

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ РОЗТАШУВАННЯ МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ДАХАХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ СПАЛЬНОГО РАЙОНУ М. МИКОЛАЄВА

Патрушева Л.І., Венгер Н.О.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
lpatruseva2@gmail.com, pulashkin09@gmail.com

Стаття присвячена актуальному питанню використання альтернативних джерел енергії. Автори приділяють увагу сонячній енергетиці, тому що вона має найкращі перспективи розвитку на Півдні України. У статті авторами проведено аналіз придатності поверхонь плоских дахів багатоповерхових будинків, компактно розміщених у межах спального району, для розташування сонячної мініелектростанції. Авторами розроблено рекомендації щодо проведення інвентаризації корисної площі дахів багатоквартирних будинків, придатних для розміщення сонячної електростанції, на основі загальнодоступних космічних знімків із використанням картометричних способів. Роботу з вивчення потенційної можливості розміщення сонячних панелей на дахах багатоповерхівок цілого мікрорайону для нашого міста проведено вперше. Авторами представлено критерії та надано класифікацію дахів. Критеріями поділу всіх будинків на окремі групи визначено такі: експозицію будинку або оберненість щодо сторін горизонту; наявність під'їздних надбудов; наявність вентиляційних споруд; довжину осьової лінії; кількість під'їздів. За результатами аналізу сформовано 8 однотипних груп будинків для спрощення процедури інвентаризації дахів. Зроблено оцінку площ дахів, придатних для розташування сонячних панелей, та запропоновано оптимальну схему їхнього розміщення. В результаті роботи автори сформулювали такі висновки: 1. Будинки розташовані без врахування пріоритетної характеристики, за сторонами світу. Для розміщення сонячних панелей оптимальною є південна експозиція, яка дасть змогу отримати максимальну кількість сонячної енергії. 2. На наявних будинках корисна поверхня придатна для розташування сонячних панелей становить близько 60–70 %, оскільки на дахах є під'їзні надбудови та вентиляційні споруди. 3. Загальна кількість панелей, які можна встановити на плоских дахах багатоповерхових будинків дослідженого мікрорайону, становить 11 040 штук. Номінальна сумарна потужність усіх панелей, які можна розмістити на дахах становить 3 091 200 Вт. *Ключові слова:* спальний район, дахи багатоповерхових будинків, сонячна енергія, мініелектростанція, генерована електроенергія.

Assessment of the possibility of location of mini power plant on the roofs of multistorey buildings of the microdistrict Mykolayev city. Patrusheva L., Venher N.

The article deals with the pressing issue of using alternative energy sources. The authors pay attention to solar energy because it has the best prospects for development in southern Ukraine. The authors of the article analyze the suitability of flat roofs of multi-storey buildings compactly located, within the residential area, for the location of a solar mini power plant. The authors have developed recommendations for inventorying the usable roof area of apartment buildings suitable for solar power plant placement, based on publicly available space imagery using cartometric methods. The work on the study of the potential of solar panels on the roofs of multi-storey buildings of the whole sleeping area, for our city, was carried out for the first time. The authors presented the criteria and provided a classification of roofs. The criteria for dividing all the houses into separate groups are determined: the exposure of the house or the inversion relative to the sides of the horizon; presence of access superstructures; availability of ventilation structures; the length of the centerline; number of entrances. According to the results of the analysis, 8 homogeneous groups of houses were formed to simplify the roof inventory procedure. The roof areas suitable for the location of solar panels have been evaluated and the optimal layout for their placement has been proposed. As a result of the work, the authors formulated the following conclusions: 1. The houses are located without taking into account the southern exposure. For solar panels placement, the southern orientation is optimal, which will allow you to get the maximum amount of solar energy. 2. On existing homes, the usable surface for solar panels is about 60–70 %, since the roofs have access aisles and ventilation structures. 3. The total number of panels that can be installed on the flat roofs of multi-storey buildings of the studied residential area is 11 040 pieces. The rated total power of all panels that can be placed on the roof is 3 091 200 wt. *Key words:* sleeping area, roofs of multi-storey buildings, solar energy, mini power plant, electricity generated.

Постановка проблеми. Обмеженість запасів енергоресурсів і нерівномірний перерозподіл, їхня вартість і складність у транспортуванні, сучасні геополітичні події і катастрофічні зміни клімату змусили людство на сучасному етапі розвитку шукати дешеві, невичерпні та легкодоступні джерела енергії. Вони є альтернативними до вуглеводнів, які традиційно використовувало людство багато століть поспіль. Тим більше, що потреби господарства в цьому виді енергії щороку поступово зростають. Такими енергоресурсами є сонячна радіація, енергія

вітру, внутрішня енергія Землі тощо. Ці різні за походженням і характером дії види енергії за допомогою спеціальних пристроїв перетворюються на електроенергію, потрібну в господарстві.

Актуальність дослідження. Питання використання альтернативної енергії є особливо актуальним для України. На сучасному етапі нам потрібно шукати нові джерела енергії, оскільки: ми не маємо достатньої кількості викопних ресурсів для повного забезпечення власних потреб, а період експлуатації реакторів атомних станцій підходить до

завершення. Україна робить важливі кроки для розширення використання відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року вдесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15 % скоротити споживання природного газу [1].

Одним із видів відновлюваних енергоресурсів є сонячна радіація. Вона є одним із найперспективніших і динамічних ВДЕ. Її використання є найбільш вигідним у тому регіоні, де її показник є досить високий, тобто на півдні країни. Розміщення сонячних панелей на дахах багатоповерхових будинків є раціональною ідеєю, яка активно впроваджується в західноєвропейських країнах, проте в Україні вона не має масового поширення. Тому ми вирішили присвятити своє дослідження аналізу можливостей використання для цього плоских дахів багатоповерхівок у місці їхнього компактного розташування.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Стратегічний європейський курс і намагання переходу до сталого розвитку формують нові сучасні виклики для України. Одним з основних є потреба в покращенні енергетичної безпеки. Це можливо лише за умов використання власних відновлюваних енергетичних ресурсів. Наша країна взяла на себе зобов'язання дотримуватися всіх нормативних вимог щодо виробництва електроенергії, створених на основі міжнародного та вітчизняного законодавства [2–4].

Основними законами, що регулюють праввідносини в галузі альтернативної енергетики, є Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо стимулювання заходів з енергозбереження», прийнятий Верховною Радою України (ВРУ) у 2012 році [4]. Питання можливості виробництва електроенергії окремими домогосподарствами врегульовує Закон України «Про альтернативні джерела енергії щодо врегулювання питання генерації електричної енергії приватними домогосподарствами» за 2019 рік [2]. Механізм продажу виробленої енергії представлений у Законі України «Про ринок електричної енергії» 2019 року [3] та в Постанові НКРЕКП «Про затвердження Змін до Порядку встановлення, перегляду та припинення дії “зеленого” тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств, генеруючі установки яких виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії» [5].

Експерти зазначають, що нововведення створило додаткові стимули для інвестицій у сектор відновлюваної енергетики України, в сегменти сонячної та вітрової енергії протягом останніх років і перебуває в процесі швидкого розвитку [6].

Проте представники компаній, що працюють на українському ринку альтернативної енергетики, зазначають, що чинне законодавство є недосконалим і потребує значних змін та уточнень. Європейський і світовий досвід мають допомогти Україні стати на правильний шлях до повної енергетичної незалежності та високих екологічних стандартів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 2018 році зросло використання поновлюваних джерел енергії у світі на понад 4 %. У галузі електроенергії частка «чистих» джерел зросла на 45 % [7]. Перехід на поновлювані джерела енергії вкрай важливий, адже дає змогу скоротити частку викопного палива, використання якого призводить до збільшення викидів парникових газів. Як відомо, концентрація вуглецю в атмосфері викликає глобальне потепління, яке призводить до змін клімату.

Пошук шляхів виходу від енергозалежності та розуміння небезпеки планетарного масштабу, пов'язаної з кліматом, змушують учених ретельно досліджувати цю проблему. Сучасні та майбутні аспекти розвитку альтернативної енергетики у світі та Україні представлено в роботах Г. Гелетухи, В. Геєця, М. Бенменні, М. Кузнєцова, В. Хілько, Б. Герасимчука, С. Сівцької, В. Филенка та інших. Відновлювані джерела енергії для багатьох розвинених країн світу вже перестали бути альтернативними. Україна ж володіє чималим потенціалом розвитку альтернативної енергетики, який досі не використовують належним чином. Темпи її розвитку істотно відстають від провідних країн із розвиненими ринковими економіками, що й зумовлює актуальність подальших досліджень.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Розвиток альтернативної енергетики в Миколаєві є надто повільним. Встановленням сонячних панелей на дахах приватних будівель опікуються лише їхні власники. Своєю роботою ми намагаємося продемонструвати можливість використовувати вільні площі багатоквартирних будинків – об'єктів колективної власності. У розробленому та представленому наприкінці 2019 року Генеральному плані міста подібні пропозиції відсутні.

Новизна. Роботу з вивчення потенційної можливості розміщення сонячних панелей на дахах багатоповерхівок цілого мікрорайону для нашого міста проведено вперше.

Методологічне або загальнонаукове значення. В роботі представлено рекомендації щодо проведення інвентаризації корисної площі дахів багатоквартирних будинків, придатних для розміщення сонячної електростанції, на основі загальнодоступних космічних знімків.

Виклад основного матеріалу. Миколаївська область має найвищий потенціал для розвитку сонячної енергетики у зв'язку з південним розташуванням і континентальністю клімату, що впливає на

Показник сонячної інсоляції у м. Миколаєві

	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04

кількість прямої сонячної радіації, яка надходить до земної поверхні. Головним показником, що характеризує сонячну активність як енергетичний ресурс, є сонячна інсоляція – це світлове та ультрафіолетове опромінення прямими сонячними променями приміщень і територій. Просторовий перерозподіл сонячної інсоляції на території України коливається в межах від 1600 МДж/м² на північному заході до 2400 МДж/м² на півдні. Оскільки Миколаївська область розташована в південній частині країни,

саме тут один із найбільших показників сонячної інсоляції. А відповідно, є найбільший потенціал для розвитку сонячної енергетики.

Річний розподіл інсоляції для Миколаєва представлено в таблиці 1. За величиною цих показників Миколаївська область посідає 2–3 місце порівняно з іншими областями.

Для власних досліджень ми обрали спальний мікрорайон із компактним розташуванням багатоповерхівок.

Намив – мікрорайон Миколаєва, частина Заводського району. Розташований на заході міста (рис. 1). Його будівництво розпочалося у 1980-ті роки. У мікрорайоні Намив мешкає близько 30 000 жителів.

У роботі проаналізовано будинки з рівним дахом. Вимірювання проводилися на космічних знімках Google Maps із використанням картометричних прийомів.

Нами розглянуто особливості розташування майданчиків на дахах відповідно до напрямку падіння сонячних променів. Щоб отримати максимальну кількість енергії, кут падіння сонячних променів на поверхню панелі має бути максимально можливим, тобто вона повинна мати південну експозицію. Тому всі осові лінії мають південний напрямок незалежно від орієнтування будинку.

Обчислення кількості сонячних панелей відбувалось із врахуванням затіненості поверхні даху будівлями ліфтових і витяжних шахт (рис. 2).

Для зручності ми згрупували всі багатоповерхові будинки, розташовані в межах досліджуваної території.

Критеріями їх об'єднання стали такі:

– експозиція або оберненість щодо сторін горизонту;

– наявність під'їздних надбудов – на всіх будинках наявні під'їзні надбудови висотою 2 м. Вони дають тінь 4 м. Тому під час монтажу панелей ми це враховуємо. Їхня довжина варіюється від 8 до 10 м, ширина становить 5–7 м. Кількість надбудов відповідає кількості під'їздів у будинку;

– наявність вентиляційних споруд – на будинках виявлено як вентиляційні шахти, так і вентиляційні дефлектори. Але вони наявні не на всіх дахах. Витяжні шахти розміщені біля під'їздної надбудови, а от витяжні дефлектори можуть бути розміщені як біля надбудов, так і окремо на даху. Вентиляційна шахта має висоту 0,5 м, витяжний дефлектор – 0,34 м;

– довжина осової лінії впливає на кількість рядів на будинку;

– кількість під'їздів.

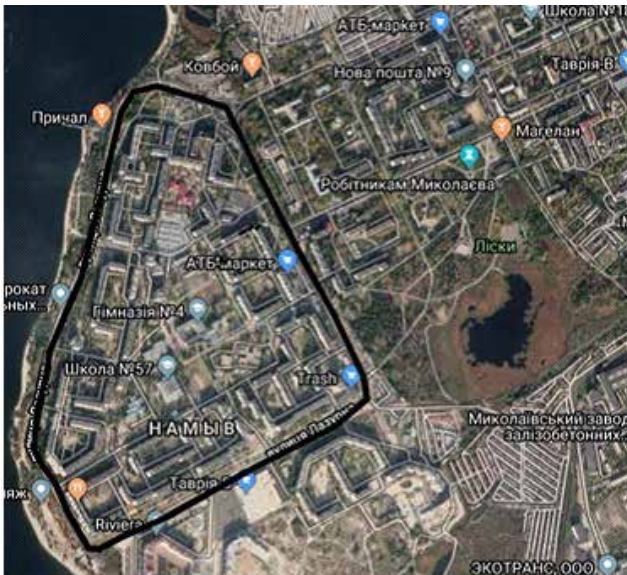


Рис. 1. Розташування мікрорайону Намив

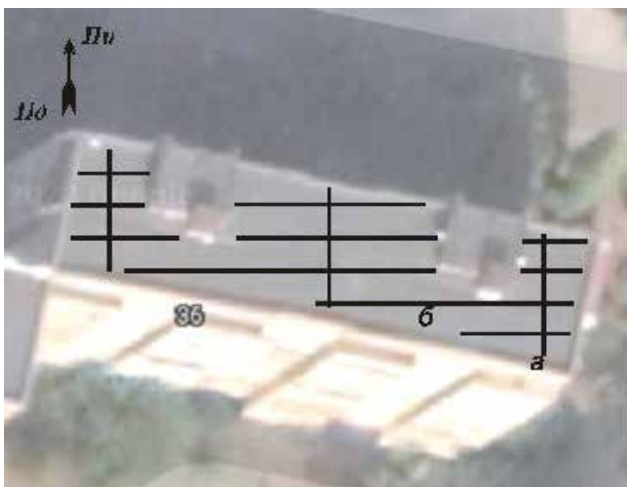


Рис. 2. Схема проведення вимірів на даху одного з будинків:
а – осова лінія, що визначає південну експозицію;
б – ряди сонячних панелей

За результатами аналізу всіх дахів із врахуванням вищенаведених критеріїв нами сформовано 8 однотипних груп, що дало змогу промірювати лише один будинок із групи і переносити отримані параметри на всі інші будинки. Отже, процедуру інвентаризації корисної поверхні дахів було значно спрощено.

Отримавши інформацію про метричні характеристики дахів ми провели розрахунок кількості панелей котрі можна там встановити. Для цього нам також потрібні були наступні характеристики: розмір панелей та відстань між рядами. Враховуючи різноманіття сучасних сонячних панелей котрі представлені в Україні, ми розглядали варіант встановлення монокристалічних сонячних панелей розміром 2м*1.05 м. Оптимальним кутом нахилу для панелей у нашому регіоні є кут 40° [8], тому відстань між рядами з панелями, щоб не було затінення, має становити 4 м. Під час обчислення кількості панелей в одному ряді ми виключали елементи, які дають тінь і які порушують суцільний ряд.

Кількість панелей, які можна розташувати на будинках, коливається в діапазоні від 29 шт. (2 під'їзди, західна експозиція) до 511 шт. (6 під'їздів, південна експозиція). Загальна кількість панелей, які можна встановити на плоских дахах багатопверхових будинків дослідженого мікрорайону, становить 11 040 штук.

Ми розраховували номінальну сумарну потужність усіх панелей, які можна розмістити на дахах з урахуванням номінальної потужності однієї панелі 280 Вт. Вона становить 3 091 200 Вт.

Головні висновки. Минула забудова мікрорайону Намив багатопверховими будинками з плоскими дахами відбувалась близько 30–40 років тому. Вона не передбачала цілеспрямованого загального використання поверхонь дахів, тому будинки розташовані без врахування пріоритетної характеристики, що найвідчутніше впливає на кількість отриманої енергії, це є орієнтування за сторонами світу.

Для розміщення сонячних панелей оптимальною є південна експозиція, яка дасть можливість отримати максимальну кількість сонячної енергії.

На наявних будинках корисна поверхня придатна для розташування сонячних панелей становить близько 60–70 %, оскільки на дахах є під'їзди надбудови та вентиляційні споруди, які займають місце, а також дають тінь, що теж впливає на кількість панелей, що можна там розмістити. Усе залежить від кількості під'їздів і конфігурації надбудов.

Загальна кількість панелей, які можна встановити на плоских дахах багатопверхових будинків дослідженого мікрорайону, становить 11 040 штук. Номінальна сумарна потужність усіх панелей, які можна розмістити на дахах з урахуванням номінальної потужності однієї панелі 280 Вт, становить 3 091 200 Вт.

Перспективи використання результатів дослідження. У результаті проведених досліджень було сформульовано рекомендації для міської влади, якими доцільно скористатися під час планування міської забудови.

У майбутньому бажано враховувати особливості експозиції будинків для подальшого використання їхніх дахів під час встановлення сонячних панелей із метою отримання найбільшої потенційно можливої кількості електроенергії.

На дахах багатопверхових будинків бажано всі під'їзди надбудови розташовувати компактно, по можливості, щоб вони не заважали розміщенню сонячних панелей.

Оскільки цей напрям розвитку електроенергетики є перспективним для міської ради, бажано було б провести облік дахів багатопверхівок для розташування подібних електростанцій по всій території міста Миколаєва і розрахувати економічний ефект від їхнього розташування та використання.

Література

1. Сонячна енергетика в Україні. *Avenston*. 2019. URL: <https://avenston.com/articles/solar>.
2. Закон України «Про альтернативні джерела енергії щодо врегулювання питання генерації електричної енергії приватними домогосподарствами». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2019. № 32. Ст. 126. 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-19>.
3. Закон України «Про ринок електричної енергії». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2020. № 11. Ст. 64. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
4. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо стимулювання заходів з енергозбереження». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2012. № 44–45, № 46–47, № 48. Ст. 552. 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/760-16>.
5. Про затвердження Змін до Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств. *Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг*. Постанова № 158. 2020. URL: <https://www.nerc.gov.ua/index.php?id=48713>.
6. Сонячні електростанції встановлять на багатопверхівках – проект Міненерго. *Na chasi*. 2018. URL: <https://nachasi.com/2018/09/04/minenerho-proponuye-vstanovlyuvaty-ses-na-dakhakh-bahatopoverkhivok>.
7. Гутерреш А. Общемировые тенденции и перспективы в области сырьевых товаров. *Организация Объединенных Наций*. 2019. URL: https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/a74d232_ru.pdf.
8. Куц Т. Від чого залежить ефективність сонячних установок? *Енергія природи*. 2019. URL: <https://alternative-energy.com.ua/uk/vid-chogo-zalezhit-efektivnist-sonyachnih-ustanovok>.