,7	1,02	743,58	758,452
Блендер	400	0,3	120	0,5	0,85	0,62	60	37,2
Холодильник	729	0,8	583,2	0,6	0,75	0,882	349,92	308,629
Ел плита	729	9	6561	0,6	0,7	1,02	3936,6	4015,33
Витяжка	729	1,5	1093,5	0,6	0,7	1,02	656,1	669,222
НВЧ піч	729	2	1458	0,6	0,6	1,33	874,8	1163,48
Вентилятор	250	0,06	15	0,4	0,85	0,62	6	3,72
Кондиціонер	250	1,5	375	0,5	0,85	0,62	187,5	116,25
<b>Побутова техніка</b>	6732		15090				9420,68	9136,78
LED-лампи	7386	12	88632	0,3	0,95	0,33	26589,6	8774,57
<b>ЩО</b>	7386		0	0,37				
Ноутбук	729	0,2	145,8	0,3	0,95	0,33	43,74	14,4342
Телевізор	1093	0,1	109,3	0,3	0,95	0,33	32,79	10,8207

Розглядаємо в другому під'їзді 2 - 19 поверх.

Першим етапом роботи над системою електропостачання житлового будинку є визначення розрахункових електричних навантажень для подальшого вибору комутаційної апаратури і розподільних мереж. Правильний розрахунок електричних навантажень житлової будівлі є запорукою побудови надійної системи електропостачання.

Будь-яке електричне навантаження розділяється на освітлювальне і силове навантаження. Силовим навантаженням в житловій будівлі є навантаження електротеплового устаткування, холодильного устаткування. Тому сумарне електричне навантаження житлової будівлі дорівнює сумі з освітлювального і

силового навантаження.

Розрахунок електричних навантажень в житловій будівлі багато в чому відрізняється від розрахунку електричних навантажень у виробничому приміщенні. Потужність житлової будівлі необхідно розраховувати виходячи з наявності в кожній квартирі електротехнічного устаткування, що є величиною не постійно і створює додаткові проблеми при її розрахунку. Тому для розрахунку потужності в житлових будівлях використовують метод ґрунтований на теорії вірогідності і багаторічних дослідженнях. Цей метод ґрунтований на питомому навантаженні в кіловатах на одну квартиру. Величина питомого навантаження також залежить від розміру житлової площі кожної квартири, числа квартир, приєднаних до цього елемента мережі, виду кухонних приладів(газові, електричні і інші плити). [7]

Дана житлова будівля є повністю житловою без офісних приміщень тому розрахунок електричних навантажень робитимемо по формулі [11],

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n,$$

де  $P_{\text{кв. уд}}$  - питома навантаження електроприймачів квартир, приєднаних до лінії(ТП);  $n$  - кількість квартир, приєднаних до лінії(ТП).

Розрахуємо навантаження поверхових щитів другого під'їзду [4] :

$$P_{\text{кв}} (2-5 \text{ поверх}) = 2.9 \cdot 20 = 58 \text{ кВт.}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}} * \cos\varphi}$$

$$I_p = 58000 / 1,73 * 380 * 0,93 = 94,87 \text{ А.}$$

При коефіцієнті попиту 1,2 номінал апарату захисту рівний

$$I_N = I_p * 1,2 = 94,87 * 1,2 = 113,84 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги для цього кабелю:

$$U(\%) = P_p * L / 72 / K = 58 * 72 / 72 / 25 = 2,32\%$$

Падіння напруги не повинне перевищувати 5% СП 31-110-2003.

$$P_{\text{кв}} (6-9 \text{ поверх}) = 2.9 \cdot 20 = 58 \text{ кВт.}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}} * \cos\varphi}$$

$$I_p = 58000 / 1,73 * 380 * 0,93 = 94,87 \text{ А.}$$

При коефіцієнті попиту 1,2 номінал апарату захисту рівний

$$I_N = I_p * 1,2 = 94,87 * 1,2 = 113,84 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги для цього кабелю:

$$U(\%) = P_p * L / 72 / K = 58 * 85 / 72 / 25 = 2,74\%$$

Падіння напруги не повинне перевищувати 5% СП 31-110-2003.

$$P_{\text{кв}} (10-13 \text{ поверх}) = 2,9 * 20 = 58 \text{ кВт.}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos\varphi}$$

$$I_p = 58000 / 1,73 * 380 * 0,93 = 94,87 \text{ А.}$$

При коефіцієнті попиту 1,2 номінал апарату захисту рівний

$$I_N = I_p * 1,2 = 94,87 * 1,2 = 113,84 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги для цього кабелю:

$$U(\%) = P_p * L / 72 / K = 58 * 98 / 72 / 25 = 3,16 \%$$

Падіння напруги не повинне перевищувати 5% СП 31-110-2003.

$$P_{\text{кв}} (14-16 \text{ поверх}) = 3,33 * 15 = 49,95 \text{ кВт.}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos\varphi}$$

$$I_p = 49950 / 1,73 * 380 * 0,93 = 81,7 \text{ А.}$$

При коефіцієнті попиту 1,2 номінал апарату захисту рівний

$$I_N = I_p * 1,2 = 81,7 * 1,2 = 98,04 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги для цього кабелю:

$$U(\%) = P_p * L / 72 / K = 49,94 * 108 / 72 / 25 = 2,99\%$$

Падіння напруги не повинне перевищувати 5% СП 31-110-2003.

$$P_{\text{кв}} (17-19 \text{ поверх}) = 3,33 * 15 = 49,95 \text{ кВт.}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos\varphi}$$

$$I_p = 49950 / 1,73 * 380 * 0,93 = 81,7 \text{ А.}$$

При коефіцієнті попиту 1,2 номінал апарату захисту рівний

$$I_N = I_p * 1,2 = 81,7 * 1,2 = 98,04 \text{ А.}$$

Розрахуємо падіння напруги для цього кабелю:

$$U(\%)=P_p \cdot L / 72 / K = 49.94 \cdot 116 / 72 / 25 = 3.22\%$$

Падіння напруги не повинне перевищувати 5% СП 31-110-2003.

Розрахунки поверхових щитів для інших під'їздів робиться аналогічно.

В результаті отриманих даних для живлення поверхових розподільних щитів виберемо кабель ВВГнг - LS 5x25.

Кабель ВВГнг - LS призначений для експлуатації в сухих і вологих виробничих приміщеннях на висоті до 4300 м над рівнем моря. Кабель ВВГнг - LS застосовується для прокладення і монтажу електричних мереж на спеціальних кабельних естакадах, в спорудах і виробничих приміщеннях до яких пред'являються підвищені вимоги пожежної безпеки.

Оскільки житловий комплекс живиться від трьох ввідно-розподільчих пристроїв то для розрахунку оберем один - ВПР1.

Визначимо сумарне навантаження на ввідному розподільному пристрої при кількості квартир рівному дев'яносто і розрахунковій питомій потужності рівної 1,8 [4] :

$$P_{об} = 90 \cdot 1,8 = 162 \text{ кВт.}$$

Живлення ввідно розподільчого пристрою здійснюється від двох введень (оскільки забезпечує живлення електроспоживачів другої категорії надійності).

Визначимо розрахунковий струм ввідному розподільному пристрої:

$$I_{об} = \frac{P_{об}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi}$$

$$I_{об} = 162000 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,93) = 264,97 \text{ А.}$$

Для живлення ввідного розподільного облаштування житлового п'ятиповерхового будинку вибираємо кабель типу АВБбшв 4x240мм<sup>2</sup> з тривалим допустимим струмом при прокладенні в землі рівним 337А.

Введення №1(основний) - 162кВт, 264,97 А(житловий будинок - навантаження II категорії).

Введення №2 (резервне) - 162кВт, 264,97 А(житловий будинок - навантаження II категорії). [4]

## 2.4. Проектування схеми зовнішнього електропостачання об'єкта

Від електроенергії відбувається від ТП по двом взаєморезервуючим чотирьохжильним кабельним лініям до ВРП житлового будинку, що використовуються для прийому, розподілу та обліку електроенергії трифазного змінного струму. ВРП встановлені в електрощитовій житлового будинку (рис.2.1).

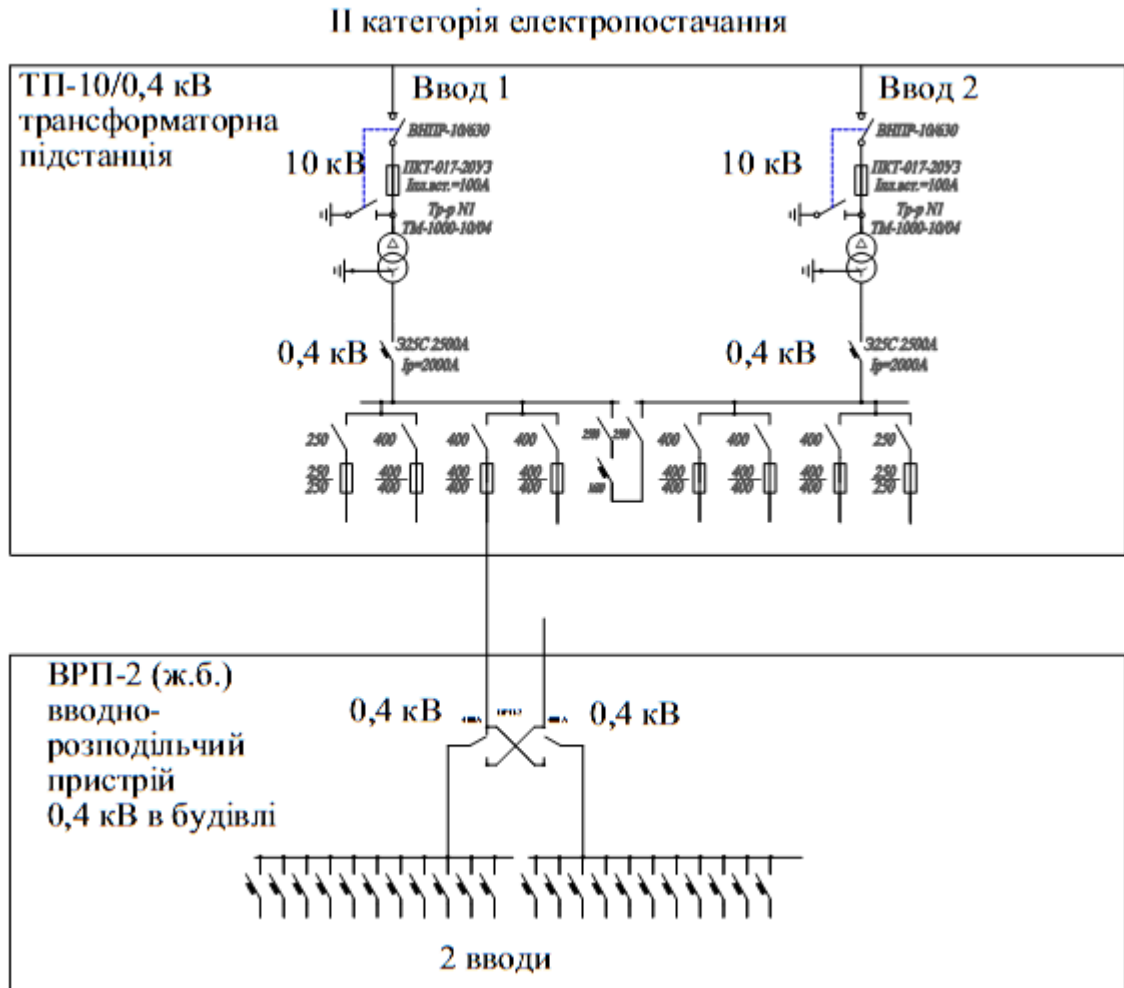


Рис. 2.1. Схема зовнішнього електропостачання багатоповерхового житлового будинку

На водах ВРП розташовані прилади контролю наявності напруги.

## 2.5. Проектування схеми внутрішнього електропостачання об'єкта

Електроживлення житлового будинку відбувається від ввідно-розподільчих щитів ВРЩ (рис. 2.2).



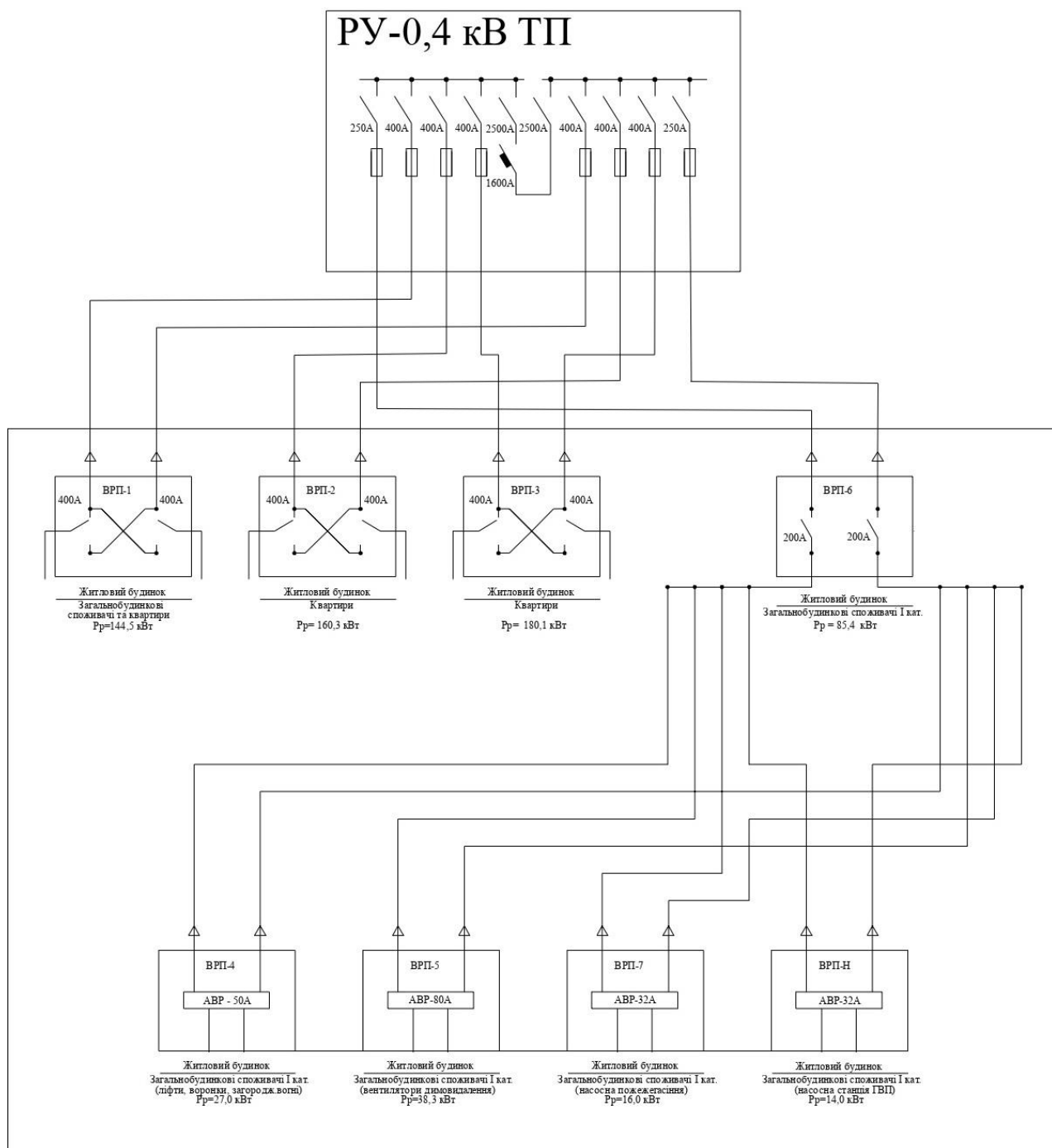


Рис. 2.2. Схема системи внутрішнього електропостачання житлового будинку

ВРП-1, ВРП-2 та ВРП-3 відповідають за побутове навантаження (квартири) та за робоче освітлення місць загального користування, до яких відносяться – ліфтові холи, сходові клітини, та поверхові коридори. Робоче освітлення сходових клітин вмикається за допомогою реле часу в ранкові та вечірні години.

ВРП-1, ВРП-2 та ВРП-3 призначені для електроживлення споживачів II

категорії надійності електропостачання, що здійснюється двома перекидними рубильниками на вводах.

Електроживлення побутових споживачів відбувається від щитів ВРП-1, ВРП-2 та ВРП3 до поверхових щитів ЩП, в яких розташовані розташовані лічильники комерційного обліку електроенергії квартир. Живлення до щитів ШП забезпечується кабелем марки ВВГнгд 4(1x25)+1x16.

Від щитів ЩП, кабелями ВВГнгд 3x10 відбувається електроживлення квартирних щитів ЩК, що знаходяться в передпокоях квартир та служать для розподілу електроенергії в приміщенні квартири.

Електроосвітлення місць загального користування відбувається кабелем ВВГнгд 3x1,5.

ВРП-6 служить розподільчим щитом для щитів ВРП-4, ВРП-5, ВРП-7, ВРП-Н, які призначені для електроживлення споживачів I категорії надійності електропостачання, що здійснюється встановленням на вводах пристроїв АВР (автоматичне включення резерву).

Щити I категорії надійності електропостачання відповідають за таких споживачів:

ВРП-4 відповідає за ввідні пристрої ліфтів, воронки на покрівлі з електропідігрівом та загороджувальні вогні (за вимогами Украероруху). Електроживлення споживачів виконується кабелями ВВГнгд відповідних перерізів.

ВРП-5 відповідає за вентилятори димовидалення та підпору повітря в сходові клітини, а також живлення ліфту для транспортування протипожежних підрозділів (ЛТПП). Електроживлення вентиляторів димовидалення та підпору повітря виконується кабелями FLAME NHXN E90 перерізом 5x2,5 мм<sup>2</sup>, ЛТПП – перерізом 5x10мм<sup>2</sup>, які мають межу вогнестійкості 90 хвилин.

ВРП-7 відповідає за аварійне та евакуаційне освітлення приміщень загального користування (поверхові коридори, сходові клітини та ліфтові холи) та технічні приміщення (електрощитова, приміщення насосної станції, ) та виконується кабелями FLAME NHXN E30 перерізом 3x1,5 мм<sup>2</sup>, які мають межу

вогнестійкості 30 хвилин.

ВРП-Н відповідає за насосну станцію ГВП (гарячого водопостачання).

ЩК-1--щиток квартирний для 1, 2-х кімнатних квартир

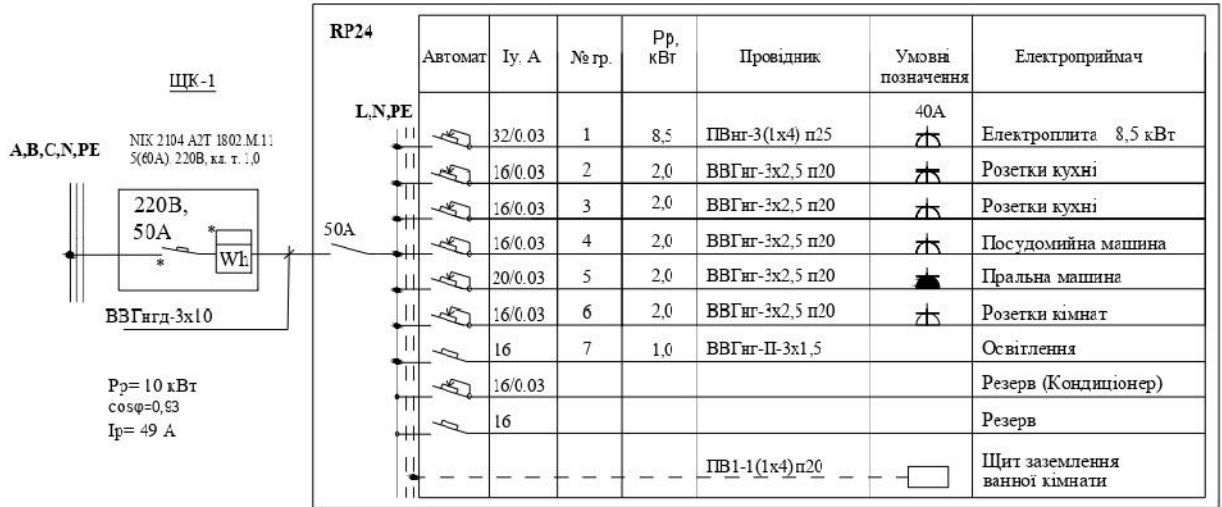


Рис. 2.3. Квартирний щиток для 1, 2-х кімнатних квартир

ЩК-1 1 віда 3 рівня 1,2 кімнатні площа до 90 м.кв.

ЩК-2--щиток квартирний для 5-х кімнатної квартири 24 поверх

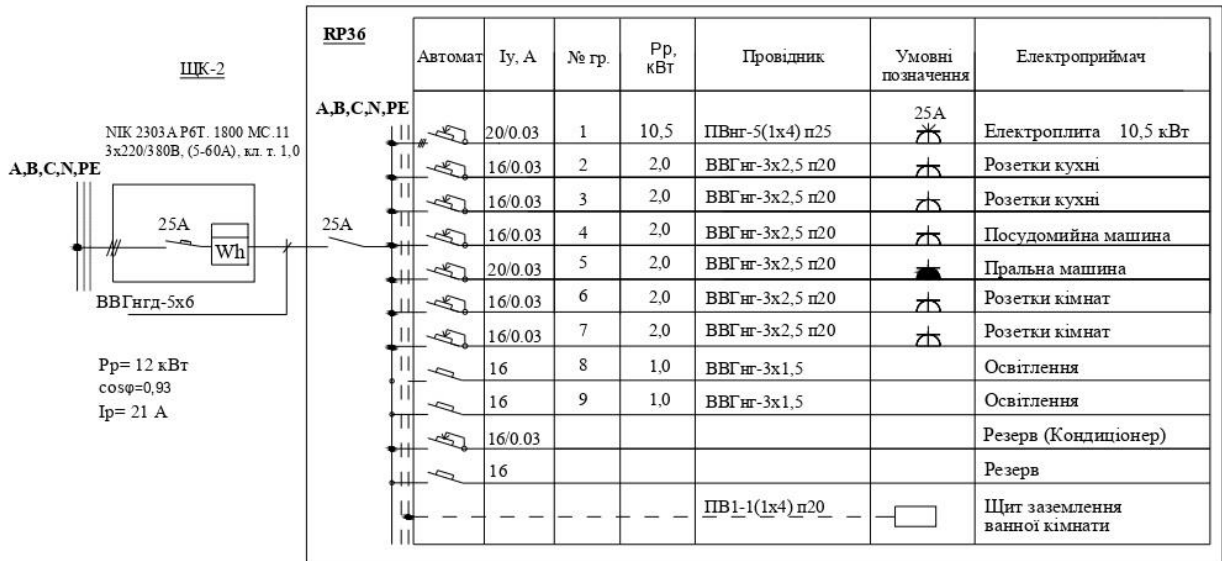


Рис. 2.4. Квартирний щиток для 3-х кімнатної квартири

ЩК-2 1 віда 4 рівня 2,3 кімнатні площа до 95 м.кв.

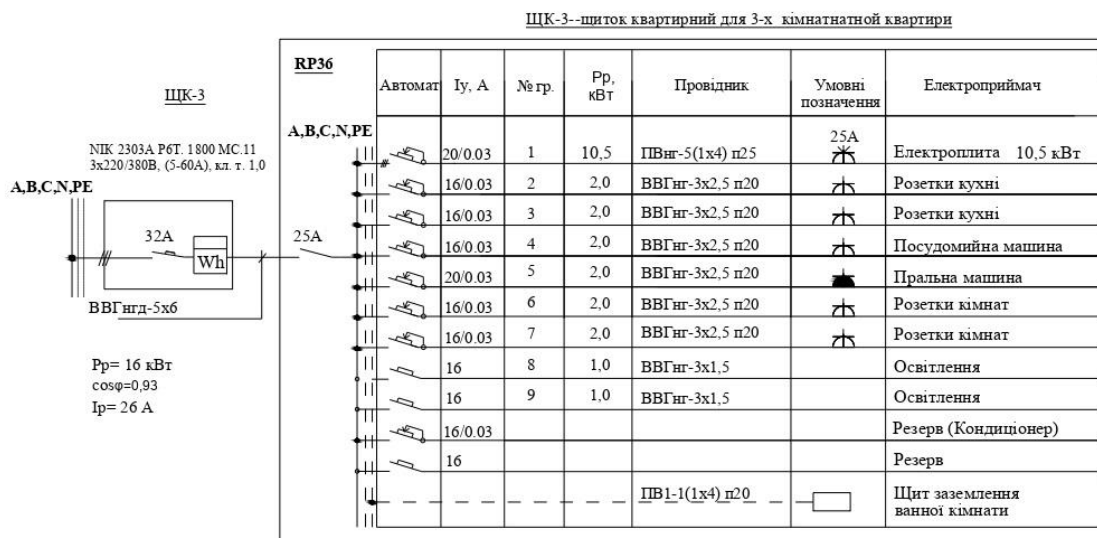


Рис. 2.5 Квартирний щиток для 3-х кімнатних квартир

ЩК-3 2 віда 3 кімнатні площа більше 95 м.кв

## 2.6 Характеристика трансформаторних підстанцій (вузлів розподілу електричної енергії) та їх завантаження

Трансформаторна підстанція розрахована та побудована для електропостачання житлового комплексу ЖК «Кампус» та являє собою окремостоячу будівлю із приміщенням 10 кВ, трансформаторними камерами на двома масляних силових трансформатори 1000 кВА, 10/0,4 кВ та приміщенням РУ-0,4 кВ.

Період експлуатації ТП, що забезпечує живлення – з 2020 року. З того часу модернізація не проводилась.

Електропостачання житлового будинку відбувається від панелей РУ-0,4 до ВРП-1, ВРП-2, ВРП-3, ВРП-6 згідно структурної схеми.(рис. 2.2).

Виконаємо перевірку існуючих кабельних ліній від ТП до ввідно-розподільчих пристроїв (ВРП). За проектними даними є 8 кабелів, з них 6 кабелів марки АВВГ 4х240 (електроживлення щитів ВРП-1, ВРП-2, ВРП-3) та 2 кабеля марки АВВГ 4х150 (ВРП-6).

Допустимий струм кабелю марки АВВГ 4х240 в землі  $I_{\text{доп}} = 337\text{А}$ , активний опір жил кабелю  $r_0 = 0,132\text{ Ом/км}$ .

Допустимий струм кабелю марки АВВГ 4х150 в землі  $I_{\text{доп}} = 254\text{А}$ ,

активний опір жил кабелю  $r_0 = 0,21 \text{ Ом/км}$ .

Визначимо розрахунковий струм у кабельній лінії для максимально навантаженого щита ВРП-3.

Розрахунковий струм у кабельній лінії для нормального режиму визначаємо за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}$$
$$I_p = \frac{180,1}{\sqrt{3} * 0,38} = 272,9 \text{ А}$$

Перевіримо за умовою:

$$\frac{I_{розр}}{K_1 \cdot K_2} < I_{дон} ,$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – коефіцієнти, що враховують умови прокладання та відстань між кабелями відповідно, приймаємо  $K_1 = 1,03$ ,  $K_2 = 0,9$ .

Для кабелів марки АБВГ 4х240:

$$\frac{272,9}{1,03 * 0,9} = 294,4 < 337 \text{ А}$$

Умова виконується.

Проведемо аналогічний розрахунок для кабелів марки АБВГ 4х150 (ВРП-6):

$$I_p = \frac{85,4}{\sqrt{3} * 0,38} = 129,4 \text{ А}$$
$$\frac{129,4}{1,03 * 0,9} = 139,6 < 254 \text{ А}$$

Умова виконується.

## 2.7. Проектування схеми електропостачання квартири

Багатоквартирний п'ятиповерховий житловий будинок живиться від ВРП по двох кабельних лініях(основне і резервне введення) з різних секцій ТП 10/0,4 для взаємного резервування введень кабелем АВБбшв 4х240мм<sup>2</sup>.

Перемикання між введеннями здійснюється трифазними рубильниками у

ввідному розподільному пристрої з плавкими вставками.

Ввідний розподільний пристрій здійснює живлення групових поверхових щитів, розташованих з 2 по 19 поверх будинку.

Груповий поверховий щит на 2-5 поверсі будинку здійснює живлення квартир на 2-5 поверсі.

Груповий поверховий щит на 6-9 поверсі будинку здійснює живлення квартир на 6-9 поверсі багатоквартирного будинку.

Груповий поверховий щит на 10-13 поверсі будинку здійснює живлення квартир на 10-13 поверсі багатоквартирного будинку.

Груповий поверховий щит на 14-16 поверсі будинку здійснює живлення квартир на 14-16 поверсі багатоквартирного будинку.

Груповий поверховий щит на 17-19 поверсі будинку здійснює живлення квартир на 17-19 поверсі багатоквартирного будинку.

Живлення поверхових розподільних щитів здійснюється кабелем ВВГнг-нд 3х10. Поверхові електричні щити встановлюються на сходових клітинах разом з електропроводкою живлячого стояка.

Підведення електроенергії до квартирних апаратів захисту від живлячого стояка виконане дротом ПВ 5(1х10). У квартирних щитках передбачаємо три лінії автоматів :

1. Для освітлення і групи розеток житлових кімнат(кімнат);
2. Освітлення і групи розеток усіх приміщень кухні і санвузла;
3. Технологічні розетки електроприймачів кухні і санвузла.

Встановлення лічильника електроенергії передбачено в поверховому щиті. На вводі в квартирний щиток передбачаємо встановлення пристрою захисного відключення, автоматичні вимикачі також встановлюються на групових лініях, що відходять. Крім того, на лінії, що живить штепсельні розетки електроприймачів кухні і коридору, передбачаємо установку облаштування захисного відключення. Від шини РЕ в щиті поверховому провідник системи зрівнювання потенціалів квартири прокладається приховано в підлозі загального коридору і під підлогою квартири в ПВХ трубі до санвузлів і кухні. [7]

## 2.8. Баланси річного споживання активної та реактивної енергії

Складемо баланс споживання енергії електроспоживачами житлового будинку за 2020 рік.

Електрична енергія витрачається на освітлення квартир, сходових клітин, ліфтів, на допоміжне освітлення тощо. Проаналізуємо споживання електричної енергії електрообладнання, яке знаходиться в будівлі.

Загальне електроспоживання одним електричним приладом в кВт\*год/рік знаходитимемо за формулою:

$$W_{\Sigma} = N \cdot P_{одн} \cdot \tau \cdot 10^{-3} \cdot K_{\epsilon}$$

де  $N$  – кількість одиниць обладнання з однаковою встановленою потужністю, шт;  $P_{одн}$  – встановлена потужність одиниці обладнання, Вт;  $\tau$  – тривалість роботи обладнання, год/рік.

Всі значення потужності, які використовуються у розрахунках, є фактичними та отримані в результаті практичного збору даних по електрообладнанню, що знаходиться в будівлі. У будинку знаходиться 53 квартири, серед яких одно-, двох- та трикімнатні, і відповідно до цього можна сказати, що у кожному з типів квартир нараховується відповідна кількість обладнання.

Розподіл корисного споживання електроенергії між споживачами різного призначення за 2020 рік зведемо в табл. 2.3

Таблиця 2.3

### Розподіл споживання між споживачами різного призначення

Споживання електричної енергії	$W_{\Sigma}$ , кВт*год/рік
Ліфт	99144
Обладнання, яке знаходиться у квартирах	11011124
Лампи на сходових клітинах	10091,52
$\Sigma$	11120359,5

Зобразимо електричний баланс за 2020 рік на рисунку 2.6.



Рис. 2.6. Споживання електроенергії споживачами різного призначення

Зі структурного енергобалансу можемо побачити, що найбільше електроенергії споживається побутовою технікою ( на неї припадає 81% від усієї спожитої енергії за рік). Загальний річний обсяг споживання електроенергії в житловому будинку становить: 11120359,5 кВт·год/рік.

## 2.9. Облік споживання електроенергії

В житловому комплексі передбачено комерційний облік електроенергії на межі балансової належності внутрішньобудинкових мереж і мереж електропередавальної організації, згідно ПКЕЕ п.3.6, багатофункціональними електронними лічильниками активно-реактивної енергії, з можливістю об'єднання в автоматизовану систему комерційного обліку (АСКОЕ).

Для технічного обліку електроенергії передбачено встановлення багатофункціональних електронних лічильників активно-реактивної енергії на кожному ВРП, з можливістю об'єднання в автоматизовану систему комерційного обліку (АСКОЕ). Поквартирний облік виконано однофазними багато тарифними електронними лічильниками у поверхових щитах.

Всі струмопровідні частини, розташовані до лічильників, захищаються спеціальними засобами, які опломбовуються. Опломбуванню підлягають також струмопровідні частини лічильників.



Облік електроенергії здійснюється відповідно до вимог глави 1.5 ПУЕ, розділу 2.7 НПАОП 401-1.32-01, «Правил користування електричною енергією», вимог розділу 11 ДБН В.2.5-23-2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» та ДСТУ-НБВ 2.5-37-2008 Національного стандарту України "Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з проектування, моніторингу та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами".



## РОЗДІЛ 3

### ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Як уже відзначалося у попередніх розділах, в Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками.

Енергоефективність для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоспроможності, для екології – обмеження викидів парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

Нормуванні енергоефективності будівель і споруд здійснюється згідно Європейської директиви про енергетичні характеристики будівель EPBD-2010 (Energy Performance of Building Directive). Директива підтримується більш ніж 40 стандартами EN, що характеризують загальне споживання енергії в будівлі, встановлюють методи розрахунку енергоспоживання окремими інженерними системами і будівлею в цілому, визначають навантаження на опалення та охолодження будівлі, встановлюють правила вибору умов функціонування будівель, забезпечують моніторинг і верифікацію маркування та сертифікації енергоефективності будівель.

У житловому секторі найбільший внесок в енергозбереження може забезпечити модернізація системи опалення приміщень, збільшення частки централізованого теплопостачання, а також водонагрівального обладнання з можливим використанням сонячних колекторів. Економія енергії може бути досягнута також за рахунок використання енергоефективних приладів та сучасних засобів освітлення. В структурі енергозбереження в житловому секторі послуг більшу частку займає модернізація систем опалення приміщень.

Кафедра АЕМ				НАУ 21 03 33 000 ПЗ				
Виконав	Слободяник М.М.			ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Мазур Т.А.				Д			
Консульт.					141 ЕС-411Б			
Н-контр.	Мазур Т.А.							
Зав. каф.	Захарченко В.П.							

Важливе місце в енергозбереженні також займає модернізація та заміна існуючих систем освітлення і гарячого водопостачання. При цьому заходи в житлових приміщеннях є більш економічно привабливими і строк повернення інвестицій є більш коротким.[20]

При проектуванні сучасних багатоповерхових будинків можливе використання наступних енергозберігаючих технологій:

- в системі холодопостачання використовується акумулятори холоду для зменшення пікового споживання електроенергії в денний час.

- для освітлення технічних приміщень (сходові клітини, холи, ліфти) застосовується впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла (CHIP-N-BOARD, LED); використання компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ); установка електронних пускорегулювальних пристроїв (ЕПРА); використання систем автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів (системи керування зовнішнім і внутрішнім освітленням). Це дає змогу підвищити коефіцієнт потужності до 0,92 ( $\cos \phi$ ).

- централізоване обладнання механічних систем вентиляції та кондиціонування (потужні вентилятори, насоси) поставляється з частотними регуляторами. Для компенсації нелінійних спотворень (гармонік) в мережі живлення, що викликаються застосуванням частотних регуляторів, в схемах цих регуляторів передбачається використання вбудованих фільтрів.

- для компенсації реактивної потужності на шинах кожного ВРП 0,4 кВ запроектовані конденсаторні установки.

На сьогодні при будівництві нових житлових будинків та комплексів враховуються вимоги (включаючи і вимоги до енергоефективності), що ґрунтуються та таких офіційних документах як:

- ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення»

- ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення»

- закон України «Про енергетичну ефективність будівель» № 199-IX від 17.10.2019

Однак незважаючи на врахування сучасних тенденцій при будівництві і

проектуванні житлових будинків питання нераціонального використання електричної енергії та питання контролю потоків електроенергії досі є актуальним. Одним із можливих шляхів вирішення цієї проблеми є застосування в житловому багатоповерховому будинку інтелектуальної системи електропостачання.

У найзагальнішому вигляді інтелектуальна системи електропостачання - це комплекс технічних засобів, які в автоматичному режимі виявляють найслабші і аварійно-небезпечні ділянки мережі, а потім змінюють її характеристики і схему з метою запобігання поломки і зниження втрат.

Інтелектуальна система електропостачання передбачає:

- забезпечення централізованого контролю і управління електропостачанням житлової будівлі із заданою надійністю і енергоефективністю;
- управління в автоматичному режимі роботою системи електровводу і розподілу електроенергії по споживачах;
- забезпечення безперебійного живлення критичного електрообладнання;
- отримання об'єктивної інформації про роботу і стан усіх підсистем і своєчасного повідомлення диспетчерам про необхідність виклику фахівців із сервісного обслуговування у разі відхилення параметрів елементів системи від штатних показників;
- забезпечення адаптації системи до проблем електромагнітної сумісності, переналаштування параметрів і структури системи для оптимальної роботи в умовах нелінійних навантажень;
- оптимальний режим управління інженерним обладнанням з метою скорочення витрат на використання енергоресурсів;
- здійснення своєчасної локалізації аварійних ситуацій.

Найбільш часто споживачі електроенергії зустрічаються з наступними видами спотворення напруги в системах електроживлення:

- імпульсні перешкоди і високочастотний шум;
- підвищення або зниження напруги;
- відхилення частоти або гармонійні спотворення напруги;

- спотворення напруги при перехідних процесах;
- короточасні перебої або повне зникнення електроживлення.

Ці перешкоди викликаються різними причинами, включаючи аварії, проблеми при перемиканні в кабельних мережах і розподільних пристроях, робота потужного промислового обладнання, екстремальні погодні умови. Проблеми з електроживленням можуть призводити до зниження продуктивності, виходу з ладу обладнання, помилок в обробці даних, ризиків втрати важливої інформації тощо.

### **Структура інтелектуальної системи електропостачання (ІСЕП)**

Структура інтелектуальної системи енергопостачання локальних об'єктів включає наступні основні елементи:

- комплекс енергогенеруючого, перетворюючого і розподільного устаткування;
- система оперативного контролю і управління складається з трьох підсистем (АСУ-ЕС, АСУ-МС і АСУ-ВСВО);
- система контролю і управління режимами енергоспоживання (включивши облік ПЕР)

Комплекс енергогенеруючого, перетворюючого і розподільного устаткування забезпечує вироблення необхідних видів енергії і енергоресурсів (включаючи водопостачання і водовідведення), розподіл їх по споживачах.

Система оперативного контролю і управління відповідає за функціонування об'єктів електропостачання (ЕП), теплопостачання (МС), водопостачання і водовідведення (ВПВВ) і забезпечує:

- оптимальний режим роботи енергетичного устаткування;
- ефективне використання технічних можливостей і ресурсу енергетичного устаткування;
- моніторинг технічного стану і виявлення несправностей енергетичного

устаткування;

- локалізацію нештатних і аварійних ситуацій;
- фіксацію і архівацію подій, що відбувалися в локальній енергосистемі.

Система контролю і управління режимами енергоспоживання відповідає за оптимізацію режимів енергоспоживання, облік регламентів ТОіР і забезпечує:

- ефективне управління режимами енергоспоживання і раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

- облік паливних і енергоресурсів (технічний);

- облік напруження елементів локальної енергосистеми для планування ТОіР і контролю за виконанням регламентів технічного обслуговування і ремонтів.

Узагальнена структура ІСЕР представлена на рис.3.1. Формування шин живлення різного рівня забезпечується апаратними і програмними засобами для стабілізації, перетворення і резерву електроживлення споживачів різного рівня надійності.

Нульовий рівень шини живлення відповідає якості напруги вхідного фідера з трансформаторної підстанції ТП.

Два вхідні фідери з ТП і АВР 1 формують шину першого рівня з якістю електроенергії, що поступає від загальнопромислової мережі.

Ввідно-розподільний пристрій (ВРП) формує шину другого рівня, захищену від мережевих перенапружень, високочастотних гармонік і шуму. Шина другого рівня забезпечує захист від перевантажень, короткого замикання, компенсацію реактивної складової потужності.

Стабілізатор напруги змінного струму (СН) формує шину третього рівня, що забезпечує стабільну напругу живлення в певному діапазоні відхилень напруги мережі.

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) змінного струму формує шину четвертого рівня змінного струму, що забезпечує безперебійне живлення однофазних і трифазних навантажень змінного струму 50 Гц з високою стабільністю і низьким коефіцієнтом спотворення синусоїдальної напруги шини.

Випрямнозарядний пристрій (ВЗП) формує шину четвертого рівня постійно го струму, що забезпечує безперебійне живлення навантажень постійного струму

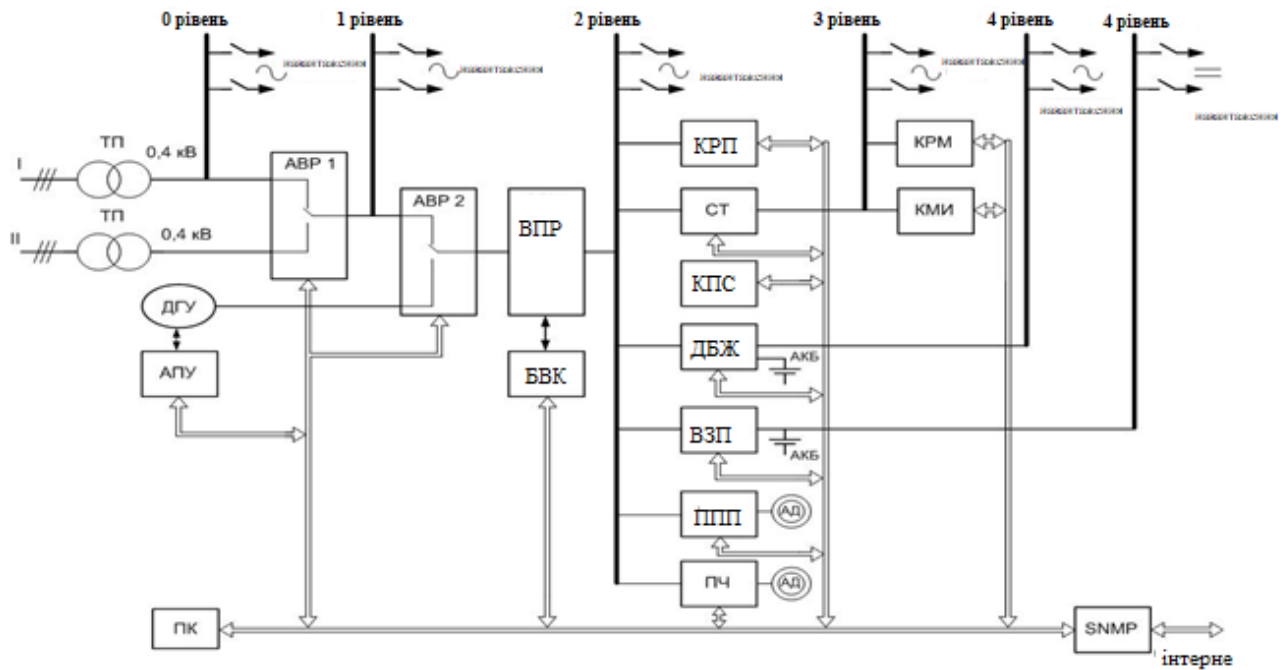


Рис.3.1 Структура ІСЕРП: ТП – трансформаторна підстанція, ДГУ - дизель-генераторна установка, АПУ – автоматична панель управління, АВР – установка автоматичного вводу резерва, ВРП – ввідно-розподільчий пристрій, БВК – багатофункціональний вимірювальний контролер, СТ – стабілізатор напруги, ДБЖ – джерело безпосереднього живлення, АБ – акумуляторні батареї, ВЗП – випрямно-зарядний пристрій, КРП – компенсатор реактивної потужності, КПС – компенсатор потужності спотворення, ППП – пристрій плавного пуску, ПЧ – перетворювач частоти, ПК – персональний комп'ютер.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проекту було отримано навички самостійного застосування відомостей, які були отримані при вивченні теоретичного матеріалу, та рішення комплексного завдання проектного характеру, освоєння конкретних методик розрахунків. Відбулось засвоєння на практиці теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні базових дисциплін спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Під час виконання проекту було розроблено систему електропостачання (СЕР) житлового комплексу напругою 0,4 кВ. Така система складається з ліній, що живлять житловий комплекс, пункту прийому електроенергії, лінії, що розподіляють електроенергію по житловому комплексу і трансформаторних підстанцій.

У першому розділі роботи було здійснено загальну характеристику житлового комплексу, проведено енергетичний аудит інженерних систем багатоповерхової житлової будівлі та аналіз споживання енергоносіїв та води за період 2020-2021 рік.

У другому розділі було проведено аналіз системи електропостачання багатоповерхового будинку житлового комплексу, визначено основні споживачі електроенергії та категорії їх надійності, проведено розрахунок електричних навантажень багатоповерхового житлового будинку за методом розрахункових коефіцієнтів.

В результаті проведених розрахунків запропоновано схеми зовнішнього електропостачання об'єкта та здійснено проектування схеми внутрішнього електропостачання об'єкта.

У третьому розділі наведені заходи з енергозбереження в системі електропостачання багатоповерхового житлового комплексу. Окрім загально відомих заходів, запропоновано застосування в житловому багатоповерховому будинку інтелектуальної системи електропостачання.



## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В. А. Лісенко, В. Г. Суханов, Ю. О. Закорчемний, С. Є. Верьовкіна  
Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. – Одеса: Изд-во «Optimum», 2015. – 254 с. 5-7
2. ГОСТ 30331.3-95 "Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током."
3. ДБН В.2.2-24:2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 105 с.
4. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 165 с.
5. Лисенко Г.А. “Підвищення енергетичної ефективності багатоповерхової житлової будівлі з визначенням економічного ефекту від термомодернізації”: дипломний проект на здобуття освітнього ступеню “Магістр” зі спеціальності 144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг\_с. 44, 47-50
6. Методика проведення енергетичного обстеження інженерних систем будівлі (споруди) с. 13-15
7. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА Выпускная квалификационная работа бакалавра направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля подготовки «Энергетика» профилизации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и энергосберегающие технологии»
8. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії : підручник / В. М. Охріменко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 286 с. (внести до списку літератури)]

9. Петергеря Ю. С., Жуйков В. Я., Терещенко Т.О. Интеллектуальні системи забезпечення енергозбереження житлових будинків
10. [Тарифи на електричну енергію для населення, що проживає у житлових будинках [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dtek-kem.com.ua/tarifi>]
11. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий: учебное пособие. – Москва: Энергоатомиздат. – 304с.
12. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c981f877826aa27be7991a852109095a255b0d90/peg-part01-ru.pdf> с. 7
13. <https://illinsky.com/news/energoberegayushchie-tehnologii-14>
14. <https://mb.expert/energetichna-efektyvnist-budivel-teplovizijne-obstehennya-audyt/>
15. <https://campus-dom.com.ua/ua/complex/specifications/>
16. <https://campus-dom.com.ua/ua/infocentr/news/3984/>
17. <https://santorpack.ru/uk/materialy/proekt-elektrosnabzheniya-mnogokvartirnogo-doma-elektrosnabzhenie-mnogokvartirnogo-doma-elektricheskaya.html>
18. <http://eprints.kname.edu.ua/24338/1/2010%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%20%2049%D0%9D%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87.%20%D0%BF%D0%BE%D1%81.%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE.%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B1%D0%B6.%D0%B2%20%D0%B1%D1%83%D0%B4..pdf> с. 19-20
19. [<https://santorpack.ru/uk/materialy/proekt-elektrosnabzheniya-mnogokvartirnogo-doma-elektrosnabzhenie-mnogokvartirnogo-doma-elektricheskaya.html>]
20. [http://www.investplan.com.ua/pdf/6\\_2017/22.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/6_2017/22.pdf)
21. <https://www.ruselt.ru/articles/kontseptsiya-intellektualnoy-sistemy-elektrosnabzheniya-isel-ot-gruppy-ruselt-gruppa-ruselt/>

