

УДК 725:658.262

Л. О. Шулдан, Р. М. Колісник

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## МІСТОБУДІВНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ ПРИЙОМИ ІНТЕГРАЦІЇ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В ГРОМАДСЬКІ КОМПЛЕКСИ

У статті визначені основні архітектурні прийоми розміщення солярних елементів для об'єднання їх в автономні сонячні електростанції (СЕС) існуючих комплексів. На прикладі Львівської обласної клінічної лікарні продемонстровано застосування методу динамічного моніторингу. Виявлено можливість інтегрувати сонячні батареї на сукупній площі 4541,2 м<sup>2</sup>, що забезпечить до 12 % загального електроспоживання.

**Ключові слова:** енергозбереження, сонячні електростанції, архітектура, містобудування, енергоефективність, громадські будівлі, комплекси.

### Постановка проблеми

Зміни у світовій енергетиці прискорюються. За попередніми розрахунками у 2017 році у світі було встановлено рекордні 160 ГВт потужностей з відновлюваних джерел енергії. З них 98 ГВт дають сонячні електростанції [1]. Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року планується забезпечити 11% енергетичних потреб держави за рахунок енергії з відновлюваних джерел, а у 2035 році частка «зеленої» енергії у загальному первинному постачанні має скласти 25% [2]. За підсумками 2017 року досягнення України у впровадженні відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) важко назвати суттєвими. Встановлені потужності генерації електроенергії з відновлюваних джерел становлять лише 1 375 МВт. Вони генерують менше 2% електроенергії, що споживається в Україні. Це при тому, що у нас один з найбільш вигідних "зелених" тарифів серед європейських країн [1]. За даними Кабміну, за січень-березень 2018 року в Україні ввели в експлуатацію стільки ж сонячних електростанцій, скільки за половину 2017 року, їх кількість зросла на 13% [3]. За даними New Energy Finance [4] з 2009 року «сонячні ціни» впали на 62%. Сьогодні в середньому ціна за Ватт складає \$1,14. До 2025 року очікується здешевлення електроенергії, виробленої СЕС потужністю більше одного МВт на 38 %, до \$0,73/Ватт.

Спорудження сонячних електростанцій (СЕС) - найперспективніший шлях забезпечення електроенергією з альтернативних джерел важливих соціальних об'єктів. У вирішенні цих питань складно переоцінити діяльність архітекторів, що працюють над проектами не лише нових, але й займаються реновацією, реконструкцією та модернізацією наявних,

дуже різного часу зведення, будівель і комплексів. Згідно з концепціями Нормана Фостера, архітектура та містобудування не можуть вирішити усіх світових екологічних проблем, проте можна проектувати будівлі, які потребуватимуть лише частини споживаної зараз енергії, або й повністю від неї відмовляться [5], [6].

Прийняття рішень щодо застосування енергоефективних установок є цілком зрозумілими для нових проектних рішень. Але їх інтеграція у вже існуючі об'єкти потребує значно більше мультидисциплінарних досліджень та спеціальних наукових, проектних і практичних розвідок. Наблизити до енергетичної незалежності громадський комплекс можливо об'єднанням прийомів "сонячного проектування" окремих будівель та створенням СЕС в його межах.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Натхненні естетикою геліосистем, розробники впроваджують їх як новий елемент формотворення середовища. Наприклад, архітектор Neville Mars поєднує у своїх роботах елементи біоніки та фотовольтаїки та створює так звані «урбаністичні ліси» [7] (рис. 1). Для втілення подібних проектів використовують легку фотовольтаїку, наприклад, компанії Геліатек (Дрезден). Ними розроблено нову технологію багат шарових органічних молекулярних сонячних модулів з легованими транспортними шарами. Вони набагато легші, гнучкіші та можуть бути виготовлені в різних кольорах (або прозорими) (рис.2) [8], що робить їх значно привабливішими у роботі архітектора. Проте, максимальний вихід енергії становить лише 13% у порівнянні із застосуванням звичайних кремнієвих установок (17-22%).

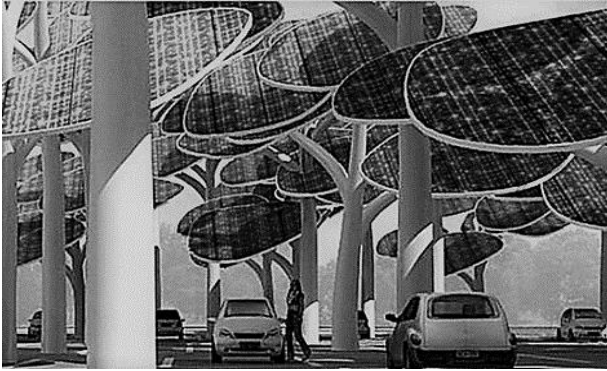


Рис. 1. Паркування "Урбаністичний ліс", арх. Neville Mars [7]



Рис. 2. Сонячна установка компанії Геліатек [8]

У 2015 році група архітекторів з Данії, Великобританії та Італії (Емануель Набонія, Антоніо Малканджі, І Чжанб, Фуріо Барзонц) представили дослідження, у якому квантифікували фактичний ефект енергоощадних матеріальних чинників будівництва та архітектурних деталей у різних кліматах, базуючись на сучасних калькуляційних методах. Форми будівель, фасади та матеріали, розділили у три групи та зіставили їх ефективність у восьми репрезентованих кліматичних зонах. Це дозволило оптимізувати певні архітектурні та конструкторські рішення [9]. Ці та подібні розрахункові засоби та програмні продукти застосовують і архітектори в Україні, наприклад «Dmytro Aranchii Architects», ПП "Алекс-проект" і т. п.

В Україні науковим обґрунтуванням та розвитком розрахункових методів визначення енергоефективності архітектурних прийомів і заходів, застосуванням сонячних елементів для будівель різного призначення успішно займаються такі науковці, як Кашенко Т. О., Сергійчук О. В., Шулдан Л. О., Аль-Ахмаді С. А., Пугачов Є. В. [10], [11], [12], [13], [14], [15]. Найзначніші наукові дослідження громадських будівель і комплексів Куцевича В. В., Лінди С. М., Черкеса Б. С. та ін. сьогодні присвячені основним принципам формування архітектури громадських будівель та споруд, сучасним напрямкам їх розвитку, взаємодії з культурою часу, соціальними процесами та історичними катаклізмами [16], [17], [18].

**Мета роботи** - визначити основні прийоми та відпрацювати поетапність проектування сонячних елементів для створення автономної сонячної електростанції громадського комплексу.

**Наукова новизна** – вперше розглянуто поетапність проектування СЕС в межах наявного громадського комплексу.

### Виклад основного матеріалу

Спираючись на економічні, енергетичні дані, наукові дослідження у галузі архітектурного енергозбереження та позитивний практичний досвід ми з'ясуємо доцільність застосування сонячних електростанцій (СЕС) - інженерних споруд, що перетворюють сонячну енергію в електричну.

З архітектурно-містобудівної точки зору основною класифікацією сонячних електростанцій є їх класифікація за розміщенням. Якщо говорити про класифікацію елементів СЕС як про безпосередню частину споруди, то вони можуть бути засобом формотворення, композиції або дизайну. Можуть закладатися на стадії проектування або бути інтегрованими під час реновації. Від підходу до розташування геліосистеми відносно модернізованої споруди залежить її формотворчий вплив на міське середовище [19].

Розглянемо декілька концептуально різних прийомів інтеграції сонячних систем у вже існуючі об'єкти з наведенням прикладів [12], [20] (табл. 1). Серед них - «Імітація», «Колаж», «Домінантна» та «Підпорядкована інтеграція» [21], [22]. Необхідно поєднувати архітектурні прийоми з принципами ефективного використання сонячних елементів.

Оптимальне розташування абсорбера визначає пряма сонячна радіація, що надходить на земну поверхню під різними кутами залежно від часу доби та пори року. Для цього враховано наступні кутові параметри:

- широта – цей параметр враховує розташування вибраного об'єкту відносно екватора. Координати України є в межах 52 та 44 ° північної широти;
- нахил до горизонту – це кут між горизонтальною площиною та положенням самої установки. При монтажі на похилому даху, визначається кутом його нахилу (рис.7);
- азимут – визначає відхилення абсорбуючої площі колектора від півдня. При орієнтації строго на південь дорівнює нулю (рис.8).

Сумарна сонячна радіація на території України зростає з північного заходу на південний схід. Тому орієнтована на південь під кутом 30-45° щодо горизонталі геліоустановка дозволяє приймати за рік на 1 м<sup>2</sup> площі колектора близько 1000 кВт.

Таблиця 1

Приклади основних прийомів інтеграції солярних елементів в будівлях

| Прийом                    | Концепція<br>Назва прикладу, коментарі   | Приклади   |
|---------------------------|--|--|
| 1                         | 2  | 3  |
| Колаж                     | <p>Комбінація на перший погляд несполучаних елементів: СЕС виступає як важливий акцент, грубо впроваджені модулі якого «суперечать» основній формі та стилістиці будівлі</p> <p><b>“Heliotrop”.</b> Ця циліндрична споруда здатна обертатися довкола своєї осі аби акумулювати максимальну кількість денного світла. Це дозволяє бортовій панелі сонячних батарей отримувати додаткову енергію. Завдяки рекордному дизайну ця будівля виробляє у 5 разів більше енергії, ніж потребує [23].</p>  |  <p>Рис. 3 “Heliotrop”, арх. Рольф Діш, Фрайбург, Німеччина. Загальний вигляд будівлі [23].</p>   |
| Домінантна інтеграція     | <p>Прийом домінування полягає у виділенні соляр-систем серед інших форм та матеріалів, використаних у зовнішньому вигляді споруди. Домінуючи, сонячна енергоустановка забезпечує яскравіше естетичне враження від композиції проекту та підкреслює інноваційність енергоефективного характеру будівлі. Це може виражатися і в орієнтації самої будівлі, в кутах нахилу покрівлі, навіть у виборі кольору та форми фотоелектричних модулів</p> <p><b>Оновлений фасад церкви XVI ст.</b> Колір та форма сонячних модулів доповнюють і гармоніюють з історичним фасадом будівлі. Водночас, очевидне їх домінування. Сумарна потужність батарей – 9.2 Вт [24].</p>   |  <p>Рис. 4 Оновлений фасад церкви XVI ст., Ales, Франція. Арх. Жан-Франсуа Роже, 2001 р. Загальний вигляд будівлі [24].</p>                                     |
| Підпорядкована інтеграція | <p>Фотовольтаїка у даних об’єктах не кидається в очі і не надто помітна у зовнішньому вигляді споруди, хоча й виділяється як окремий композиційний елемент</p> <p><b>Академія Mont Cenis.</b> Конструкція складається з дерев’яного каркасу, а основним огорожувальним матеріалом є скло в алюмінієвій рамі. Приблизно половину площі застакнення заповнено сонячними модулями та виконані з напівпрозорих панелей [20].</p>   |  <p>Рис. 5. Академія Mont Cenis, арх. Жорда де Перродін. Герне, Німеччина, 1999 р. Загальний вигляд будівлі [20].</p>  |
| Імітація                  | <p>Прийом полягає в інтегруванні солярних елементів в структуру будівлі з мінімальними візуальними відмінностями від традиційних буд. матеріалів. Використовують спеціально виготовлені для певного проекту сонячні модулі, форма, колір та розмір яких повторює імітовану конструкцію (вікна й вітражі, покрівлі та панелі стін). Широке розмаїття фасадних та світлових рішень сприяє збереженню автентичного вигляду будівлі.</p> <p><b>«Marché International Support Office»</b> - перша офісна будівля з нульовим зовнішнім споживанням енергії. Проект удостоєно європейського призу за використання інтегрованих у будівлю сонячних тонко плівкових модулів, що імітують фактуру традиційної покрівлі [25].</p> |  <p>Рис.6 «Marché International Support Office», Kempthal, Switzerland, арх. Бюро Beat Kämpfen, Büro für Architektur, 2007. Загальний вигляд будівлі [25].</p> |

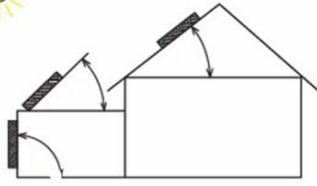


Рис. 7. Визначення нахилу елемента СЕС до горизонту [26].

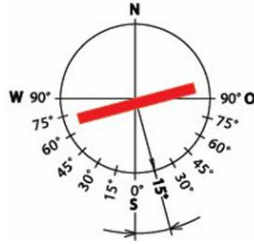


Рис.8. Азимутальний кут [26].

Допустимі й помітні відхилення від таких умов орієнтації. Наприклад, якщо встановити колектор на південь неможливо з технічних причин. За орієнтації від південного заходу до південного сходу і кута нахилу 20-75° сонячна система все ще працюватиме доволі ефективно [26].

Автономна СЕС громадського комплексу на прикладі обласної клінічної лікарні у м. Львові. Проектуванню передували ґрунтовні енергетичні обстеження. За програмою «Розумне енергоспоживання для добробуту громад Львівщини» у 2015 році ПрАТ «ІНСТИТУТ ЕНЕРГОАУДИТУ ТА ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІВ» в особі Гутника М. Б., Крука С. Ю за участі Шулдан Л. О. виконано всебічні енергетичні обстеження та енергетичний аудит будівель і комплексу КЗ ЛОР «Львівська обласна клінічна лікарня» (вул. Чернігівська, 7 в м. Львові). Комплекс складається з 12 корпусів, споживання електричної та теплової енергії яких наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Енергоспоживання комплексу КЗ ЛОР «Львівська обласна клінічна лікарня»

| Назва корпусів і установ на території комплексу | Використана електроенергія за рік, кВт | Базове споживання теплової енергії, Гкал/рік |
|---|--|--|
| Головний корпус                                 | 516759                                 | 1678,0                                       |
| Дитячий корпус                                  | 172299                                 | 488,82                                       |
| Неврологія                                      | 203714                                 | 1107,78                                      |
| Отоларингологія                                 | 36792                                  | 414,35                                       |
| Офтальмологічний корпус                         | 37410                                  | 254,05                                       |
| Пологовий корпус                                | 218586                                 | 1694,46                                      |
| Проктологія                                     | 97943                                  | 480,78                                       |
| Терапевтичний корпус                            | 94651                                  | 768,98                                       |
| Хірургічний корпус                              | 97557                                  | 652,56                                       |
| Будинок культури                                | 3244                                   | 183,46                                       |
| Корпус бухгалтерії                              | 5112                                   | 74,43  |
| Пральня, аптеки, ВТЕК, радіологія і т.п.        | 217609                                 | 327,59                                       |
| Усього по комплексу                             | 1701676                                | 8 098,26                                     |

Впровадження запропонованих в енергоаудиті енергоефективних заходів (ЕЕЗ) дозволяє очікувати значної економії теплової енергії на опалення. Суттєвого скорочення витрат електричної енергії досягнути не вдалося.

Сукупне споживання комплексом електричної енергії у попередні роки сягало понад 1,7 МВт. Тож, зважаючи на значний розхід та відповідальність функціонування комплексу, саме це питання потребує кардинального вирішення. Розв'язати проблему можна лише за допомогою розміщення на території та будівлях сучасних солярних елементів, об'єднаних в автономну систему СЕС. Для вирівнювання енергопостачання приймальні елементи об'єднують з акумуляторною і розподільчою складовими. Розробники розглядають елементи геліосистем як нову частину формотворення і розпланування комплексу. Перед тим, як розробити пропозиції застосування різних прийомів інтеграції солярних елементів, були проведені дослідження комплексу в цілому, його території та окремих будівель методом динамічного моніторингу. Комплекс складається з будівель різного періоду побудови. Наявність історично цінної забудови створювало певні обмеження. Тому проведено аналіз її історичного й архітектурного статусу. Враховуючі це, визначені будівлі придатні для встановлення солярних елементів. Разом з тим були вивчені нормативні джерела; та проведені обстеження реноваційного, архітектурного, функціонального і конструктивного характеру. Аналізу підлягали низка зовнішніх та внутрішніх особливостей будівель, специфіка розташування і функціонування. В результаті проведених досліджень розроблена схема генплану із рекомендованим розташуванням елементів СЕС (рис. 9).

Умовні позначення:

- Огорожа
- Зеліні насадження
- Будівлі без змін
- Будівлі з інтегрованими елементами СЕС
- Акумуляторні
- Схили



Рис. 9. Схема генплану Обласної клінічної лікарні (розробка авторів)

Споруди комплексу поділені на три категорії: що придатні для інтегрування елементів СЕС; які

залишаються без змін та ті, які можуть бути знесені або переобладнані.

Почнемо з третьої категорії. За головним корпусом лікарні розташовано трансформаторну підстанцію з плоским дахом (рис. 10). Жодної цінності ця споруда не являє, конструктивний стан незадовільний, а отже й встановити модулі СЕС неможливо. Запропоновано вивести її з матеріального фонду, натомість встановити фотовольтаїчний елемент (рис. 11). Його



Рис. 10. Наявна на території комплексу трансформаторна (фото Р. Колісник)



Рис. 11. Соляр-елемент на місці акумуляторної (автор Р. Колісник)



Рис. 12. Недобудова (№6) (фото Р. Колісник)



Рис. 13. Недобудова (№14) (фото Р. Колісник)

Наступним етапом став аналіз розміщень ділянок за сторонами горизонту. Серед них виділені відповідні площі для облаштування модулів (в нашому випадку це дахи, тож враховано їх нахили) та розраховано сукупну акумуляційну площу, що наведена у таблиці 3.

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Сучасний стан та перспективи сонячної енергетики в Україні дозволяють стверджувати, що проектування сонячних електростанцій (СЕС) –

акумуляційна площа могла б становити 607.7 м<sup>2</sup>. Саму ж трансформаторну підстанцію розташувати в одній з наявних на території комплексів недобудов. На схемі вони зазначені під номерами 6 та 14 (рис. 12, 13). За інтегрування на території Обласної лікарні автономної СЕС виникає потреба у додаткових площах під акумуляторні та розподільні. Сумарна площа двох недобудов складає 1392.6 м, що вдвічі більше за площу трансформаторної.

нагальна необхідність для забезпечення електроенергією важливих соціальних об'єктів. Комплексний підхід до проектування може надати нові формотворчі, композиційні, дизайнерські та містобудівні рішення.

У статті поставлено за мету визначити основні прийоми та відпрацювати поетапність інтеграції солярних елементів для об'єднання їх в автономні сонячні електростанції (СЕС) в межах існуючих комплексів. Це потребує значно більше мультидисциплінарних досліджень та спеціальних наукових, проектних і практичних розвідок,

об'єднаних в метод динамічного моніторингу.

На прикладі Львівської обласної клінічної лікарні показана поетапність досліджень для практичного впровадження СЕС у подібні громадські комплекси. I етап – енергетичний – це проведення енергетичних обстежень та енергоаудиту. II – містобудівний та архітектурний, де досліджується архітектурна чи історична цінність кожної будівлі та комплексу; визначається відповідність нормам, обмеження та можливість застосування певних прийомів «сонячного проектування». III етап включає обстеження конструктивного стану будівель, дослідження кліматичних та мікрокліматичних даних, вивчення особливостей функціонування складових частин і комплексу в цілому. На IV етапі відбувається розподіл ролі об'єктів у розміщенні сонячних елементів та розробка схеми генплану. V - присвячений оцінюванню ділянок, розрахунку


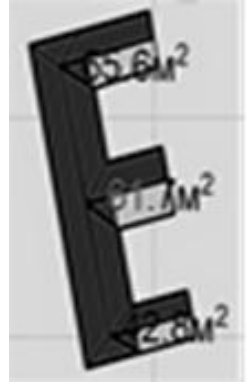

корисних площ з підтвердженням доцільності їх застосування, а також розміщенню акумуляторних і розподільчих складових СЕС.

Авторами виявлено можливість інтегрувати сонячні батареї на сукупній площі 4541,2 м<sup>2</sup>, а також розмістити акумуляторні і розподільчі об'єкти. Це забезпечить від 7 до 12 % (залежить від сонячних батарей) загального електроспоживання лікарні.


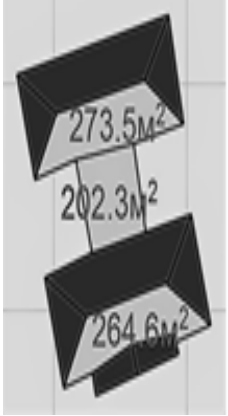
У перспективі подальших досліджень є практичне впровадження архітектурної енергомодернізації із розміщенням СЕС та застосування методичних напрацювань для комплексів іншого призначення. Проведення розрахунків дозволить узагальнити дані для створення архітектурних та містобудівних рекомендацій з проектування автономних сонячних електростанцій в межах наявних громадських комплексів.

Таблиця 3

Розрахунок площі придатної до інтеграції елементів СЕС

| № на карті | Назва, фотофіксація  | Короткий опис                                 | Азимут                   | Фрагменти та схеми акумуляційна площа   |
|------------|--|---|--------------------------|---|
| 1          | 2  | 3   | 4                        | 5   |
| 2          | Відділ кадрів<br> | Одноповерхова споруда з дахом під нахилом 30° | 13° на південний схід    | три фрагменти дахових схилів, S = 170.1 м <sup>2</sup><br> |
| 3          | Поліклініка  | Двоповерхова споруда з плоским дахом          | 11° на південний схід    | вся площа даху, S = 942.9 м <sup>2</sup> .  |
| 5          | Відділ медичної статистики   | Двоповерхова споруда з дахом під нахилом 30°  | 11°24' на південний схід | три фрагменти дахових схилів, S = 168.4 м <sup>2</sup><br> |

Продовження табл.3

|    |   |   |                       |   |
|----|---|---|-----------------------|---|
| 10 | Харчоблок, пральня, склади<br> | Схили даху під кутом 25°. Одноповерхова прибудова посередині має по-хилий дах | 16° на південний схід | три фрагменти дахових схилів, S = 740.4 м <sup>2</sup><br> |
| 16 | Бугалтерія  | Плоский дах   |                       | вся площа даху, S = 332.4 м <sup>2</sup>  |
| 20 | Діагностичний центр   | Плоский дах   | 4° на південний схід  | вся площа даху, S = 952.2 м <sup>2</sup>  |

**Література**

1. Зінченко, А. "Зелена" революція в Україні: для всіх чи для обраних [Електронний ресурс] / А. Зінченко, О. Михайленко // Економічна правда. - 2018. - Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/02/16/634141/>
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" [Електронний ресурс]. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
3. З початку року виробництво електрики з альтернативних джерел в Україні зросло на 30% [Електронний ресурс]. - Народний Кореспондент, 2018. - Режим доступу: <http://nk.org.ua/ekonomika/z-pochatku-roku-virobnitstvo-elektriki-z-alternativnih-djerel-v-ukrayini-zroslo-na-30-142995>.
4. Почему солнечная энергия станет дешевле угля уже в течении 10 лет [Електронний ресурс]. - ЭкоТехника, 2017. - Режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1915-pochemu-solnechnaya-energiya-stanet-deshchevle-uglya-uzhe-v-techenii-10-let.html>
5. Архитектор Норман Фостер [Електронний ресурс]. - Интернет версия журнала Barlette, Май, 2009. - Режим доступу: <http://barlette.ru/journal/article/557.html>
6. Станиславская, Т. Вспомним как это было. Архитектурные тенденции 2017 года [Електронний ресурс] / Т. Станиславская // Royal Design, 2017. - Режим доступу: <http://royaldesign.ua/ru/arhitekturnye-tendentsii-2017.bXk7X/>
7. Solar Forest By Neville Mars [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.igreenspot.com/solar-forest-by-neville-mars/>
8. Heliatek [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.heliatek.com/en/heliatek>
9. Nabonia, Emanuele, Malcangia, Antonio, Zhangb, Yi &

- Barzonc, Furio (2015) Defining The Energy Saving Potential of Architectural Design. *Energy Procedia*, 83, 140-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.204>
10. Каценко, Т. О. Проектні рішення енергоефективних будівель за конкурсною програмою "Solar Decathlon "KNUCA" [Електронний ресурс] / Т. О. Каценко, Н. М. Шило // Прикладна геометрія та інженерна графіка. - 2013. - Вип. 91. - С. 189-195. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/prgeoig\\_2013\\_91\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/prgeoig_2013_91_34)
11. Sergeychuk, O.V. (2013) Geometric aspects of design of windows for energy conservation. Retrieved from: [https://www.science-community.org/ru/system/files/SERGEYCHUK\\_full%20version\\_0.pdf](https://www.science-community.org/ru/system/files/SERGEYCHUK_full%20version_0.pdf)
12. Шулдан, Л. О. Прийоми використання солярних елементів в будівлях історичного центру міста [Електронний ресурс] / Л. О. Шулдан, Саер Аднан Аль-Ахмаді // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - 2016. - Вип. 43(2). - С. 435-441. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spat\\_2016\\_43\(2\)\\_74](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spat_2016_43(2)_74).
13. Szułdan, L. (1999). Osobliwości przeprowadzenia energetycznych badan' pomników architektury na przykładzie Rady Miejskiej m. Lwowa. *Materiały międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji "Energooszczednosci sfer nieprodukcyjnego przeznaczenia"*. Polska, Kraków, 31-36.
14. Шулдан, Л.О. Архітектура громадських будівель та проблеми енергозаощаджування [Електронний ресурс] / Л.О. Шулдан, М.О. Бродський // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". - 2010. - № 674: Архітектура. - С. 335-340. - Режим доступу: [http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/18600/1/45-335\\_340.pdf](http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/18600/1/45-335_340.pdf)
15. Пугачов, С.В. Моделирование річного ходу тривалості інсоляції похилої площини [Текст] / С.В. Пугачов // Вісник НУВГП. 36. наук. праць, вип. 3(31). - Рівне: Видавництво НУВГП, 2005. - С.248-255.
16. Куцевич, В. В. Архітектурна типологія громадських будинків і споруд. Сучасні тенденції розвитку [Електронний ресурс] / В. В. Куцевич // Сучасні проблеми

архітектури та містобудування. - 2014. - Вип. 35. - С. 376-384. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam\\_2014\\_35\\_56](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2014_35_56) дата звернення 24.04.2018.

17. Черкес, Б. С. Архітектура сучасності: остання третина XX – початок XXI століть [Текст]: навч. посібник. – 2-ге вид. / Б.С.Черкес, С. М. Лінда. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 384 с.

18. Лінда, С.М. Архітектурне проектування громадських будівель та споруд [Текст]: навч. посібник / С. М. Лінда. - Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2010. — 608 с.

19. Яковлева, В.А. Влияние возобновляемых источников энергии на стилистику современной архитектуры [Текст] /В.А. Яковлева // Сборник статей по материалам научно-практической конференции «Проблемы искусства в 21 веке: задача школы. - СПб, 2010. - С. 335 – 339.

20. Mont-Cenis Academy [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.bipv.ch/index.php/en/administration-s-en/item/590-montcenis>

21. Мургул, В.А. Возможности использования солнечной энергии для энергосбережения жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга и улучшения качества городской среды [Електронний ресурс] / В.А. Мургул // АМІТ. – 2013. – №1(22). – Режим доступа: [www.marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/murgul/murgul.pdf](http://www.marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/murgul/murgul.pdf)

22. Табуничиков, Ю. А. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий [Електронний ресурс] / Ю. А. Табуничиков, М. М. Бродач // Энергосбережение. – 2002. – № 7. – С. 18–24. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=143](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=143)

23. Michler Andrew. Heliotrope: The World's First Energy Positive Solar Home [Електронний ресурс]. – 2013. - Режим доступу: <https://inhabitat.com/heliotrope-the-worlds-first-energy-positive-solar-home/>

24. Heinstein, Patrick, Ballif, Christophe & Perret-Aebi, Laure-Emmanuelle (2013). Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths, 3(2), 125–156. DOI: <https://doi.org/10.1515/green-2013-0020>

25. Marché International Support Office. Zero-Energy Architecture in Switzerland. (2009). *DETAIL Green*, 32-39. Retrieved from: <http://iris.nyit.edu/~tholler/research/Marche.pdf>

26. Влияние ориентации, угла наклона и затенения на приём солнечных лучей [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://www.profik.com.ua/2010/11/22/vliyanie-orientatsii-ugla-i-zatneniya/>

## References

1. Zinchenko, A., Mikhylenko, O. (2018). "Green" revolution in Ukraine: for all or for the elect. *Ekonomichna Pravda*. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/02/16/634141/> [in Ukrainian]

2. On Approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness". (2017). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 605. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. [in Ukrainian]

3. Since the beginning of the year, the production of electricity from alternative sources in Ukraine has increased

by 30%. (2018). *People's Correspondent*. Retrieved from <http://nk.org.ua/ekonomika/z-pochatku-roku-virobnitstvo-elektriki-z-alternativnih-djerej-v-ukrayini-zroslo-na-30-142995>. [in Ukrainian]

4. Why will solar energy become cheaper than coal within 10 years. (2017). *EkoTehnika*. Retrieved from <http://nk.org.ua/ekonomika/z-pochatku-roku-virobnitstvo-elektriki-z-alternativnih-djerej-v-ukrayini-zroslo-na-30-142995>. [in Russian]

5. Architect Norman Foster. (2009). *Internet version of the magazine Barlette*. Retrieved from <http://barlette.ru/journal/article/557.html>. [in Russian]

6. Stanislavskaya, T. (2017). Remember how it was. *Architectural Trends in 2017. Royal Design*. Retrieved from <http://royaldesign.ua/ru/arhitekturnye-tendentsii-2017.bXk7X/>. [in Russian]

7. Solar Forest By Neville Mars. (n.d.). Retrieved from <http://www.igreenspot.com/solar-forest-by-neville-mars/>

8. Heliatek. (n.d.). Retrieved from <http://www.heliatek.com/en/heliatek>

9. Emanuele Nabonia, Antonio Malcangia, Yi Zhangb, Furio Barzonc (2015). Defining The Energy Saving Potential of Architectural Design. *Energy Procedia*, 83, 140-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.204>

10. Kashchenko, T. O., Shylo, N. M. (2013). Project Solutions for Energy Efficient Buildings under the Competition Program "Solar Decathlon "KNUCA". *Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika*, 91. 189-195. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/prgeoig\\_2013\\_91\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/prgeoig_2013_91_34). [in Ukrainian]

11. Sergeychuk, O. V. (2013). Geometric aspects of design of windows for energy conservation. Retrieved from [https://www.science-community.org/ru/system/files/SERGEYCHUK\\_full%20version\\_0.pdf](https://www.science-community.org/ru/system/files/SERGEYCHUK_full%20version_0.pdf)

12. Shuldan, L. O., Saer Adnan Al-Akhmmadi. (2016). Receptions for the use of solar elements in the buildings of the historic city center. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, 43(2). 435-441. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam\\_2016\\_43\(2\)\\_74](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2016_43(2)_74). [in Ukrainian]

13. Szułdan, L. (1999). Osobliwości przeprowadzenia energetycznych badań pomników architektury na przykładzie Rady Miejskiej m. Lwowa. *Materialy międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji "Energooszczędności sfer nieprodukcyjnego przeznaczenia"*. Polska, Kraków, 31–36.

14. Shuldan, L.O., Brodskyy, M.O. (2010). Architecture of Public Buildings and Energy Saving Problems. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnik"*, 674: *Arkhitektura*, 335–340. Retrieved from [http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/18600/1/45-335\\_340.pdf](http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/18600/1/45-335_340.pdf). [in Ukrainian]

15. Puhachov, YE.V. (2005). Modeling of the annual course of insolation of the inclined plane. *Visnyk NUVHP. Zb. nauk. prats*, 3(31), 248-255. [in Ukrainian]

16. Kutsevych, V. V. (2014). Architectural typology of public buildings and structures. *Modern Development Trends. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, 35, 376-384. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam\\_2014\\_35\\_56](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2014_35_56). [in Ukrainian]

17. Cherkes, B. S., Linda, S.M. (2014). Architecture of the present: the last third of the twentieth century - the beginning



- of the XXI century: teach. manual. (2rded.). Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. [in Ukrainian]
18. Linda, S.M. (2010). Architectural Design of Public Buildings and Structures: Teaching. manual. Lviv: Publishing house of Lviv Polytechnic National University. [in Ukrainian]
19. Yakovleva, V.A. (2010). The influence of renewable energy sources on the stylistics of modern architecture. *Sbornik statey po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy iskusstva v 21 veke: zadacha shkoly. SPb, 335 – 339. [in Russian]*
20. Mont-Cenis Academy (n.d.). Retrieved from <http://www.bipv.ch/index.php/en/administration-s-en/item/590-montcenis>
21. Murgul, V. (2014). Features of energy efficient upgrade of historic buildings (illustrated with the example of Saint Petersburg). *Journal of Applied Engineering Science, 12 (1)*, 1-10. Retrieved from [www.marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/murgul/murgul.pdf](http://www.marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/murgul/murgul.pdf). [in Russian]
22. Tabunshchikov, YU. A. (2002). Scientific foundations of designing energy-efficient buildings. *Energoberezeniye, 7*, 18–24. Retrieved from [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=143](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=143). [in Russian]
23. Michler, Andrew (2013). Heliotrope: The World's First Energy Positive Solar Home. Retrieved from <https://inhabitat.com/heliotrope-the-worlds-first-energy-positive-solar-home/>
24. Heinstejn, Patrick, Ballif, Christophe & Perret-Aebi,

- Laure-Emmanuelle (2013). Building Integrated Photovoltaics (BIPV): *Review, Potentials, Barriers and Myths. 3(2)*, 125–156. DOI: <https://doi.org/10.1515/green-2013-0020>
25. Marché International Support Office. Zero-Energy Architecture in Switzerland. (2009). *DETAIL Green*, 32-39. Retrieved from <http://iris.nyit.edu/~tholler/research/Marche.pdf>
26. Effect of orientation, angle of inclination and shading on the reception of sunlight]. (n.d.). Retrieved from <http://www.profik.com.ua/2010/11/22/vliyanie-orientatsii-ugla-i-zatneniya/>. [in Russian]

**Рецензенти:** д-р арх., проф. І. П. Гнесь, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

**Автор:** ШУЛДАН Лариса Олександрівна  
кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри архітектурного проектування та інженерії,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
E-mail – [shuldanlarisa@gmail.com](mailto:shuldanlarisa@gmail.com)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4171-9807>

**Автор:** КОЛІСНИК Роксолана Михайлівна  
студентка кафедри архітектурного проектування та інженерії,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
E-mail – [rajchanchan@gmail.com](mailto:rajchanchan@gmail.com)

## URBAN PLANNING AND ARCHITECTURAL METHODS OF SOLAR POWER PLANTS INTEGRATION INTO THE PUBLIC COMPLEX

L. Shuldan, R. Kolisnyk

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

*The article analyzes the current condition and perspectives of solar energetics in Ukraine. The basic architectural methods of placing solar elements in public buildings and examples of integration into existing time-varying objects are determined. The purpose is to install simple elements with the prospect of merging them into autonomous solar power plants (SPS) within the existing complexes. Such integration requires much more multidisciplinary researches and special scientific, design and practical intelligence that Shuldan L.O. combines into the method of dynamic monitoring. On the example of the Lviv Regional Clinical Hospital the step-by-step research for the practical implementation of SPS in such public complexes is shown. The First stage - energetic - is energy surveys and energy audits conducting. The second stage - urban planning and architectural, where the architectural or historical value of each building and complex is explored and the compliance with the norms, restrictions and the possibility of using certain techniques of "solar design" are determined. The Third stage includes a survey of the constructive state of buildings, the study of climatic and microclimatic data, the study of the functioning features of the components and the complex as a whole. At IV stage, the distribution of the object's role in the placed solar elements and the development of the general plan scheme is taking place. The Fifth- is devoted to the areas estimation and to useful space calculation with confirmation of their application expediency as well as to placement of rechargeable storage and distribution components of SPS. Dynamic monitoring of the complex territory and its buildings has revealed the possibility of integrating solar panels on a total area of 4541.2 m<sup>2</sup>. This will provide from 7 to 12% (depending on solar panels) of the total electrical consumption of the hospital. The construction of solar power plants (SES) is the most promising way to provide electricity from alternative sources of important social facilities.*

**Keywords:** energy saving, solar power plants, architecture, urban planning, energy efficiency, public buildings, complexes.