

О. О. Савченко, Х. Р. Козак, Ю. Т. Федак*Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання та вентиляції,

*Інститут енергетики та систем керування

АВТОНОМНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ ДЛЯ БУДИНКУ ОСББ

© Савченко О. О., Козак Х. Р., Федак Ю. Т., 2018

Сонячні електростанції можна використовувати як додаткові джерела електропостачання або повністю автономні. Наявність в Україні Державної економічної програми з енергоефективності та коштів спеціального фонду державного бюджету для реалізації цієї програми дають змогу ОСББ отримати кредитні кошти для впровадження енергоощадних технологій. Наведено порядок розрахунку площі майданчика та кошторисної вартості автономної сонячної електростанції у Львові, Києві, Харкові, Одесі для покриття потреб трьох варіантів систем. Встановлено, що площа майданчика автономної сонячної електростанції для забезпечення максимального енергоспоживання у цих містах суттєво не відрізняється та в середньому становить 2 га, а її вартість – понад 1 млн. у. о. Наявність майданчика такої площі у містах малоїмовірна, тому сонячну електростанцію доцільно використовувати для покриття потреб лише системи електропостачання або використовувати як резервне джерело електропостачання.

Ключові слова: ОСББ, енергоощадні заходи, сонячна електростанція.

O. Savchenko, K. Kozak, Yu. Fedak*

Lviv Polytechnic National University

Department of Heat, Gas Supply and Ventilation

*student of Institute of Power Engineering and Control Systems

AUTONOMOUS SOLAR ELECTRICAL PLANT FOR ACAB BUILDING

© Savchenko O., Kozak K., Fedak Yu., 2018

Solar energy refers to renewable energy sources and has significant potential for use. Solar energy is used to generate heat or electric energy. Electricity generation by solar power plants is practiced around the world. Solar power plants can be used as additional power supplies that work in conjunction with external power supply networks or completely autonomous. For the rational use of payments by residents for improving the living conditions of dwelling houses and adjoining territory, facilitate the acquisition of high-quality communal services an associations of co-owners of apartment buildings (ACAB) are created in Ukraine. Owners of ACAB carry out various thermorenovation measures to improve the energy performance of the buildings. The availability of the State Economic Program for Energy Efficiency and the State Budget Special Fund for the implementation of this program allow ACAB to obtain credit funds for the implementation of energy saving technologies. To attract credit, they need to know the cost of energy-saving measures. In this article, the calculation of the site area and the estimated cost of the autonomous solar power plant in the cities of Lviv, Kiev, Kharkiv and Odessa for needs of different systems are presented. It is established that the site area of the autonomous solar power plant for providing the maximum energy consumption in the specified cities is not significantly different, and on average it is 2 hectares, and its cost is more than 1 million USD. Since such free area in densely populated cities is absent, then a solar power plant should be used to cover the needs of only electricity supply

systems or used as a reserve power supply. When a solar power plant is used for the needs of the electricity supply system, the site area is reduced by 10 times.

Key words: ACAB, energy saving measures, solar power station.

Вступ. Об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) створюють для відстоювання спільних інтересів власників квартир. Створення ОСББ має на меті раціональне використання платежів мешканців на покращення умов утримання житлових будинків та прибудинкової території, отримання якісних комунальних послуг. [1] Дуже часто у власність ОСББ отримує будинок, який введено в експлуатацію 15–20 років тому, відповідно одним з питань, які гостро стоять перед власниками ОСББ, є питання енергоощадності будинку. Для визначення енергетичної ефективності будинку ОСББ здійснюють енергетичний аудит будинку, результатом якого є енергетичний паспорт. Енергетичний паспорт містить основні теплотехнічні та енергетичні показники будинку, які дають змогу встановити всі енергоощадні заходи, які можна впроваджувати в кожному конкретному будинку. Наявність значної кількості можливих енергоощадних заходів потребує їх оптимізації для визначення сукупності оптимальних заходів, основним показником яких є термін окупності [2]. Джерелами фінансування термоденационаційних та енергоощадних заходів, ремонтно-будівельних робіт для ОСББ можуть бути кошти співвласників, бюджетні кошти та кредитні кошти, при цьому розмір кредитування може становити 40–70 % від необхідної суми [3]. Під час реконструкції своїх будинків ОСББ намагаються впровадити всі можливі термоденационаційні та енергоощадні заходи, до яких належать утеплення та заміна зовнішніх огорожень будинку та використання нетрадиційних джерел енергії для потреб систем опалення та гарячого водопостачання [4, 5]. Одним із енергоощадних заходів, які розглядають учасники ОСББ, є розроблення автономної сонячної електростанції, яка допоможе зменшити оплату за житлово-комунальні послуги та усунути залежність від зовнішніх джерел енергії.

Огляд наукових джерел і публікацій. Сонячні електростанції призначені для резервного або автономного енергопостачання, в мережевих системах електропостачання для економії електроенергії, а також для побутового і промислового виробництва електроенергії за “зеленим” тарифом. Залежно від підключення сонячної електростанції до зовнішньої мережі електропостачання розрізняють автономні системи електропостачання та системи, що з'єднані із зовнішньою мережею. На рис. 1 зображено автономну систему сонячного електропостачання, яка працює незалежно від зовнішньої електричної мережі та забезпечує потреби електричного навантаження постійного або змінного струму.

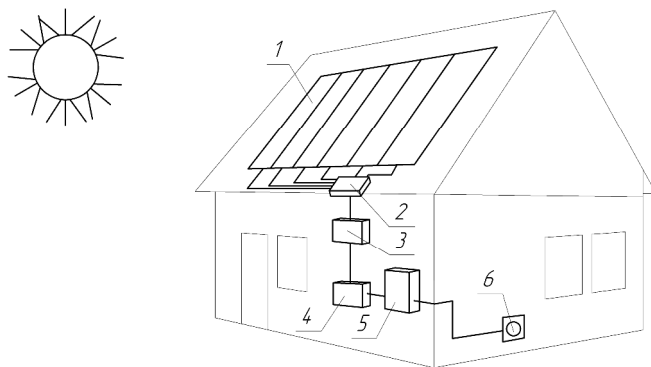


Рис. 1. Автономна система сонячного електропостачання будинку:
1 – сонячні модулі; 2 – контролер;
3 – інвертор; 4 – акумулятор; 5 – розподільний щит з лічильником;
6 – споживачі електричної енергії

Автономна сонячна електростанція складається з таких основних компонентів [6]: сонячний модуль, акумулятор, контролер заряду, інвертор, споживачі електричної енергії.

Основним елементом сонячної електростанції є сонячний модуль. Він являє собою фотоелектричний генератор струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії на електричну. Кванти світла, потрапляючи на пластину напівпровідника, вибивають електрон із зовнішньої орбіти атомів хімічного елементу, що створює достатню кількість вільних електронів для виникнення електричного струму [7]. Існують п'ять типів сонячних модулів, які розрізняються

за матеріалом виготовлення їхніх елементів: полікристалічні фотоелектричні елементи, монокристалічні фотоелектричні елементи, сонячні елементи з аморфного кремнію, сонячні елементи з телуриду кадмію та сонячні елементи на основі CIGS. Для отримання необхідної кількості електроенергії сонячні модулі складають у панелі, площа яких може сягати декількох квадратних метрів. Продуктивність сонячного модуля залежить від його площі, інтенсивності сонячного випромінювання в певній місцевості та кута падіння сонячних променів на поверхню модуля.

Усі автономні системи сонячного електропостачання повинні містити акумуляторні батареї. Енергію від акумуляторів використовують за недостатньої сонячної радіації або у разі перевищення споживання електричної енергії над генерацією сонячних модулів. Вибір акумуляторів залежно від загальної потужності системи забезпечує ефективнішу роботу інверторів та сприяє зменшенню струмів, які проходять через контролер. Доцільно використовувати герметичні свинцево-кислотні акумулятори, які мають високу ефективність та електричні характеристики, значний термін служби та не потребують обслуговування. Строк служби акумуляторних батарей залежить від глибини розряду, який повинен бути не більшим за 50–60 % [8].

Інвертори – це напівпровідникові електронні пристрої, які перетворюють постійну напругу, що виробляють сонячні модулі, на змінну напругу відповідно до потреб споживачів електричної енергії. Потужність інвертора підбирають за сумарною електричною потужністю одночасно підключених електроприладів. Здатність деяких електричних побутових приладів у момент пуску споживати потужність, що перевищує паспортне значення, потребує для вибору інвертора враховувати 25 % запас потужності. Інвертори повинні витримувати короткочасні та довготривалі перевантаження, мати високий ККД та не створювати перешкод на радіочастотах.

Контролер заряду регулює напругу, що генерується сонячним модулем та подає на акумуляторну батарею для її заряджання. Основне призначення контролера – захист акумуляторів від перезаряджання. Крім того, контролер забезпечує надійну роботу всієї системи, захищаючи її від перевантаження, перезаряджання, статичних напруг та коротких замикань.

Розрахунок основного обладнання сонячних електростанцій наведено в [9,10]. Загальну потужність сонячної електростанції, кВт визначають за формулою:

$$P_{CEC} = \frac{30 \cdot P_M \cdot W}{W_M}, \quad (1)$$

де P_M – потужність сонячного модуля, кВт; W – середньодобове споживання електроенергії споживачами, кВт·год, W_M – кількість енергії, яку виробляє сонячний модуль протягом вибраного періоду, кВт, визначається як:

$$W_M = \frac{k \cdot P_M \cdot E}{1000}, \quad (2)$$

де E – значення інсоляції за вибраний період, кВт·год/м²; k – коефіцієнт, який враховує поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також нахил падіння сонячних променів на поверхню модуля протягом дня, приймається для літа $k = 0,5$, для зими $k = 0,7$.

Повну середньомісячну інсоляцію, кВт·год/(м²·міс), визначають як:

$$E_{\text{пов}} = E_z \cdot n, \quad (3)$$

де E_z – середньомісячне денне надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню, кВт·год/м²; n – кількість місяців.

Сьогодні в Україні досліджують ефективність сонячних електростанцій для автономного живлення об'єктів, які мають споживчу потужність до 10 кВт·год [11, 12]. Тому актуальним є визначення площі майданчика для встановлення автономної сонячної електростанції та її вартості для забезпечення потреб багатоквартирного будинку ОСББ.

Мета дослідження полягає у визначенні площі майданчика та вартості сонячної автономної електростанції для потреб опалення, електропостачання та гарячого водопостачання багатоквартирного будинку.

Теоретичні дослідження. Площа сонячних панелей, як зазначено вище, залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, кута падіння сонячних променів на поверхню модуля та необхідної потужності систем, потреби яких забезпечуватиме сонячна електростанція. Розглядають три варіанти проектування сонячної електростанції:

- для потреб лише електропостачання;
- для потреб електропостачання та гарячого водопостачання;
- для потреб електропостачання, опалення та гарячого водопостачання.

Визначали площу майданчика для автономної сонячної електростанції для чотирьох міст України: Львова, Києва, Харкова та Одеси. Розрахунок для кожного міста проводили за трьома різними варіантами: сонячна електростанція лише для потреб електропостачання, сонячна електростанція для електропостачання та гарячого водопостачання та сонячна електростанція для потреб трьох систем (електропостачання, гарячого водопостачання та опалення). При розрахунках прийнято, що річна потужність системи електропостачання багатоквартирним будинком ОСББ становить 100000кВт·год/рік, потужність системи гарячого водопостачання – 800000 кВт·год/рік, а системи опалення – 100000 кВт·год/рік.

Майданчик для встановлення автономної сонячної електростанції має передбачати достатню віддаль між модулями та периметр огороження для запобігання затіненню. Крім того, необхідно передбачити маршрути для доступу обслуговуючого персоналу та транспортних засобів. Найкращою для розташування сонячної електростанції є орієнтована на південь ділянка. Для встановлення було прийнято сонячні модулі TrinaSolar TSM-PEG5-270 розміром 1665x992 мм, складені у сонячну панель по 12 шт. Відстань між рядами сонячних панелей вибирають за принципом їх взаємного незатінення. По периметру майданчика сонячної електростанції передбачають місце для проїзду пожежного транспорту завширшки 4 м. Площу майданчика сонячної електростанції для покриття потреб різними системами наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Площа майданчика для автономної сонячної електростанції для будинку ОСББ

Місто	Площа майданчика автономної сонячної електростанції, м ²		
	для системи електропостачання	для систем електропостачання та гарячого водопостачання	для систем електропостачання, гарячого водопостачання та опалення
Львів	1 880	16 920	18 800
Київ	1 990	17 910	19 900
Харків	2 200	19 800	22 000
Одеса	1 760	15 840	17 600

Як видно з табл. 1, найменшою площа майданчика для автономної сонячної електростанції будинку ОСББ є для Одеси, що пояснюється найбільшим значенням надходжень сонячної радіації в цьому місті порівняно з іншими містами. Середня площа майданчика автономної сонячної електростанції для потреб трьох систем для запропонованих міст України становить 2 га. У великих містах такої вільної площі біля будинків немає, тому доцільно використовувати сонячні електростанції для покриття потреб у електричній енергії лише однієї системи (наприклад, системи електропостачання). Тоді у разі орієнтованої на південь незатіненої ділянки розміри майданчика для сонячної електростанції зменшаться в 10 разів та в середньому становитимуть 2000 м². Схематично зображено автономну сонячну електростанцію для потреб системи електропостачання будинку ОСББ у м. Харків на рис. 2.

Для запропонованих автономних сонячних електричних станцій будинку ОСББ було визначено кошторисну вартість, до якої входить вартість сонячних модулів, акумуляторних батарей, інверторів, засобів кріплення, кабелів постійного та змінного струму; крім того, було враховано вартість проектних та монтажних робіт. Кошторисну вартість автономних сонячних електростанцій для потреб різних систем наведено у табл. 2.

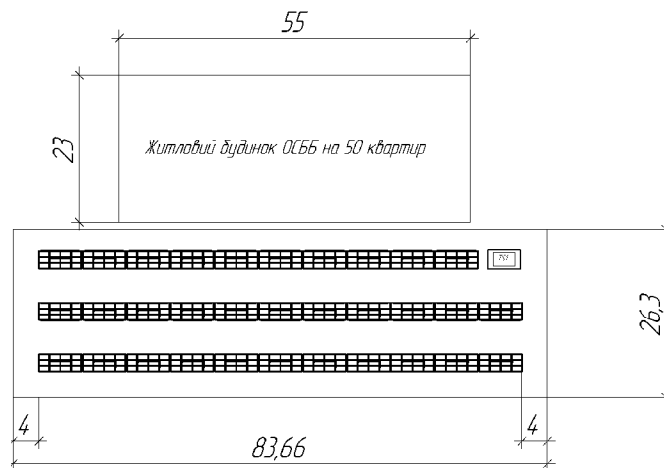


Рис. 2. Автономна електрична станція для потреб системи електропостачання житлового будинку ОСББ у м. Харків

Таблиця 2

Кошторисна вартість автономних сонячних електростанцій будинку ОСББ

Місто	Кошторисна вартість автономної сонячної електростанції, у. о.		
	для системи електропостачання	для систем електропостачання та гарячого водопостачання	для систем електропостачання, гарячого водопостачання та опалення
Львів	103 400	930 600	1 034 000
Київ	109 450	985 050	1 094 500
Харків	111 100	999 900	1 111 000
Одеса	96 800	871 200	968 000

Як видно з табл. 2, найменшою є вартість автономної сонячної електростанції для Одеси. Кошторисна вартість автономної сонячної електростанції для потреб трьох систем для запропонованих міст України в середньому становить 1 млн. у. о.

Висновки. Розраховано площу майданчика та кошторисну вартість автономної сонячної електростанції для багатоквартирного будинку ОСББ у чотирьох містах України. Розрахунок здійснювали за трьома варіантами систем споживання електричної енергії. Як показав розрахунок, площа майданчика автономної сонячної електростанцій для Львова, Києва, Харкова суттєво не відрізняються. Для забезпечення потреб трьох систем площа майданчика для автономної сонячної електростанції становить 2 га, для покриття потреб лише систем електропостачання – 2000 м². Кошторисна вартість автономної сонячної електростанції для потреб трьох систем для запропонованих міст України в середньому становить 1 млн. у. о.

1. Сергієнко В. В. Правове регулювання діяльності ОСББ при наданні житлово-комунальних послуг. Форум права. 2014. № 4. С.297-301. 2. Возняк О. Т., Юркевич Ю. С., Желих В. М. Теоретичні передумови оптимізації сукупних термореновацій при проєднанні енергетичного аудиту будинку // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка", "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 2003. – № 476. – С. 140–145. 3. Овсій О. Д. Удосконалення обліку в ОСББ при дольовому фінансуванні робіт по відновленню житлового будинку. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету "Економічні науки". – 2010. – Вип.18. – Ч. 1. – С.170–176. 4. Желих В. М., Возняк О. Т., Юркевич Ю. С. Нетрадиційні джерела енергії. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2009. – 83 с. 5. Пона О. М., Возняк О. Т. Ефективність геліопокрівлі в гравітаційній системі теплопостачання // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – 2014. – Вип. 76. – С.231–235. 6. Ali Najah Al-Shamani, Mohd Yusof Hj Othman, Sohif Mat, M. H. Ruslan, Azher M. Abed, K. Sopian Design & Sizing of Stand-alone Solar Power Systems A house Iraq. Recent Advances in

Renewable Energy Sources. 2015 – P.145-150. 7. Макаров А. В. Нові розробки в напівпровідниковій сонячній енергетиці як перспективна область інноваційного бізнесу // *Наука та інновації*. 2005. Т. 1. № 6. С.69–79. 8. Винников А. В., Денисенко Е. А., Долбенко Д. В. К вопросу выбора солнечной фотоелектрической станции / *Научный журнал КубГАУ*, 2015. – № 108(04). – С.1–11. 9. Хохрякова А. А., Сурков А. А. Применение солнечных электростанций в энергосбережении зданий. *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология // Урбанистика*. – 2014. – № 4. – С.71–83. 10. Охоткин Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций. *Вестник Чувашского университета*. – 2013. – № 3. – С.222–230. 11. Казіміров О. О., Власов К. В., Куртов А. І., Потіхенський А. І. Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкта // *Системи обробки інформації*. – 2017 – Вип.1 (147). – С.58–61. 12. Литовченко В. Г., Мельник В. П., Романюк Б. М., Дверніков Б. Ф., Коркішко Р. М., Костильов В. П., Мусаєв С. М., Попов В. Г., Черенко В. В. Мобільні сонячні електростанції для використання в польових умовах // *Вісник НАН України*. – 2015. – № 11. – С.59–66.

References

1. Sergienko V. V. (2014) *Pravove rehuliuвання diialnosti OSBB pry nadanni zhytlovo-komunalnykh posluh*. [Legal regulation of activity of ACAB in the provision of housing and communal services.] *Forum prava*, No. 4, pp. 297–301 [In Ukrainian]. 2. Voznyak O. T., Yurkevych Yu. S., Zhelykh V. M. (2003) *Teoretychni peredumovy optymizatsii sukupnykh termorenovatsii pry proedeni enerhetychnoho audytu budynku*. [Theoretical preconditions for the optimization of combined thermo-energetics during the energy audit of the building.] *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika"*, "Teploenerhetyka. Inzheneriia dokillia. Avtomatyzatsiia". No. 476, pp. 140–145. [In Ukrainian]. 3. Ovsy O. D. (2010) *Udoskonalenia obliku v OSBB pry dolovomu finansuvanni robit po vidnovlenni zhytloвого budynku*. [Improvement of accounting in ACAB with share financing of works for the restoration of a residential building.] *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnogo universytetu. Ekonomichni nauky*, Issue 18, p.1, pp.170–176 [In Ukrainian]. 4. Zhelykh V. M., Voznyak O. T., Yurkevych Yu. S. (2009) *Netradytsiini dzherela enerhii* [Unconventional energy sources.] Lviv: Publishing House of the Lviv Polytechnic National University. 83 p [In Ukrainian]. 5. Pona O. M., Voznyak O. T. (2014) *Efektivnist heliopokrivli v hravitatsiinii systemi teplopostachannia* [Efficiency of gelio roof in the gravitational system of heat supply.] *Stroitelstvo. Materialovedeniye. Mashinostroeniye. Seriya: Energetika. ekologiya. kompyuternye tekhnologii v stroitelstve*. Vol.76. pp. 231–235 [In Ukrainian]. 6. Ali Najah Al-Shamani, Mohd Yusof Hj Othman, Sohif Mat, M. H. Ruslan, Azher M. Abed, K. Sopian (2015) *Design & Sizing of Stand-alone Solar Power Systems A house Iraq*. *Recent Advances in Renewable Energy Sources*. pp.145–150. 7. Makarov A. V. (2005) *Novi rozrobky v napivprovodnykovii soniachnii enerhetyci yak perspektyvna oblast innovatsiinoho biznesu*. [New developments in semiconductor solar energy as a promising area of innovation business.] *Nauka ta innovatsii*. Vol.1, No. 6, pp.69–79 [In Ukrainian]. 8. Vinnikov A. V., Denisenko E. A., Dolbenko D. V. (2015) *K voprosu vybora solnechnoy fotoelektricheskoy stantsii*. [About the choice of solar photovoltaic station.] *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, № 108 (04), pp.1–11. [In Russian]. 9. Khokhryakova A. A., Surkov A. A. (2014) *Primeneniye solnechnykh elektrostantsiy v energosberezhenii zdaniy*. [Application of solar power plants in energy saving of buildings.] *Vestnik PNIPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*. No. 4, pp.71–83 [In Russian]. 10. Okhotkin G. P. (2013) *Metodika rascheta moshchnosti solnechnykh elektrostantsiy*. [Method for calculating the power of solar power stations.] *Vestnik Chuvashskogo universiteta* No. 3, pp.222–230 [In Russian]. 11. Kazimirov O. O., Vlasov K. V., Kurtov A. I., Potichensky A. I. (2017) *Doslidzhennia mozhlyvostei vykorystannia soniachnoi enerhii dlia avtonomnogo zhyvlennia ob'ektu*. [Investigation of the possibilities of using solar energy for autonomous power supply of the object.] *Systemy obrobky informatsii*, Issue 1 (147), pp. 58–61 [In Ukrainian]. 12. Litovchenko V. G., Melnik V. P., Romanyuk B. M., Dvernikov B. F., Korkishko R. M., Kostylov V. P., Musayev S. M., Popov V. G., Cherenko V. B. (2015) *Mobilni soniachni elektrostantsii dlia vykorystannia v polovykh umovakh*. [Mobile solar power plants for use in field conditions.] *Visnyk NAN Ukrainy*. No. 11, pp. 59–66 [In Ukrainian].