

**Управління
енергоспоживанням:
промисловість і соціальна
сфера**

Монографія

За загальною редакцією
О.М. Теліженка та М.І. Сотника

Суми
ВВП «Мрія-1»
2018

УДК 621.317.38:005](477)
У67

Рекомендовано до друку Вченою радою Сумського державного університету
(протокол № 7 від 13 грудня 2018 року)

Рецензенти:

Є.О. Балацький, доктор економічних наук, професор кафедри фінансів, банківської справи та страхування Сумського державного університету;

О.М. Сінчук, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті Криворізького національного університету;

С.С. Луговий, директор департаменту житлово-комунального господарства, енергоефективності та паливно-енергетичного комплексу Сумської обласної державної адміністрації.

Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера:
У67 монографія / під заг. редакцією О.М. Теліженка та М.І. Сотника.
– Суми : видавничо-виробниче підприємство "Мрія-1", 2018. – 336 с.

ISBN 978-966-566-717-9

Запропоновані методичні підходи до розрахунку систем теплозабезпечення будівель при використанні різних видів енергоресурсів, враховуючи оцінку вартості життєвого циклу таких систем, підходи до встановлення базового рівня енергоспоживання під час енергетичного аудиту (розрахунковий та інструментальний методи). Розроблено організаційно-управлінські, інформаційні та мотиваційні заходи з енергозбереження, вдосконалено науково-методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності інвестиційних проєктів з енергозбереження, з одночасним врахуванням можливих ризиків техногенних катастроф у зонах розташування об'єктів енергетики.

Монографія призначена для науковців та фахівців з впровадження систем енергоменеджменту.

УДК 621.317.38:005](477)

ББК

ISBN 978-966-566-717-9

© Теліженко О.М., Сотник М.І., та ін., 2018.
© ВВП "Мрія-1", 2018.

ЗМІСТ

Вступ	5
-------	---

Розділ 1

Територіальні аспекти енергогенерації та енергопостачання

1.1. Науково-методичні основи еколого-економічної оцінки об'єктів малої гідроенергетики	9
1.2. Використання показників еколого-економічної оцінки в управлінні об'єктами малої гідроенергетики	28
1.3. Формування регіональних багатопільових програм розвитку малої гідроенергетики	51
1.4. Вдосконалення підходів до оцінки еколого-економічної ефективності реалізації багатопільової програми розвитку малої гідроенергетики	69
Список використаної літератури за розділом 1	90

Розділ 2

Енергоаудит та енергоефективність будівель та споруд

2.1. Підходи до аналізу енергетичних витрат будівель	96
2.2. Підходи до енергетичної сертифікації будівель	103
2.3. Інноваційний досвід підприємств у сфері енергозбереження: енергетика, будівництво, транспорт, агровиробництво	107
2.4. Методика розрахунку системи теплозабезпечення будівель при використанні різних видів енергоресурсів, враховуючи оцінку вартості життєвого циклу таких систем	141
2.5. Класифікація вимог до систем теплового забезпечення цивільних будівель	185
2.6. Науково-прикладні аспекти досягнення необхідної енергоефективності систем теплового забезпечення цивільних будівель	209
Список використаної літератури за розділом 2	225

Розділ 3

Оцінка еколого-економічної ефективності, ризиків та обмежень в системі «Генерація – транспортування – споживання» електричної та теплової енергії

3.1. Методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності інвестиційних проектів з енергозбереження	245
3.2. Соціально-екологічна відповідальність підприємств теплоенергетики	260
3.3. Методичні підходи до оцінки та прогнозування атмосфероохоронних витрат у теплоенергетиці	274
3.4. Врахування ризику виникнення техногенних катастроф при розміщенні об'єктів енергетики	284
3.5. Стратегії оптимізації витрат на опалення для домогосподарств: випадок України	297
Список використаної літератури за розділом 3	323

ВСТУП

Енергозбереження – комплекс заходів, спрямованих на економію коштів Вашої організації, які витрачаються на оплату енергоносіїв. Така економія досягається за рахунок організаційно-технічних заходів і впровадження сучасних енергоефективних технологій.

Економія паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), і як наслідок грошей, не є новою ідеєю ні в нашій країні, ні за кордоном. У багатьох країнах енергозбереження - невід'ємна, а іноді і головна складова будь-якого технічного проекту. На практиці, енергозбереження означає раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, до якого стимулює не тільки зростання тарифів, але і необхідність підвищувати конкурентоспроможність і рентабельність виробництва, енергетичну стабільність функціонування інфраструктури населених пунктів.

В національних програмних документах, зокрема в «Енергетичній стратегії України до 2030 року», «Національному плані дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року», «Національній стратегії теплозабезпечення України до 2030 року» визначені основні завдання щодо забезпечення стійкого енергетичного розвитку національної економіки та стабільного забезпечення соціальної сфери джерелами енергії.

Підвищення енергоефективності, в більшості випадків, пов'язано з модернізацією інфраструктури. При цьому, оприлюднення проекту «Методики розроблення схем теплопостачання населених пунктів» стало важливим етапом щодо системного узагальнення практичного досвіду, еколого-економічного обґрунтування техніко-технологічних рішень модернізації схем теплопостачання, впровадження організаційних заходів із стимулювання енергозбереження та ін.

Умовно, комплекс заходів щодо підвищення енергетичної ефективності можна розділити на чотири етапи.

Першим кроком на шляху підвищення енергоефективності, в будь-якому випадку, буде отримання

повних і достовірних відомостей про енергоспоживання певного об'єкту. Для цього існують спеціально розроблені методики проведення енергетичного обстеження (енергоаудиту). В результаті проведення енергетичного обстеження складається звіт, що містить вичерпні відомості, необхідні для подальших етапів.

Другим кроком є розробка програми енергозбереження. Вона являє собою економічно обґрунтований комплекс організаційно-технічних заходів, в результаті впровадження якого буде забезпечується економія енергоресурсів.

Третім кроком є впровадження розробленого комплексу заходів з використанням найбільш вигідних способів їх фінансового забезпечення.

Фінальним етапом є впровадження системи моніторингу заходів з підвищення енергоефективності. Саме моніторинг стану енергетичної інфраструктури дає чітке уявлення про досягнуті на практиці показники економії і ступеня їх відповідності проектним параметрам.

Саме на методичне та інформаційно-аналітичне забезпечення вирішення зазначених задач спрямовані матеріали цієї монографії.

Зокрема, науково-методичні підходи до формування регіональних енергетичних комплексів в системі «генерація теплової та електричної енергії – ефективне енергоспоживання – енергоменеджмент» спрямовані на вдосконалення принципів і методів обґрунтування багатофункціонального використання об'єктів малої гідроенергетики.

Методичні підходи до розрахунку систем теплозабезпечення будівель при використанні різних видів енергоресурсів, враховуючи оцінку вартості життєвого циклу таких систем, спрямовані на запровадження сучасних техніко-технологічних та управлінських рішень з підвищення енергоефективності будівель соціальної сфери. В монографії надано рекомендації з побудови та запропоновано альтернативну шкалу оцінки енергетичної ефективності будівель закладів соціальної сфери. Даються

практичні рекомендації з вдосконалення процедури розробки схем теплопостачання населених пунктів.

Значна увага приділяється організаційно-управлінським, інформаційним та мотиваційним заходам з енергозбереження. Запропоновані принципи соціально-екологічної відповідальності підприємств теплоенергетики. Запропоновані науково-методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності інвестиційних проектів з енергозбереження. При цьому враховуються можливі ризики техногенних катастроф у зонах розташування об'єктів енергетики.

Окремі розділи монографії підготували:

Антоненко С.С., к.т.н, Сумський державний університет (п. 2.4);

Байстрюченко Н.О., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.1);

Білоус І.Ю., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (пп. 2.1-2.2);

Вакуленко І.А., Сумський державний університет (п. 3.1);

Герасименко О.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (2.5);

Дегтяренко О.Г., к.е.н., Сумський державний університет (пп. 1.1-1.4);

Дешко В.І., д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (пп. 2.1-2.2);

Жулавський А.Ю., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.2);

Курбатова Т.А., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.5);

Марченко Г.В., к.т.н., Сумський державний університет (п. 3.3);

Маценко О.М., к.е.н., Сумський державний університет (п. 2.3);

Мельник Л.Г., д.е.н., Сумський державний університет (п. 2.3);

Мирошниченко Ю.О., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.1);

Опанасюк Ю.А., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.3);

Перекрест А.Л., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (п.п. 2.5-2.6);

Родькін Д.Й., д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (п. 2.6);

Сапожников С.В., к.т.н., Сумський державний університет (п. 2.4);

Смоленников Д.О., к.е.н., Сумський державний університет (п. 3.2);

Сотник М.І., д.т.н., Сумський державний університет (п. 2.4);

Сотник І.М., д.е.н., Сумський державний університет (п. 3.5);

Теліженко О.М., д.е.н., науковий редактор, Сумський державний університет (вступ, п.п. 3.1, 3.3);

Хованський С.О., к.т.н., Сумський державний університет (п. 2.4);

Черноброва А.К., Сумський державний університет (п. 2.4);

Чеботарьова Є.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (п. 2.5);

Шашков С.В., к.е.н., Сумський державний університет (п.п. 1.1-1.4);

Шевченко О.М., к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (п.п. 2.1-2.2);

Шовкалюк М.М., к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (п.п. 2.1-2.2).

2.3. Інноваційний досвід підприємств у сфері енергозбереження: енергетика, будівництво, транспорт, агровиробництво

Інноваційний вектор промислових технологій. Принциповою особливістю сучасного етапу розвитку виробничої сфери є перенесення центру ваги (а відповідно і витрат) у виробничому процесі з циклу тиражування продукції (тобто, власне, виробничого процесу) на цикл їх проектування. Саме там закладається основна цінність майбутнього виробу, тобто його інформаційні характеристики: властивості, функції, експлуатаційні параметри (надійність, естетичність тощо). За влучним висловом І. Агамірзяна, в найближчому майбутньому ми почнемо сприймати виробничі потужності не інакше, як звичайний принтер, який вмикається натисненням кнопки, коли нам потрібно роздрукувати пачку документів [62].

У 2010 році перша модель iPad-а продавалася майже за \$ 500. При цьому сукупні витрати на виготовлення його матеріальних компонентів та їх збирання становили лише \$ 33. «Аналогічна структура спостерігається в інших галузях. У мікроелектроніці до початку 2000 років відбулося остаточне розділення на fabless-компанії (тобто безфабричні, а саме ті, що не мають власних виробничих потужностей), які займаються дослідженнями і проектуванням мікросіпів, і foundry-компанії, які займаються їх виробництвом. Причому обороти перших уже перевищили обороти других» [62].

«Як і будь-яка революція, третя промислова революція буде руйнівною... Як Генрі Форд залишив без роботи ковалів, роботизація і нові методи виробництва перетворюють фабрики на безлюдні приміщення, якими будуть керувати кілька десятків кваліфікованих операторів...

Зараз модно говорити, що виробництво повертається в розвинені країни. Але... нехтується дуже важлива деталь, що це вже зовсім інше виробництво...» [62].

Таким чином, основним видом продукції в бізнесі стають не вироби і послуги, а стартапи, а точніше інновації, на виробництво яких орієнтовані дані стартапи. Причому коло

інновацій, які продукуються стартапами, надзвичайно широке і стосується всіх сфер життя (рис. 2.2).

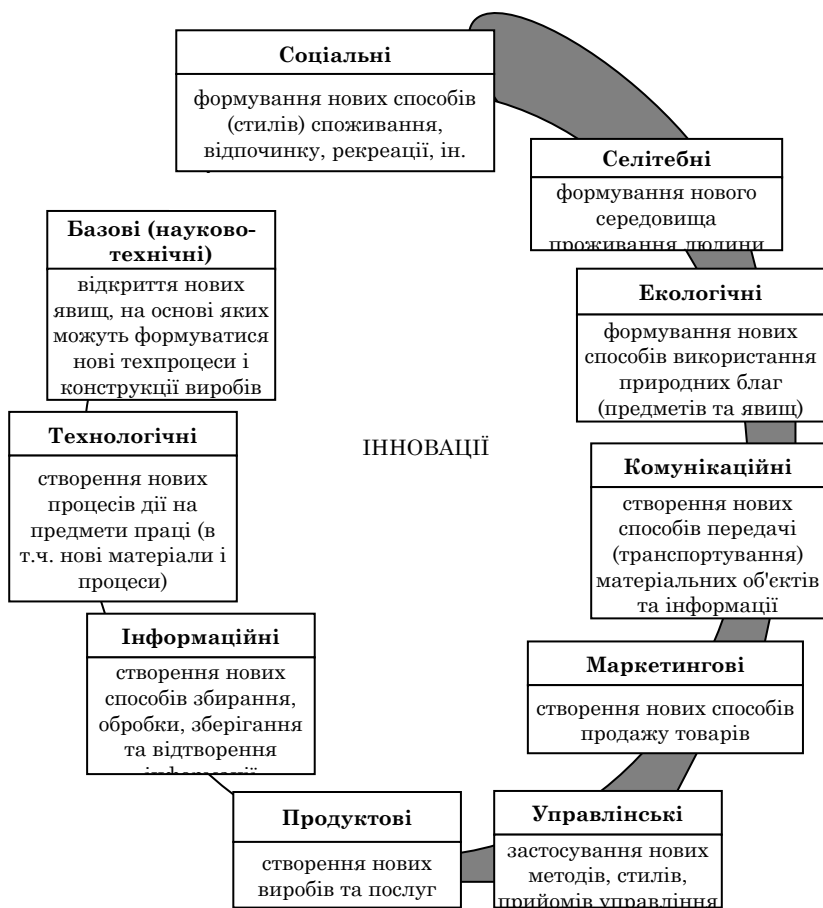


Рисунок 2.2 – Види економічних інновацій (складено автором)

Сказане змушує підкреслити одну важливу деталь. Згадані інноваційні технології, як і будь-які інновації в цілому, можуть бути успішно реалізовані при концентрації

зусиль усього суспільства. Як інструмент такої концентрації в країнах ЄС використовуються так звані «технологічні платформи: від визначення до загальної програми досліджень». Під цим терміном розуміється об'єднання представників держави, бізнесу, науки та освіти навколо спільного бачення тренду науково-технічного розвитку та формування загальних підходів до розроблення і промислового освоєння відповідних технологій [63].

Лише консолідована участь різних суб'єктів суспільства дозволить вирішити фінансові, організаційні, технічні, інформаційні та соціальні проблеми впровадження кластерів сучасних технологічних інновацій.

Інноваційний досвід розвитку «зеленої» енергетики. Наразі розвиток відповідної енергетики в Україні зазнає значного підйому. І хоча на середину 2017 року частка «зеленої» енергетики в загальному балансі була не дуже вагомою (близько 2%), слід врахувати, що ще п'ять років тому досягнення подібного результату планувалося лише на 2025 рік [64].

За перше півріччя 2017 року в Україні було побудовано 79 нових об'єктів «зеленої» енергетики (із них 67 – СЕС) загальною потужністю майже 183 МВт. При цьому потужності СЕС зросли на 23%, вітрових електростанцій – на 5%, малих ГЕС – на 1,5% і об'єктів на біомасі – на 6%.

Усього на перше півріччя 2017 року потужності електростанцій на ВДЕ забезпечували майже 1 462 МВт енергії, із них 705 МВт становила потужність СЕС, 459 МВт – вітрових електростанцій, близько 120 МВт – малих ГЕС і 33 МВт – електростанцій на біомасі.

За даними Центру інноваційного бізнесу (Innovative Business Centre), який в Україні надає послуги в галузі альтернативної енергетики та енергозбереження, до кінця 2017 року в країні планується ввести ще 70 нових об'єктів «зеленої» енергетики загальною встановленою потужністю понад 430 МВт. Таким чином, потужності об'єктів відновлюваної енергетики в Україні повинні досягти 1,9 ГВт і наблизитися до 3% у загальному енергобалансі [65].

Стратегічною метою є довести до 2020 року потужності альтернативної енергетики в країні до 7–8% загального енергобалансу. До 2030 року планується довести обсяг

встановлених потужностей «зеленої» енергетики до 8 ГВт. Половина зазначених потужностей повинна бути забезпечена за рахунок сонячної генерації [66; 67].

Сьогодні потужності альтернативної енергетики створюються практично в усіх областях України. Найбільше працюючих СЕС функціонують в Одеській, Миколаївській, Херсонській, Вінницькій, Львівській, Кіровоградській, Харківській областях. Вітрові електростанції вже працюють в Запорізькій, Львівській, Миколаївській, Херсонській, Харківській областях.

До речі, одна з СЕС («Солар парк Підгородне»), яка запрацювала на повну потужність під містом Дніпро, є досить унікальною і не має аналогів у Східній Європі. Справа у тому, що її сонячні модулі є рухомими і стежать за пересуванням сонця протягом дня. Це дозволяє на 50% підвищити ефективність роботи електростанції.

Усього на ринку ВДЕ України працюють близько 230 компаній. Значна їх частина представлена зарубіжними інвесторами. Велику активність проявляють підприємства Німеччини, Китаю, Кореї, Індії, Нідерландів, Данії, Швеції та інших країн. Сегмент вітроенергетики представлений всього 13 компаніями (15 діючих ВЕС). Більшу частину (більше 90%) «зеленої» енергії виробляють підприємства сонячної і вітрової енергетики, поділяючи виробництво енергії приблизно порівну [67].

Значний потенціал розвитку сонячної енергетики має зона відчуження Чорнобильської АЕС. За словами Прем'єр-міністра України В. Гройсмана, вже подано 60 заявок від різних організацій, що претендують на будівництво СЕС у цій зоні. Багато з них представляють зарубіжних інвесторів. Фахівці відібрали масив розміром 1100 га землі для цих цілей [68].

Залученню зарубіжних інвесторів і розробників покликана сприяти інтерактивна карта розвитку проектів відновлюваної енергетики. Розробленням карти, за визнанням глави Держенергоефективності С. Савчука, займається його відомство. Карта повинна демонструвати відповідні земельні ділянки під розміщення об'єктів відновлюваної енергетики (для електростанцій потужністю від 27,5 до 150 кВт), а також можливі точки підключення

«зелених» об'єктів в енергосистему України. За допомогою карти інвестори ще на початку роботи зможуть знайти точку входу для реалізації проекту та розрахувати його рентабельність. Планується також розробити і запропонувати типові фінансові моделі для різних проектів, що посилять інформаційну цінність карти [69].

У середньому на 1 МВт встановленої потужності «зеленої» енергетики в Україні необхідно близько 1 млн євро інвестицій. Це означає, що будівництво потужностей 1 ГВт обходиться в 1 млрд євро. Втім, на це можна поглянути і з іншого боку. Створення потужностей в 100 МВт дає можливість залучити в країну зарубіжні інвестиції на 100 млн євро. Сонячної активності в Україні достатньо, щоб забезпечити окупність інвестицій за 6–7 років із використанням «зеленого» тарифу і 13–15 років без нього. Цей термін можна порівняти з окупністю класичної ТЕС [70].

Фахівці відзначають істотну різницю в ринкових умовах створення потужностей сонячної і вітрової енергетики. Різниця обумовлена тим, що «поріг входу» (вартість проекту) в сегменті сонячної енергетики нижчий, ніж у вітроенергетиці. Це обумовлено тим, що процес будівництва СЕС простіший, а вимоги до досвіду та експертизи слабші. Через це на сонячний ринок потрапити набагато простіше. Процес створення вітрової електростанції набагато більш трудомісткий. Глава української асоціації відновлюваної енергетики О. Оржель згадує, що якимось після доставки в український порт лопатей для вітряків, щоб вивезти їх за межі міста, довелося розбирати частину будинків. Складною також є експертиза місця будівництва ВЕС. Необхідно провести попередній вітромоніторинг, що може зайняти від двох до трьох років [70].

Відомим фактом є те, що для ефективного функціонування об'єктів відновлюваної енергетики необхідна наявність потужної системи зберігання (акумулявання) енергії. Така система дозволяє домогтися значних результатів з підвищення ефективності та забезпечення безпеки енергетичних систем. По-перше, з'являється інструмент для балансування системи в умовах перепаду споживання енергії; по-друге, усувається

необхідність утримувати надлишкові енергопотужності для покриття пікових навантажень; по-третє, підвищується енергобезпека і знижуються ризики аварійних відключень енергії. Обнадіює те, що керівництво країни, як мінімум, розуміє існуючу проблему. Зокрема, Прем'єр-міністр В. Гройсман офіційно звернувся до відомого підприємця і засновника Tesla Ілона Маска з пропозицією побудувати в Україні сховище відновлюваної енергії, схоже на те, яке він уже будує в Австралії. У пресі з'явилося повідомлення, що підприємець готовий обговорити цю пропозицію [71].

Ще більше вражає розвиток альтернативної енергетики в приватних домогосподарствах. Лише за три квартали 2017 року понад 1 200 українських домогосподарств перейшли на сонячну енергію, довівши кількість приватних міні-СЕС до 2 323, а показник загальної встановленої потужності – до 37 МВт. До кінця року ці показники можуть перевищити позначки відповідно в 3 000 одиниць і 50 МВт [72].

Переконує динаміка зростання потужностей «зеленої» енергетики в приватних господарствах країни (рис. 2.3. і 2.4.), якщо врахувати, що лише три роки тому вони практично були близькими до «нуля».

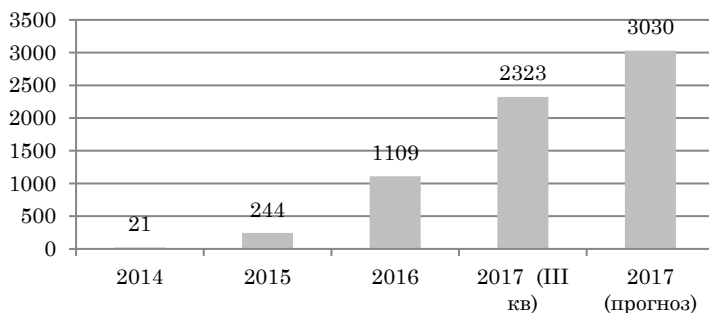


Рисунок 2.3 – Динаміка кількості сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах [72]

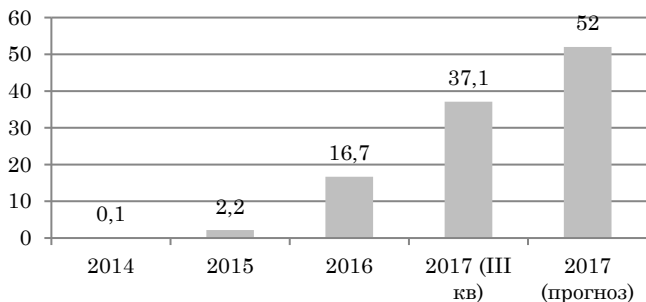


Рисунок 2.4 – Динаміка встановлених потужностей (МВт) сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах [72]

Кількість сонячних установок у приватних домогосподарствах за областями України показано на рис. 2.5.

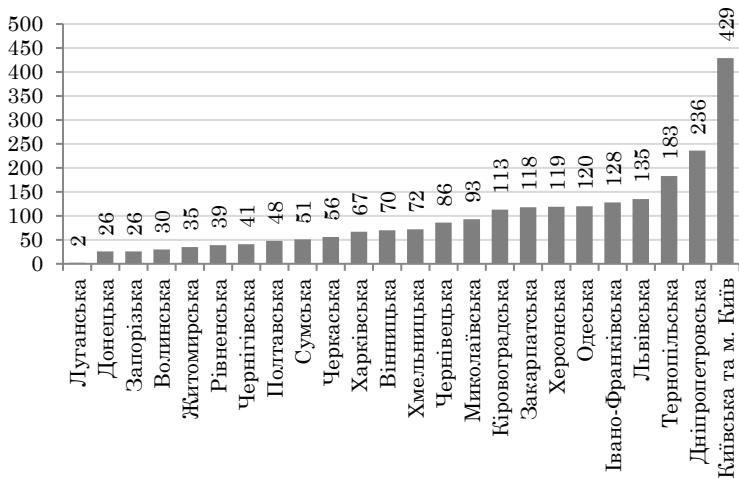


Рисунок 2.5 – Кількість сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах по областях України [72]

Безумовно, така динаміка розвитку приватної «зеленої» енергетики в Україні має позитивні тенденції. Однак все пізнається у порівнянні. Наведемо лише одну цифру. В Італії близько 500 тисяч домогосподарств встановили сонячні станції, що більше ніж у 330 разів перевищує показники України [73]. Це одночасно може свідчити і про горизонти «зеленої» енергетики для України.

Необхідно зазначити, що для установки зазначених приватних міні-СЕС тільки за дев'ять місяців 2017 вдалося мобілізувати інвестицій на суму в 35 млн євро.

На тлі нестабільності банківської системи сонячні станції виявилися вигідними інвестиціями. Вкласти гроші в середню за розміром сонячну станцію стало вигідніше, ніж у середній за розміром депозит. Цьому сприяє і те, що за останні кілька років дуже знизилася вартість сонячних батарей і зросла їх доступність. А це, у свою чергу, призвело до зниження терміну окупності подібних проєктів. Якщо два роки тому побутова сонячна станція обходилася в 10 тис. доларів і окупувалася в середньому за 10 років, то зараз вона коштує 6–8 тис. доларів і може окупитися за 5-7 років [74].

Значну роль в активізації розвитку «зеленої» енергетики в країні відіграють економічні інструменти.

По-перше, в Україні діє один із найвищих «зелених» тарифів в Європі, який також значно вищий, ніж для інших видів вітчизняної генерації: до 18 євроцентів за 1 кВт год, що в перекладі – близько 5,5 грн за 1 кВт год. Крім того, Україна гарантує купівлю електроенергії за таким спецтарифом до 2030 року. По-друге, після Революції гідності була ліквідована норма про місцеву складову – для отримання «зеленого» тарифу. Раніше діяла норма для об'єктів «зеленої» енергетики: від 30 до 50% (в різні роки) обладнання повинно бути вітчизняного походження. Реально це відкривало шлях провладним фірмам і закривало іноземним інвесторам. Тепер же норма про обов'язковість вітчизняного обладнання замінена на механізм заохочувальних надбавок (до + 10% до зеленого тарифу), що враховує інтереси вітчизняних виробників і забезпечує вільний доступ нових гравців на ринок [64].

Підвищений попит населення на сонячні панелі передусім пояснюється прийнятим у 2015 році законом, яким встановлено «зелений» тариф на рівні 18,09 євроцента (близько 5,5 грн) за 1 кВт год на електроенергію, вироблену сонячними установками потужністю до 30 кВт. Простіше кажучи, в денний час доби, коли ви практично не споживаєте електроенергію, ваша сонячна панель працює на максимумі і продає в мережу електрику по 18,09 євроцентів за 1 кВт год. При цьому ввечері, коли ваша станція не працює, ви купуєте електрику з мережі за звичайним тарифом: 1,68 грн за 1 кВт год при споживанні понад 100 кВт год або 0,9 грн за 1 кВт-год при меншому споживанні [64].

Істотну допомогу в розвитку альтернативної енергетики надають також місцеві адміністрації. Так, наприклад, у Львівській області з обласного бюджету домогосподарству повертають 22% річних за кредитом на сонячні панелі, а в Житомирській області – 20% від суми кредиту [65].

Слід зазначити, що сонячні панелі встановлюються не лише в приватних будинках, але і в багатоповерхівках. Приклади подібних ініціатив уже демонструють об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) у Києві, Дніпрі, Рівному, Сумах. Як правило, фінансову підтримку (до 70%) надає місцевий бюджет.

З 2017 року істотну підтримку розвитку малої «зеленої» економіки став надавати державний Укргазбанк. Він почав видавати фізичним особам кредити на купівлю й установку «домашніх» сонячних електростанцій, сонячних колекторів та теплових насосів під 0,01% річних. Максимальна сума кредитування 1 млн гривень на термін до 5 років [74].

Додатковий оптимізм надає інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики в Україні. Тут виникають оригінальні рішення зі створення нових вітрових генераторів, сонячних концентраторів і панелей, засобів малої гідроенергетики [75; 76; 77; 78]. Значна частина цих рішень знаходить втілення в реальних виробках.

Завдяки науковим проривам і технологічному прогресу вдається значно збільшити кількість ефективних напрямків

у сонячній енергетиці. У сонячні панелі перетворюються не лише дахи будинків, а й вікна приміщень, крім того, волосся людини, рослини, транспортні магістралі і багато іншого. Технічно реалізована ідея «сонячного дерева», кожен листочок якого («надрукований», до речі, за допомогою 3D-принтера) являє собою мініатюрну сонячну електростанцію [79].

З'явилися конструкції вітряних генераторів, здатних вловлювати буквально легкий вітерець. Вони зовсім не схожі на звичні величезні лопаті вітряних млинів і швидше нагадують дитячі вертушки, але зібрані у великій кількості, стають відчутним джерелом енергії. З'явилися вітрові електростанції, здатні працювати взагалі при повному штилі. Вони використовують перепад тисків на різних висотах (до 700 м) [80]. У Швеції в електростанцію перетворилася телевежа. Для цього вона була обвішана тисячами електростатичних соломинок, що виробляють електроенергію від тертя між собою. Такі електрогірлянди до того ж повністю змінили вигляд банальної інженерної споруди, яка набула ознак цілком привабливого архітектурного об'єкта [81]. В Америці електростанцією стала автомагістраль, де енергію виробляють автомобілі, що проїжджають по ній [82]. Подібну дорогу-електростанцію збираються побудувати в США [83]. А в Європі в сонячну панель перетворилася велодоріжка [84].

У розвинених країнах звичним явищем стає використання перепаду температур під землею і на її поверхні. Мова йде про використання так званих *теплових насосів*. Взимку вони можуть служити для обігріву приміщень, а влітку – для їх охолодження. Причому і перше, і друге забезпечується з мінімумом витрат енергії.

Організаційно-економічні особливості сестейнового будівництва. Умовно можна виділити кілька основних напрямків розвитку сестейнового будівництва:

– екологічну модернізацію, коли сестейнізація проводиться в побудованих раніше будівлях (найчастіше це бувають будівлі сторічної давнини і навіть старші);

– екохайтек – «зелене» будівництво із застосуванням найпередовіших технологій і матеріалів, як правило, досить дорогих, що позначається і на ціні споруджуваних об'єктів;

– «зелене» будівництво економ-класу (еколаутек) – будівництво, розраховане на менш платоспроможні верстви населення; як правило, оптимізуються розміри об'єктів, що будуються; використовуються недорогі матеріали, зазвичай місцевого походження.

Екологічна модернізація. Цей напрямок пов'язаний з екологічним удосконаленням будівель, побудованих набагато раніше. Автори доповіді Римському клубу «Фактор п'ять» називають це екологічною санацією старих будівель [85]. Вони ж наводять кілька прикладів подібної санації.

Будівля «60L» в Австралії (свою назву будинок отримав завдяки своїй адресі; L передає назву вулиці – Ланкастер, а 60 – відповідає номеру будинку). Екологічна модернізація триповерхового будинку (якому вже 130 років) в Мельбурні дозволила на 70% знизити використання питної води.

«Будинок відновлюваної енергії» в Брюсселі, Бельгія (споруда – 1885 року). Після модернізації енерговитрати на утримання будівлі скоротилися на 50%, а інші експлуатаційні витрати – на 70%. Гаряче водопостачання переведено на сонячну енергію, використана високоефективна вентиляція, застосоване прогресивне скління вікон і проведена зовнішня теплоізоляція.

Окружний суд в Худіксваллі, Швеція (споруда – 1909 року). Потреба в енергії знижена на 30% завдяки поліпшенню теплоізоляції і переведенню опалення на альтернативні джерела.

Штаб-квартира Бартон-Груп в Глен-Фоллз, США (споруда – 1865 року). Енергоефективність стала вищою на 49%, ніж сучасні рекомендовані норми штату Нью-Йорк. Необхідну енергію будівля тепер отримує від вітру. Використовується геотермальна система управління мікрокліматом усередині будівлі. Дах став зеленим. Працює система повторного використання «сірої» води і перший у США ліфт із низьким споживанням енергії.

Екохайтек. При будівництві та експлуатації будівель використовуються найпрогресивніші матеріали і технології, незважаючи на їх ціну. Комфортне середовище всередині приміщень створюється за рахунок складних комп'ютеризованих інженерних систем, що керують використанням енергії і води. Подібні будівлі виявляються дуже витратними в будівництві та експлуатації. Їх можуть дозволити лише заможні замовники.

Говорячи про хайтек у будівництві, необхідно зазначити важливий момент. Хоча технологічно просунуте будівництво є, безумовно, більш дорогим, воно несе в собі потенціал колосального здешевлення будівельних робіт у майбутньому. І в цьому провідну роль відіграють два ключових напрямки розвитку будівельних технологій: застосування 3D-друку і використання роботів.

Зокрема, нова каліфорнійська компанія Cazza Construction представила технологію для друку будинків з бетону за 24 години. До речі, в Дубаї вже є будівлі, побудовані за 3D-технологіями, і 3D-пальми, що заряджають телефони і роздають Wi-Fi. У місті до 2030 року планується побудувати цілий квартал будинків, надрукованих на 3D-принтері [86].

На думку гонконгської будівельної компанії Jiayuan International Group, вже сьогодні 3D-друк дозволяє скоротити час і витрати на будівництво приблизно на 10%. Після того, як стандарти 3D-друку будуть остаточно впроваджені в будівництво, а самі процеси стануть більш досконалими, витрати і кількість відходів може бути скорочено на 50% [86].

Австралійська компанія Fastbrick Robotics представила серію будівельних роботів Nadrian. Один такий робот за продуктивністю перевершує в 4 рази звичайного робітника з цегляної кладки. Якщо ж враховувати необхідний час відпочинку останнього, то його перевага є набагато більшою. За одну годину робот-муляр може викладати до 1000 цеглин, тобто робити за одну годину роботу, яку два робітники могли б виконати за день. Робот в змозі також виконувати складні і різноманітні завдання. Компанія працює над пристроєм,

який зможе будувати якісні та недорогі будинки за три дні [87].

Штучні «кістки» і «ячна шкаралупа». Біоінженери з університету Кембридж запропонували використовувати принцип біоміметики – технологічного наслідування природі. На його основі з білків і мінералів при кімнатній температурі створюються штучні матеріали, що імітують властивості кісток і ячної шкаралупи. Штучні «кістки» створюються на 50% з білка (колагену тваринного походження), який забезпечує структурну жорсткість і твердість, і на 50% – із мінералів, які роблять матеріал міцним і стійким до пошкоджень. Штучна «ячна шкаралупа» складається на 95% із мінералів і на 5% з білка, що робить її досить міцною. Поки матеріали виробляються в незначній кількості і задовольняють потреби лише виробництва медичних імплантів. Але біоінженери запевняють, що за необхідності процес виробництва може бути масштабований. У разі успіху енергоємність будівельних процесів може бути значно знижена, адже згадані штучні матеріали виробляються при кімнатній температурі, а виробництво бетону і сталі вимагає великих енергетичних затрат [88].

Безумовно, елітне «зелене» будівництво належить до так званого «штучного» виробництва, результатами якого можуть сьогодні скористатися лише одиниці найбільш забезпечених людей планети. У той самий час воно відіграє важливу роль для розвитку сестейнових технологій масового будівництва у майбутньому.

Згідно з прогнозом компанії The Boston Consulting Group інновації в будівельному секторі через 10 років дозволять щорічно економити від 0,7 до 1,2 трлн доларів США на стадії будівництва і від 0,3 до 0,5 трлн доларів на стадії експлуатації будівель [89].

Подібні проекти екохайтеку є своєрідним інкубатором нових ідей і випробувальним полігоном, де провідні архітектори та інженери сучасності впроваджують, перевіряють і вдосконалюють свої інноваційні рішення (нові

технології і матеріали), які завтра стануть надбанням мільйонів.

Інновації на транспорті. Аналізуючи перспективи розвитку транспорту, не можна залишити без уваги створення безпілотних систем управління транспортними засобами, яке не тільки перетворюється на один із найважливіших напрямків сестейнізації транспорту, а й стає ключовим фактором трансформації стилю життя людей. Сьогодні всі провідні компанії, пов'язані з виробництвом та наданням послуг транспорту, ведуть дослідження в галузі конструювання систем автопілотування і забезпечення безпілотного керування транспортними засобами.

Автопілот (система автоматичного управління) – це пристрій або програмно-апаратний комплекс, здатний в автоматичному режимі вести транспортний засіб до певного заданого пункту призначення або заданою траєкторією.

Безпілотним прийнято називати транспортний засіб, обладнаний системою автоматичного управління, який здатний пересуватися без участі водія.

До недавнього часу автопілоти застосовувалися в авіації або на залізничному транспорті (до якого умовно можна віднести і маглев). Це пояснюється тим, що в цих видах транспорту рух відбувається у просторі, який не містить великої кількості перешкод. Останнім часом автопілот став активно використовуватися і в автодорожньому транспорті.

У сучасних безпілотних автомобілях використовуються алгоритми на основі байєсівського методу одночасної локалізації і побудови карт (SLAM, simultaneous localization and mapping). Суть роботи алгоритмів полягає в комбінуванні даних з датчиків автомобіля (real-time) і даних карт (offline).

Створенням автопілотів для автомобілів, крім автовиробників (Tesla-Motors, BMW, Mercedes, Volkswagen, Nissan, Ford, General Motors, Volvo, Toyota і ін.), займаються роботобудівельні і комп'ютерні компанії (передусім Google, Apple, Cognitive Technologies, Cruise Automation, Uber та ін.). Роботи ведуться за двома напрямками: створення з самого початку безпілотного автомобіля і створення різного рівня

автопілотних пристроїв, які б можна було поставити на звичайні автомобілі. Прорив намітився з настанням в 2010 роках нових проривних технологій використання штучного інтелекту. З усіх кінців світу почали надходити обнадійливі новини. Ось лише кілька прикладів.

Безпілотні автобуси одними з перших видів транспорту стали виконувати реальну роботу з перевезення пасажирів. У ряді випадків ці поїздки вже стають комерційними.

У 2015 році в голландському місті Вагенінген з реальними пасажирами була розпочата презентація 6-місного автобуса WErpod (рис. 2.6). Його творці – французька компанія EasyMile і організація Citymobilz. На початковому етапі його пробіг був обмежений 200 м, а швидкість – 8 км/год. Після однорічного випробувального терміну експеримент було вирішено продовжити на три роки зі збільшенням пробігу [90; 91].



Рисунок 2.6 – Безпілотний 6-місний автобус у Вагенінгені, Нідерланди [91]

У 2016 році у французькому Ліоні стали курсувати два 15-місних безпілотних автобуси (рис. 2.7). Маршрут довжиною в 1,3 км передбачає п'ять зупинок. Швидкість руху на час випробувань «заморожена» на рівні 20 км/год. Виробник – компанія Navua. У салоні немає водія, але присутній співробітник міської транспортної служби з комп'ютером,

готовий за необхідності взяти керування на себе [92]. Ця сама компанія запустила також безпілотні автобуси у французькому Бордо і швейцарському Сьоні.



Рисунок 2.7 – Безпілотний 15-місний автобус у Ліоні [92]

У кінці 2016 року в Парижі на маршрут вийшли два безпілотних міні-електроавтобуси (виготовлені французькою компанією Easymile). Якщо проект виявиться успішним, у столиці Франції впровадять більше такого транспорту. Автобуси курсують між Ліонським вокзалом і вокзалом Аустерлітц. Вони ходять винятково виділеною смугою, на яку не заїжджають інші транспортні засоби. Кожен безпілотник вміщує 12 осіб. Автобус має реверсивність ходу. Тому йому не потрібно розвертатися на кінцевій зупинці. Ця сама компанія у 2017 році розпочала впровадження безпілотних автобусів у Гельсінкі (Фінляндія) [93].

У 2016 році пройшов обкатування 12-місний електричний безпілотний автобус Park Shuttle у Роттердамі (Нідерланди) і Орїстано (Сардинія, Італія) (рис.2.8). Дистанція відповідно 1,8 і 1,7 км. Відмінність лише в тому, що в Роттердамі виділено окрему смугу для безпілотних автобусів (і автобус слідує магнітними направляючими), а в Орїстано планують організувати рух безпілотних автобусів по тій самій смузі, якою їздять велосипедисти і звичайні автомобілі. Передбачається, що безпілотники не створюватимуть

проблем руху транспорту, адже відмінно розпізнають перешкоди і не повинні бути небезпечними для оточуючих. Із 2016 року розпочато також впровадження безпілотного автобуса Heathrow Pod в Лондоні. Мова йде про перевезення пасажирів у міжнародному аеропорту Хітроу [94].



Рисунок 2.8 – Безпілотний автобус на вулицях Орістано [94]

За відомостями одного з виробників автобусів-безпілотників Navya до середини 2017 року їхніми безпілотниками в Європі, Азії та США було перевезено 150 тисяч пасажирів. За підрахунками видання «The New York Times» в Європі вже запущено більше 20 експериментальних або таких, що повноцінно працюють, міні-автобусів. Крім уже названих країн, вони функціонують також у Німеччині [95].

Поки подібні автобуси мають досить скромний зовнішній вигляд, адже їх розробники переслідували перш за все досягнення функціональності і безпеки. Однак із часом вони стануть більш стильними та футуристичними.

Безпілотні вантажівки. У 2016 році вантажівка-безпілотник (на базі серійного тягача Volvo) компанії Otto-Uber в штаті Колорадо, США, здійснила перший комерційний рейс (рис. 2.9).

Вантажівка проїхала близько 120 миль (193 км). Середня швидкість вантажівки становила 90 км/год. Водій, щоправда, в ній був, але він, вивівши вантажівку з міста, перемістився на спальне місце в задній частині кабіни. Першим вантажем безпілотника були напої компанії Anheuser Busch. Регулярні комерційні рейси планували розпочати в 2017 р. [96; 97].



Рисунок 2.9 – Автопілотна вантажівка компанії Otto-Uber [97]

У 2017 року підприємство Volvo Trucks (вантажний підрозділ компанії Volvo) спільно з компанією Renova, що займається утилізацією відходів, розробили і випробували автономний сміттевоз. Вантажівка-безпілотник «запозичила» технології, які вже застосовувалися в іншому проекті Volvo – при створенні автономних видобувних машин.

«Варто зазначити, що мова йде не про повну автономію: вантажівка працює в парі з водієм і під його контролем. Бортовому комп'ютеру сміттевоза досить одного разу, щоб запам'ятати маршрут руху і територію, де знаходяться контейнери зі сміттям. Далі вантажівка може рухатися самостійно, в той час як водій буде займатися прибиранням сміття. За переміщення автомобіля відповідає автопілот.

Для більшої зручності навантаження сміттевоз рухається заднім ходом, при цьому встановлені на ньому сенсори-лідари попереджають про об'єкти, які знаходяться на шляху. Таким чином, автономний сміттевоз і водій виконують кожен свою функцію: перший переміщається від одного місця збирання сміття до іншого, а водій займається перевантаженням сміття з контейнерів у відсік ущільнення відходів» [98].

Український безпілотник. У справу створення безпілотних автомобілів на транспорті роблять свій внесок і українські розробники. Зокрема, запорізька компанія «Інфоком ЛТД» розробила автопілотний модуль Pilotdrive, який може бути встановлений на існуючі на ринку автомобілі – як на легкові, так і на вантажні (рис. 2.10). Програмна частина модуля повністю розроблена українськими фахівцями, а от технічні вузли в більшості своїй закуповуються за кордоном (Америка, Німеччина, Китай).



Рисунок 2.10 – Легковий автомобіль, обладнаний українським автопілотом Pilotdrive [99]

Обладнаний установкою Pilotdrive автомобіль оснащений камерами, датчиками, радаром та тепловізором, які дозволяють йому орієнтуватися в просторі. Датчики безпілотника мають охоплення 360°, що виключає

виникнення сліпих зон. Сенсорні системи розпізнають дорожні знаки, пішоходів і навіть тварин, що вибігають на проїжджу частину. Реакція автомобіля на перешкоду миттєва, запевняють розробники, – система аналізу і прийняття рішень спрацьовує за частки секунди. Установка також має унікальну систему візуалізації інформації (пройдений шлях, швидкість, витрата палива, працездатність вузлів, ін.) від компанії Siemens. Це полегшує прийняття пасажирами (водієм) необхідних рішень [99].

За визнанням розробників створення безпілотного модуля значною мірою було обумовлено війною на Донбасі. Мета – мінімізація ризиків і збереження життя людей при виконанні бойових завдань (перевезення боеприпасів, продовольства, палива, медикаментів у зону бойових дій, евакуація поранених, ін.). Виконання значної частини цих завдань і беруть на себе безпілотні транспортні засоби.

Можливими сферами застосування безпілотників можуть бути також: кар'єри, звідки буде вивозитися сировина, що добувається; збирання врожаю та ін.

Безконтактні зарядки. Говорячи про безпілотне майбутнє автомобілів, не можна залишити поза увагою дуже важливе питання їх безконтактної зарядки. Ця проблема життєво важлива з точки зору розвитку Четвертої промислової революції. Навчивши транспортні засоби обходитися без людини на дорогах, необхідно навчити їх бути незалежними від людини і в усьому іншому.

Сьогодні в світі відбувається напружена робота з удосконалення методів безконтактної зарядки електромобілів [100; 101]. Технології безконтактної зарядки будуються на створенні (індукції) електромагнітного поля вздовж полотна дороги. Рухаючись по ній, електромобіль заряджає свої акумулятори. Необхідно додати, що й саму електрику, за задумом творців, дорога буде виробляти сама за рахунок сонячних панелей, прокладених під шаром прозорого захисного покриття – своєрідного «прозорого бетону». Однак ефективність такої зарядки нижча, ніж у методу прямого поповнення заряду.

Експериментальну ділянку такої дороги вже побудовано у Великобританії. Її творці – вчені та інженери зі Стенфордського університету і державна компанія Highways England. Подібні дослідження проводяться також у Нідерландах [102], Ізраїлі [103], Китаї [104].

Втім, подібний метод безконтактної зарядки є не єдиним. Українець Вадим Демидюк представив власний концепт триколісного електромобіля взагалі без акумулятора. Електроенергію він отримує від надшвидкісного передавача бездротовою мережі (як наші пристрої отримують сигнали Інтернету від мережі Wi-Fi). Це дозволяє відмовитися від акумулятора і знизити вагу автомобіля. Останній може використовуватися постійно – без перерв на підзарядку [105].

Дрони. Усе більшу роль у суспільному житті починають відігравати безпілотні літальні апарати (БПЛА, рідше БЛА; у розмовній мові також – «безпілотник», або «дрон», від англ. Drone – трутень). Під ними розуміються літальні апарати без екіпажу на борту. Дрони можуть мати різний ступінь автономності – від дистанційно керованого до повністю автономного. Вони також можуть істотно відрізнятися за конструкцією, розмірами, призначенням і безліччю інших параметрів [106].

Сторінки історії. Передумови для створення дистанційно керованих літальних об'єктів почали виникати з появою електрики і радіо. Австрійська армія використовувала керовані по дротах повітряні кулі для бомбардування Венеції 22 серпня 1849 року. У 1897 році, коли бездротовий телеграф іще тільки з'явився, британець Ернест Вільсон (Ernest Wilson) запатентував бездротовий спосіб управління деріжаблем. Щоправда, даних про його практичне втілення немає. Але ще в 1898 році за два роки до того, як подібні досліди став проводити Марконі (Marconi), Нікола Тесла (Nikola Tesla) на виставці в Медісон Сквер Гарден (Madison Square Garden) продемонстрував бездротовий дистанційний контроль за невеликим судном. У цьому самому році він запатентував свій винахід. У 1900 р. він уже продемонстрував бездротовий контроль за керованою

повітряною кулею. Такий метод управління був названий самим винахідником «телеавтоматикою» [107].

Аж до 2000 років розвиток безпілотної авіації був пов'язаний головним чином з військовою сферою. Нові технології і нові технічні рішення розкрили можливості використання авіаційних безпілотників у різних сферах діяльності [108; 109; 110].

Геологія, археологія, управління інфраструктурою. Використання дронів значно полегшує виконання завдань з геологорозвідки та в археології. Зокрема, в 2016 році квадрокоптер GoPro завдяки використанню тепловізора допоміг виявити місцезнаходження холодних ділянок під піском, що дозволило знайти стародавнє поселення в Мексиці. Тепловізори, встановлені на дронах, допомагають відслідковувати прориви на теплотрасах у великих містах України.

Страховий бізнес. Компанія State Farm стала першою в США, що отримала в 2015 р. дозвіл від Федерального авіаційного управління на тестування безпілотників для комерційного використання. Потенційною сферою використання є оцінка збитку (наприклад, від пошкодження дахів) у результаті стихійних лих. Дрони почали тестувати такі страхові компанії, як AIR і Liberty Mutual Insurance.

Управління будівництвом. Дрони все частіше використовуються для контролю за процесами будівництва (збирання передпроектної інформації, аналіз динаміки процесу будівництва і використання матеріалів, ін.). Американський стартап Kespry вийшов на ринок з прототипом дрона, здатного виконувати подібні завдання.

Інспекція промислових об'єктів. Дрони здатні взяти на себе частину функцій, пов'язаних з ризиком роботи у важкодоступних місцях (наприклад, на висоті). Перевірка з використанням дронів здійснюється швидше, дешевше і набагато ефективніше. Компанії AirFusion і Strat-Aero створили безпілотник WindSpect для інспекції і виявлення дефектів вітряних турбін. Останні розробки в сфері машинного бачення і штучного інтелекту дозволяють автоматично виявляти і класифікувати технічні дефекти.

Французька енергетична компанія Total використовує дрони для виявлення витоків із газопроводів. Американська компанія Jet Propulsion Laboratory (JPL) працює над створенням маленького «нюхача», який зможе виявляти найменші витoki уздовж 48-тисячомильного газопроводу.

Британська компанія Cyberhawk однією з перших використала дрони для перевірки газових свердловин. Апарати компанії, працюючи в безпосередній близькості над свердловинами, дозволяють оцінити їх стан. Подібна інспекція дає можливість ретельно підготуватися до ремонтних робіт (зокрема, завчасно замовити необхідні запчастини).

Медична допомога. Технічний університет TU Delft (Делфт, Нідерланди) розробив прототип дрона під назвою Ambulance Drone, здатного надавати допомогу лікарям у критичних ситуаціях. Зокрема, він містить навіть дефібрилятор, а також дозволяє лікарям віддалено стежити за ситуацією після розряду. Іспанська компанія Dronelife та індійська Fortis Healthcare розробляють дрони для доставки трансплантаційних органів.

Наукова діяльність. В університеті Флориди розроблений прототип дрона, що допомагає в проведенні наукових досліджень. Маленький (15-сантиметровий) безпілотник, що важить не більше, ніж iPod, здатний проникати прямо в епіцентр шторму і навіть занурюватися у воду, збираючи цінну, раніше недоступну метеорологічну інформацію.

Інструментарій на космічних станціях. Сьогодні фахівцями Project Tango і NASA створюються спеціальні дрони, здатні працювати в невагомості на космічних станціях.

Формування структури Інтернету. Відразу два IT-гіганти Facebook і Google оголосили про своє рішення утворити мережу з супутників, лазерів і дронів, які в змозі забезпечити інтернет-покриття по всій планеті. Для цього вже зараз розпочато розробки зі створення дронів на сонячних батареях.

Служба НС. У Массачусетському технологічному інституті (MIT) розроблений невеликий квадрокоптер,

здатний виконувати завдання, що, як правило, виникають у разі надзвичайних ситуацій (доставка продовольства, ліків, необхідних інструментів та ін.). Таке транспортування обійдеться в рази дешевше і з мінімальним ризиком для рятувальників. Уже розроблено дрони, що попереджають про повені, пожежі та інші стихійні лиха.

Поштова служба та служба доставки. Компанії Amazon і Alibaba планують використовувати дрони для доставки своїх замовлень (якщо їм вдасться подолати законодавчі заборони). Свої власні завдання вирішує найбільша піцерія світу Dominous Pizza. Ще два роки тому вона почала розробку своїх власних ДоміКоптерів для доставки піци.

Санітарно-епідеміологічна служба. Фахівці планують використовувати роботів-дронів для обстеження територій та оцінки рівня електромагнітного й радіоактивного випромінювання, а також хімічного забруднення та шуму. Подібна оцінка, зокрема, може передувати початку будівельних робіт.

Ресторанний бізнес. У лондонському ресторані Yo Sushi дрони вже успішно замінюють літаючі підноси. Офіціанти тепер не переміщаються між столиками, а керують безпілотниками через iPad-додаток. Подібне нововведення планується в деяких ресторанах Сінгапуру, де передбачається використовувати дрони Infinium Robotics. Їх робота базується на комп'ютерній програмі, а орієнтуватися в просторі вони зможуть за допомогою інфрачервоних датчиків. Передбачається, що за один раз дрон буде переносити до двох кілограмів їжі та напоїв.

Патрульна служба. Боротьба з незаконною імміграцією, піратством, тероризмом незабаром може також стати функцією дронів. Поліція та прикордонники Австралії вже давно використовують безпілотники для забезпечення безпеки узбережжя. Їх прикладу збирається послідувати Індія. Ще одним напрямком може стати екологічний контроль – запобігання незаконним випадкам забруднення середовища. А співробітники Deutsche Bahn використовують дрони для охорони інфраструктури залізниці та рухомого складу. Зокрема, вдалося максимум скоротити нанесення

графіті. В Австралії дрони попереджають також про можливості нападу акул.

Агровиробництво і лісове господарство. Дрони здатні виконувати різні види сільгоспробіт (внесення добрив та хімікатів, посівів культур, ін.). Співробітники Гарвардського університету навіть створили робобджолу, дрона, здатного виконувати роботу бджіл. Дрони також здатні здійснювати моніторинг сільгоспугідь – визначати їх вологість, наявність поживних речовин, ступінь зрілості врожаю. Безпілотники також використовуються для моніторингу стану лісових масивів і навіть беруть участь у посадці лісових культур.

Спортивна діяльність. Дрони здатні задавати параметри різних тренувальних вправ, наприклад, швидкість бігу. Вони також можуть використовуватися як своєрідні спаринг-суперники в змаганні з бігу. Зокрема, подібний дрон-робот Jogobot створений фахівцями австрійського технологічного інституту.

Журналістика та кінематографія. Фахівці університету Міссурі (University of Missouri) досліджують можливості збору дронами інформації для цілей ЗМІ. Компанія Falkor Systems займається розробленням дронів для спортивної журналістики і зйомки екстремальних видів спорту (сноубординг, бейсджампінг, ралі та ін.). У 2015 році пройшов навіть фестиваль фільмів (Flying Robot International Film Festival), знятих за допомогою дронів.

Охорона дикої природи. Дрони використовуються для моніторингу процесів (наприклад, міграції тварин), що відбуваються в екосистемах. У багатьох країнах вони використовуються для виявлення і перехоплення браконьєрів.

Розваги і шоу-бізнес. Працівники Disney уже сьогодні впроваджують дрони в своїх повітряних шоу. Їх пересування контролюється спеціальними станціями управління. Безпілотники можуть використовуватися і в інших шоу-виставах, зокрема і в рекламних цілях. Вони можуть бути також використані для організації розважальних змагань безпілотників.

Безпілотники в агробізнесі. Сільгоспвиробництво є одним з найбільш трудомістких видів бізнесу. Тому не дивно, що використання безпілотних технологій є найбільш затребуваним саме там.

Сторінки історії. Одним із перших винахідників тракторного автопілота став наприкінці 1930 американський фермер Френк Андреу (Frank W. Andrew). За задумом творця його безпілотний трактор (driverless tractor) рухався по спіралі від центра поля, обробляючи землю або саджаючи культури [111].

У 1950 свій безпілотний трактор спробував створити сам автомобільний магнат Форд (Ford). Він, щоправда, так і не знайшов застосування через те, що не була створена базова умова його роботи – керуючий підземний кабель [112].

Особливих переваг у безпілотному тракторі не бачили до 1994 року, коли інженери з науково-дослідного інституту Сілсох (Silsoh) розробили систему картографічного аналізу (picture analysis system), яку можна було використовувати в роботі невеликих тракторів, спроектованих для збирання овочів і коренеплідних рослин [113].

Розвиток точного землеробства (precision agriculture), поява комп'ютерних технологій і сучасних засобів зв'язку (перш за все GPS) зробили використання безпілотних тракторів значно ефективнішим. Усе це створило передумови для широкого використання безпілотних технологій в аграрному виробництві [114].

Розробки зі створення сучасних безпілотних тракторів і комбайнів, які використовують елементи роботів, стартували на рубежі 2000–2010 років. Перші серійні зразки безпілотної агротехніки очікуються на початку 2020 років. На сьогодні провідними розробниками агропромислових безпілотників є корпорації John Deere (США), Autonomous Tractor Corporation (США), Fendt (Німеччина), Case IH (Італія).

Для забезпечення безпілотних режимів агротехніки використовуються два різних підходи. Перший базується на дистанційному управлінні техніки людиною за допомогою, наприклад, антен або супутникових засобів. Людина може контролювати роботу такої техніки, перебуваючи в офісі або

ж в одній із працюючих машин. В останньому випадку в полі може працювати кілька тракторів або комбайнів, які будуть слідувати за машиною з оператором, підтримуючи за допомогою комп'ютерів задану швидкість, напрямок руху та ін.

Другий підхід базується на забезпеченні значно більшої автономності роботи сільгосптехніки без участі людини.

Такі безпілотники працюють на основі спеціального програмного забезпечення (електронних карт), використовуючи для орієнтації різні технічні засоби (лазери, сенсори, радары, системи GPS й інші технології). Фермер може запрограмувати безпілотну техніку працювати дуже вибірково і точно на кожному конкретному полі. Наприклад, добриво можна буде вносити в таких дозах і пропорціях, які відповідають типу ґрунтів на заданому полі, а підбір добрив здійснювати відповідно до потреби саме цього ґрунту [115].

Японська компанія Honda представила роботизовану газонокосарку Miimo. Протягом кількох років вона добре зарекомендувала себе на європейських газонах і найближчим часом розпочне працювати ще в кількох країнах. Зокрема, охоплюється майже вся територія США, за винятком штату Каліфорнія. Honda пропонує дві основні моделі Miimo–310, розраховані на обробку ділянок до 0,2 га і Miimo–520 – до 0,3 га.

«Miimo оснащена акумулятором, бортовим комп'ютером, таймером і серією датчиків, що гарантує її власникові принцип управління «включив і забув». Таймер можна встановити на денний і нічний покiс, а також налаштувати на режим покосу інтервалами. Перед початком роботи потрібно встановити спеціальні обмежувальні дроти, щоб газонокосарка не вийшла за межі майданчика. Кордон може встановлюватися як на поверхні, так і під нею по периметру газону, а також навколо перешкод – дерев і клумб, якщо вони є на ділянці. Honda Miimo косить невеликими «порціями», зрізаючи по 2–3 мм за раз кілька разів на тиждень. Ще одна особливість Miimo: після неї не потрібно збирати зрізані фрагменти трави. Оскільки вони дуже малі,

то з часом перегнивають і стають гарним добривом для трав'яного газону» [116].

Український агроробот. Ведучи мову про безпілотні технології в агровиробництві, не можна не згадати про розробки українських дослідників. Команда інженерів із Дніпра розробила концепт автономного модульного агрокомплексу AgroSmart L із сонячними панелями як джерела живлення. Він зможе обробляти до 3 000 га за день. На сьогодні розроблено діючий прототип моделі в масштабі 1:15.

Як пояснює керівник проекту Максим Тютюнників: «Комплекс має модульну систему і складається з системи безпілотних «міні-тракторів», направляючої ферми і набору навісних маніпуляторів. Вони зможуть виконувати будь-які польові роботи і підбиратися залежно від потреб сільгоспвиробників. Завдяки сонячним панелями і акумулятору робот зможе працювати цілодобово. Бортовий комп'ютер «розумного» трактора можна буде запрограмувати на багаторічний період роботи: робот зможе сам заїжджати на поле, а транспортні модулі будуть підвозити насіння, добрива й тару, відправляючи на склад уже фасовану продукцію.

«Згідно з концепцією з боків робота будуть розташовані вантажні модулі, які будуть доставляти витратний матеріал і забирати врожай. Комплекс зможе постійно знаходитися в полі, а за процесом роботи можна буде спостерігати он-лайн – при цьому один оператор буде контролювати відразу кілька таких агрегатів». Робот здатний буде обробляти одночасно близько восьми культур. «На відміну від існуючих аналогів він зможе адаптуватися під рельєф і працювати навіть на нерівній місцевості».

«Традиційна сільгосптехніка своєю вагою утрамбовує землю, порушуючи капілярний обмін і завдаючи шкоди ґрунтам, та ще й використовує велику кількість паливно-мастильних матеріалів. До того ж навіть сучасні точні технології землеробства не дозволяють уникнути великих монокультурних полів із бур'янами і шкідниками, для знищення яких потрібні отрутохімікати. Запропонована

технологія АГРОМА дозволяє трактору рухатися по доріжках, а не по ріллі, а точна посадка – вирощувати на одному полі разом різні рослини: наприклад, ряди пшениці, конюшини, картоплі та капусти» [117].

Безсумнівною перевагою безпілотників є їх здатність працювати «без утоми» цілодобово, максимально реалізуючи функції сільгоспроботи в найоптимальніші для цього строки, а отже, з максимальною ефективністю для агровиробництва.

Вплив безпілотного транспорту на економіку. Безумовно, розвиток безпілотного транспорту перебуває тільки на його початковій стадії і залежить від подолання значного числа проблем: технічних і соціальних. Вони пов'язані з удосконаленням технологічної основи, звиканням людей, опором суспільства новому, що руйнує усталений уклад життя і порушує існуючий товарно-грошовий метаболізм економічних систем.

Однак роль безпілотного транспорту необхідно розуміти правильно. Він впроваджується не просто для того, щоб поліпшити окремі сторони життя суспільства. Його прихід – вимушений захід, щоб вивести людство з глухого кута, в який воно потрапило і впритул підійшло до соціально-екологічної катастрофи. Зовнішніми проявами цього тупика є: колосальне забруднення середовища та кілометрові пробки на автомагістралях, що тромбують простоями транспортні потоки, приносячи значні збитки. Безпрецедентна аварійність існуючих транспортних систем щорічно забирає життя понад одного мільйона землян. Необхідно також відзначити колосально низьку ефективність використання транспортних засобів, що не перевищує кількох відсотків.

Як і раніше, очікує вирішення низка проблем: технічних (підвищення безпеки), юридичних (встановлення відповідальності за можливе нанесення збитку), соціальних (втрата робочих місць, пов'язаних із водінням транспортних засобів), етичних (прийнятність вибору автопілотом жертв у критичних ситуаціях – якщо їх не можна уникнути в принципі) й інші [118].

Однак уже сьогодні можна бачити ті переваги безпілотного транспорту, які обіцяють якісно змінити стан транспортних процесів і життя людей [119]:

- кардинальна мінімізація ДТП і людських жертв;
- зниження вартості транспортування вантажів за рахунок економії на заробітній платі і часу відпочинку водіїв;
- зниження кількісної потреби у транспортних засобах;
- підвищення пропускну здатності доріг за рахунок зниження кількості транспортних засобів завдяки їх оптимальному завантаженню;
- розвантаження людини від необхідності виконувати роботу з управління транспортним засобом заради можливості виконувати більш творчу роботу;
- підвищення ефективності використання транспортних засобів (в автопілотному варіанті їх завантаження зростає з 10–50% до 100%);
- зниження ризику для людей у разі доставки вантажів у небезпечних зонах або небезпечних умовах;
- зниження екологічного навантаження за рахунок оптимізації парку транспортних засобів і їх переведення на альтернативні види енергії.

Прихід у наше життя безпілотного транспорту фактично являє собою першу хвилю Четвертої промислової революції, що накочується на людство. В ній основне навантаження з фізичної праці починають брати на себе машини. Це змушує переглянути багато усталених понять життя і діяльності людини в бік переходу від пріоритету трудових функцій людини до пріоритету її особистісного розвитку.

Індустріалізований напрямок сестейнізації агровиробництва. Безумовною перевагою індустріалізованого агровиробництва є його висока продуктивність. Це дозволяє вирішити одне з найважливіших завдань, зумовлених цілями сестейнового розвитку, а саме: забезпечення продовольчої безпеки, тобто достатку якісної їжі.

На відміну від органічного землеробства індустріалізоване агровиробництво не ставить перед собою

максималістичної мети повної екологізації виробництва (зокрема, повної відмови від мінеральних добрив та отрутохімікатів), а йде до цієї мети, послідовно підвищуючи ефективність виробничих процесів. Результатом цього є відносна екологізація, тобто зниження питомого (на одиницю продукції) екодеструктивного навантаження на екосистеми. Адже за рахунок більш ефективних режимів господарювання та застосування природозбережних технологій істотно зменшуються витрати шкідливих речовин і помітно знижуються процеси руйнування ґрунтів у розрахунку на одиницю виробленої продукції.

Основною концепцією індустріалізованих напрямків в агровиробництві є перехід від тотальної обробки землі до індивідуального впливу на вирощувані рослини. Саме таким шляхом відбувалася інтенсифікація сільського господарства в 1960-1980 роках. Від суцільного поливу ділянок землі, внесення мінеральних добрив у ґрунт методом розкидання, масового розбризкування отрутохімікатів із літаків тощо – переходили до краплинного (під кожен рослину) зрошення і капсульного землеробства, коли насіння вноситься в ґрунт упакованим разом із необхідними поживними речовинами (добривами) та отрутохімікатами (у разі необхідності останніх). При такому підході від засобів хімічної обробки рослин не відмовляються взагалі, але потреба в них значно (іноді в разі) знижується. Істотно зменшуються й екологічні наслідки. Значно скорочується деградація земель, зокрема їх засолення (через огульний полив) і забруднення (через масштабну хімічну обробку). Ці методи знайшли свій розвиток у гідропоніці та інтенсифікації тепличного господарства.

Гідропоніка (від грецьких слів: вода і робота) – це метод, при якому живлення рослин у точних кількостях і пропорціях відбувається не з ґрунту, а з поживних розчинів [120].

У 600 році до нашої ери зафіксована письмова згадка про гідропоніку. Знамениті сади Семіраміди у Вавилоні – це перший історичний факт використання великої зрошувальної системи, вбудованої в будівлю [121]. Друге

народження гідропоніка отримала при створенні оранжерей на космічних станціях і випробувальних полігонах.

Виділяють чотири основні методи гідропоніки залежно від замітника ґрунту (субстрату), що використовується:

– агрегатопоніка – використовуються тверді інертні неорганічні субстрати (керамзит, щєбінь, пісок, гравій та ін.);

– хемопоніка – використовуються органічні матеріали (тирса, мох, торф, ін.);

– іонітопоніка – використовуються рідини;

– аеропоніка – коріння рослин підвішені в повітрі спеціальної камери, в якій підтримується подача поживних речовин.

Використання гідропоніки дозволяє значно збільшити врожайність плодкових рослин. Вони ростуть набагато швидше, ніж у звичайному ґрунті. Відпадає проблема погодних умов. З'являється можливість регулювати розмір плодів. Знижуються витрати щодо догляду за рослинами (зокрема, повністю зникає потреба у щоденному поливі). Немає необхідності використання отрутохімікатів (гербіцидів й пестицидів), адже відсутні і бур'яни, і шкідники. Виключається можливість забруднення продуктів різними шкідливими речовинами, які можуть міститися в звичайних ґрунтах. Повністю виключається прямий екодеструктивний вплив на екосистеми, адже відсутній безпосередній контакт з останніми [120].

До істотних недоліків гідропоніки можна віднести можливість наднормативного підвищення концентрації поживних речовин, зокрема, нітратів у самих продуктах харчування (особливо при некваліфікованих або недобросовісних методах роботи). Продукція, вироблена подібним шляхом, зазвичай значно поступається органічній за смаковими якістьми і за запахом.

Максимальну реалізацію описані методи знайшли у вертикальних теплицях (фермах), які набули значного поширення вже у XXI столітті. Як правило, у вертикальних фермах овочі виростають в 2 рази швидше, використовуючи на 95% менше води і в 2 рази менше добрив [121]. Вертикальна ферма Plenty в передмісті Сієтла не займає жодного метра родючих земель і забезпечує зеленню та

овочами 180 тис. осіб, виробляючи щорічно більше 2 тис. т овочів. Виробничий процес максимально автоматизовано, завдяки використанню маленьких роботів Schleggers. Фірма почала будівництво нової вертикальної ферми. Вона буде в два рази продуктивнішого. Там будуть вирощуватися 15 видів зелені, полуниця, помідори і кавуни. Фахівці Plenty шукають нові способи вирощування 300 сільгоспкультур. Нещодавно компанія отримала сертифікат, що їх продукція повністю відповідає стандартам якості так званих органічних продуктів [122].

Вертикальна гідропонна ферма в Сінгапурі вирощує понад 50 видів овочів. При цьому врожаї у 5 разів перевищують аналогічний показник на традиційних фермах. Наразі вертикальні ферми вже працюють у більшості європейських країн, Гонконгу, Японії, Кореї, в арабських країнах. Йорданська ферма Sabara Forest займає три гектари в пустелі. За рік вона виробляє близько 130 тонн овочів. Енергію для роботи ферми генерують фотоелектричні панелі [123].

Необхідно назвати кілька істотних переваг вертикальних ферм. Одна з них – гнучкість організації господарства. Існує колосальний діапазон їх розмірів: від кімнат або контейнерів площею у кілька квадратних метрів до величезних хмарочосів. Це означає, що вони можуть працювати в режимі горизонтально розподілених мереж. Подібна організація дозволяє мінімізувати «вуглецевий екологічний слід» – продукція вирощується на місцях і її не доводиться далеко везти. Значно скорочуються витрати на необхідні ресурси. Наприклад, відбувається економія 90% води порівняно зі звичайними теплицями. Витрати на електроенергію можна скоротити завдяки використанню енергозберіжливих ламп та сонячних панелей. І ще одна важлива деталь: сучасні технології дозволяють отримати продукти з відмінним смаком і близьким до природного насиченим запахом.

Приємно відзначити, що українська компанія CyberGrow уже п'ять років займається аеропонікою, тобто вирощуванням рослин у повітряному середовищі. Компанія пропонує конструкції, на яких можна вирощувати як декоративні рослини, так і овочі, а також ягідні культури, зокрема полуницю [124].

Говорячи про індустріалізовані напрямки розвитку сільського господарства, не можна не згадати про проблеми тваринництва. Тією чи іншою мірою більшість його вже і так індустріалізована. Йдеться про масове використання стимуляторів росту, синтетичних кормових добавок, антибіотиків. Екологізація тут може відбуватися шляхом посилення контролю, повної заборони продажу та використання певних препаратів, введення стимулювальних інструментів (як негативної, так і позитивної мотивації) для виробників і споживачів, обумовлюючи їх зацікавленість у реалізації завдань екологізації агровиробництва.

Згадаємо ще одну сферу розвитку індустріалізованого агровиробництва, яка хоч і не належить до рослинництва, проте її важко назвати і тваринництвом. Мова йде про вирощування так званого м'яса з пробірки.

Більшість лабораторних методик вирощування штучного м'яса використовує тваринні клітини, отримані з сироватки крові. У біореакторі з клітин формується мускулатура, яка і стає основою м'яса. До недавнього часу собівартість його була надвисокою і не дозволяла вийти на промислові обсяги виробництва. У 2013 році перший у світі бургер з вирощеного в пробірці м'яса коштував 325 000 доларів. Розвиток технології дозволив за 4 роки знизити собівартість виробництва майже в 30 000 разів (!). На початку 2017 року кілограм такого м'яса коштував уже 80 доларів, а один бургер – 11 доларів. Звичайно, це ще майже в 10 разів дорожче, ніж натуральний продукт, але дослідження тривають... [125].

Вчені прогнозують, що вже за 5–10 років собівартість штучного м'яса вийде на рівень натурального. Передбачається також підвищення якості нових продуктів. Зокрема, вчені обіцяють вирощувати в лабораторії цілі стейки і курячі грудки. Розширюється і асортимент. Ізраїльський стартап SuperMeat працює над вирощуванням кошерної курячої печінки, американська компанія Clara Foods синтезує яечний білок, а Perfect Day Foods створює молочні продукти нетваринного походження. Нарешті, голландська компанія-виробник першого гамбургера зі

штучним м'ясом Mosa Meat – обіцяє почати продаж лабораторної яловичини в найближчі 4–5 років [125].

Як це, можливо, звучить не дивно, такі напрямки індустріалізованого агровиробництва, як гідропонне рослинництво і вирощування штучного м'яса можуть виявитися значно більш екологічними за свої натуральні аналоги, знижуючи екодеструктивний вплив на екосистеми. Вони потребують значно менше землі, є менш ресурсомісткими. Зокрема, за даними Центру з контролю і профілактики захворювань США, для виробництва одного гамбургера з натурального м'яса необхідно 2 500 літрів води. Відходи тваринництва також є джерелом метану, що посилює парниковий ефект [125].

Як би там не було, індустріалізоване агровиробництво намагається зайняти свої ніші в справі сестейнізації економіки. У розумному поєднанні з органічним землеробством воно повинно створювати значний потенціал досягнення цілей сестейного розвитку.

2.4. Методика розрахунку системи теплозабезпечення будівель при використанні різних видів енергоресурсів, враховуючи оцінку вартості життєвого циклу таких систем

Теплотехнічний аналіз дійсного стану огорожувальних конструкцій, обстежуваної будівлі. За результатами проведеного першого етапу енергетичного аудиту будівлі [126], який забезпечує енергоаудитора первинною інформацією про дійсний стан об'єкта енергетичного обстеження, що представленні у формі вихідних даних до розрахунку, проводиться розрахунковий аналіз теплотехнічного стану огорожувальних конструкцій на предмет їхньої відповідності нормативним показникам, які спрямовані на дотримання санітарно-гігієнічних (комфортних) умов і вимог з енергозбереження при експлуатації будівель.

Список використаної літератури за розідом 2

1. A review on modeling and simulation of building energy systems. V.S.K.V. Harish, Arun Kumar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 56 (2016). P. 1272–1292.

2. Cross comparison of empirical and simulated models for calculating residential electricity consumption. Pamela Torres, Michael Blackhurst, Nour Bouhou. *Energy and Buildings* 102 (2015) 163–171.

3. Hamid R. Khosravani, María Del Mar Castilla, Manuel Berenguel, Antonio E. Ruano and Pedro M. Ferreira. A Comparison of Energy Consumption Prediction Models Based on Neural Networks of a Bioclimatic Building. *Energies* 2016, 9, 57. Pp. 1-24.

4. Multi-linear Regression Models to Predict the Annual Energy Consumption of an Office Building with Different Shapes. Mohammad Mottahedia, Atefeh Mohammadpourb, Shideh Shams Amirib, David Rileyb, Somayeh Asadib. *Procedia Engineering* 118 (2015) 622 – 629.

5. Regression models for predicting UK office building energy consumption from heating and cooling demands. Ivan Korolijaa, Yi Zhanga, Ljiljana Marjanovic-Halburdb, Victor I. Hanbya. *Energy and Buildings* 59 (2013) 214–227.

6. Bilous I.Yu., Deshko V.I., Sukhodub I.O. Building inside air temperature parametric study. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 8. Pp. 65–75.

7. Deshko V. I., Buyak N. A. A model of human thermal comfort for analyzing the energy performance of buildings. *Eastern European journal of enterprise technologies*, 2016. – V. 4/8 (82). – P. 42–47. ISSN 1813-5420.

8. Buyak N.A., Deshko V.I., Sukhodub I.O. Buildings energy use and human thermal comfort according to energy and exergy approach. *Energy and buildings*, 2017. Vol.146. P. 172–181.

9. Attia S. Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate [Text] / S. Attia, S. Carlucci. // *Energy and Buildings*. – 2015. – V.102. – P. 117–128.

10. Juusela M. A. Human body exergy consumption and thermal comfort of an office worker in typical and extreme weather conditions in Finland [Text] / M. A. Juusela, M. Shukuya. // *Energy and Buildings*. – 2014. – V. 76. – P. 249–257.
11. Thermal comfort: Design and assessment for energy saving [Text] / F. Alfano, B. Olesen, B. Palella, G. Riccio. // *Energy and Buildings*, 2014. – V.81. – P. 326–336.
12. Piotr Michalak. The simple hourly method of EN ISO 13790 standard in Matlab/Simulink: A comparative study for the climatic conditions of Poland // *Energy* №75.2014.Pp. 568-578.
13. Açıkkalp E. Advanced low exergy (ADLOWEX) modeling and analysis of a building from the primary energy transformation to the environment [Text] / E. Açıkkalp, C. Yucer, A. Hepbasli, T. Karakoc. // *Energy and Buildings*, 2014. – V. 81. – P. 281–286
14. Laukkanen T. Primary exergy efficiency—Effect of system efficiency environment to benefits of exergy savings [Text] / T. Laukkanen, T. Kohl, M. Järvinen, P. Ahtila. // *Energy and Buildings*, 2016. – V. 16. – P. 248–254.
15. Chau C. K. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment, Life Cycle Carbon Emission Assessment on buildings [Text] / C. K. Chau, T. M. Leung. // *Applied energy*, 2015. – V. 143. – P. 395–413.
16. Pombo O., Rivela B., Neila J. The challenge of sustainable building renovation: assessment of current criteria and future outlook. *Journal of Cleaner Production*, 2016. V. 123. – P.88-100.
17. Ambitions at work: Professional practices and the energy performance of non-residential buildings in Norway / Ida NilstadPettersen, ElliVerhulst, RobertoValle Kinloch, AntjeJunghans, ThomasBerker// *Energy Research & Social Science*. Vol. 32,2017, P. 112-120.
18. The Living Lab methodology for complex environments: Insights from the thermal refurbishment of a historical district in the city of Cahors, France / SophieClaude, StéphaneGinestet,

MarionBonhomme, NicolasMoulène, GillesEscadeillas // Vol. 32, 2017, P. 121-130.

19. Ziebig. A. System approach to the energy analysis of complex buildings / A. Ziebig, K. Hoinka, M. Kolokotroni // Energy and Buildings. – Vol 37. – 2005. – P. 930–938.

20. Energy consumption in schools – A review Paper/ Luísa Dias Pereira, Daniela Raimondo, Stefano Paolo Corgnati, Manuel Gameiro da Silva/ Renewable and Sustainable Energy Reviews 40. – 2014. – P. 911–922.

21. Paving the way to nearly zero energy schools in Mediterranean region- ZEMedS project/Niki Gaitani, Laia Cases, Elena Mastrapostoli, Eftychia Eliopoulou/Energy Procedia 78. – 2015. – P. 3348 – 3353.

22. School building heritage: energy efficiency, thermal and lighting comfort evaluation via virtual tour/ Paola Lassandroa,Teresa Cosolab, Antonella Tundoc/ 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015/ Energy Procedia 78. – 2015. – P. 3168 – 3173.

23. The Energy improvement of school buildings: analysis and proposals for action/ Davide Zanni, Alessandro Righi, Tiziano Dalla Mora, Fabio Peron, Piercarlo Romagnoni/ ATI 2015 - 70th Conference of the ATI Engineering Association/ Energy Procedia 82. – 2015. – P. 526 – 532.

24. Plus energy schools in Germany – Pilot projects and key technologies /6th International Building Physics Conference, IBPC 2015 / Energy Procedia 78. – 2015. – P. 3336 – 3341.

25. Energy and environmental monitoring of a school building deep energy renovation in Italy/6th International Building Physics Conference, IBPC 2015/Energy Procedia 78. – 2015. – P. 3318 – 3323.

26. Analysis of energy consumption of different typologies of school buildings in the city of Matera (Southern Italy)/ Gianluca Rospia, Nicola Cardinale, Francesca Intini, Tiziana Cardinale/ Energy Procedia 82. – 2015. – P. 512 – 518.

27. Energy performance assessment of the heating system refurbishment on a school building in Modena Italy / 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2016, 14-16 September 2016, Turin, Italy,

Matteo Dongellinia, Massimiliano Abbenantea, Gian Luca Morinia / *Energy Procedia* 101 (2016) 948 – 955.

28. Дешко В.І. Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти / В.І. Дешко, О.М. Шевченко // *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. – 2011. – № 6. – с.139-147.

29. Енергетична сертифікація будівель закладів соціальної сфери /В.І. Дешко, О.М. Шевченко, О.П. Красовський, І.Ю. Білоус // *Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал «Наука та будівництво»*. Вип. №2. Київ, 2016. –с.14-20.

30. Benchmarking heat consumption in educational buildings in the city of Kragujevac (Serbia) Nebojša Jurišević, Dušan Gordić, Nebojša Lukić, Mladen Josijević / *Energy Efficiency* · February 2018

31. Thewes, A.; Maas, S.; Scholzen, F.; Waldmann, D.; Zürbes, A. Field study on the energy consumption of school buildings in Luxembourg. *Energy Build.* 2014, 68, 460–470

32. Energy Benchmarking in Educational Buildings through Cluster Analysis of Energy Retrofitting Paola Marrone, Paola Gori, Francesco Asdrubali, Luca Evangelisti, Laura Calcagnini and Gianluca Grazieschi/ *Energies*2018, 11, 649; doi:10.3390/en11030649

33. Sofia Energy Agency – SOFENA (2007). Monitoring of Energy Performance of Municipal Buildings in Bulgaria – Summary Report, Sofia.

34. D. Čulig–Tokić, G. Krajačić, B. Doračić, B. Vad Madheisen, R. Krklec, J.M. Larsen (2015). Comparative analysis of the district heating systems of two towns in Croatia and Denmark, *Energy*, 92(3), 435–443.

35. E. Beusker, C. Stoy, S.N. Pollalis (2012), Estimation model and benchmark for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany, *Building and Environment*, (49) 324–335.

36. Nifes Consulting Group, Good practice guide 343 (GPG343), Saving energy - a whole school approach, Action Energy - Carbon Trust, 2003. [Online]. Available from: <http://regulations.completepicture.co.uk/pdf/Energy%20Conse>

rvation/Best%20Practice%20Guidance%20and%20Case%20Studies/Saving%20Energy%20-%20A%20Whole%20School%20Approach.pdf; 2003

37. Butala V, Novak P. Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy Build* 1999;29:241–6.

38. V.I. Deshko, O.M. Shevchenko (2013). University campuses energy performance estimation in Ukraine based on measurable approach, *Energy and Buildings*, (49) 582–335.

39. Y. Allab, M. Pellegrino, X. Guo, E. Nefzaoui, A. Kindinis (2017). Energy and comfort assessment in educational buildings: Case study in a French university campus, *Energy and Buildings*, (143) 202–219.

40. Energy planning of university campus building complex: energy usage and coincidental analysis of individual buildings with a case study. Jun Guana, Natasa Norda, Shuqin Chenb, **Energy and Buildings* Volume 124, 15 July 2016, Pages 99-111

41. Reference values for operational rating in Great Britain and Germany. An overview. Draft 15 April 2008 // ARGE Energieausweise Mitteleuropa. Режим доступу: www.eu-energy-certificates.de

42. Офіційний сайт Нижньгородського центру енергоефективності. - Режим доступу: <http://www.nice.nnov.ru>

43. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій. Київ: Гама-Принт, 2009. 216 с.

44. Impact, compliance and control of legislation - Collection of the 14 country reports and 4 synthesis reports IEE SAVE ASIEPI project, 133p. 2010. Available: <http://www.buildup.eu/en/practices/publications/impact-compliance-and-control-legislation-collection-14-country-reports-and-4>

45. Finland: impact, compliance and control of legislation ASIEPI Project, 5p. 2009. Available:

<http://www.buildup.eu/en/practices/publications/finland-impact-compliance-and-control-legislation>

46. ZEBRA 2020 - Data Tool. <http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/overall-building-activities/wall-u-values-building-codes.html>

47. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) – 2010, L153. – p.13-35.

48. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.

49. ДСТУ Б EN15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи для визначення енергоефективності та для енергетичної сертифікації (EN 15217:2007, IDT). [Чиний від 16.12.2013]. Вид. офіц. К.: НДІБК, 2014. – 44 с

50. ДСТУ Б EN15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чиний від 01.01.2014]. К.: НДІБК, 2014. 177 с.

51. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT). [На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013]. К. : НДІБК, 2011. 229 с.

52. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К: НДІБК, 2016. 33 с.

53. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації будинків.[Чинний з 31.12.2014]. К: НДІБВ, 2014. 70 с.

54. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту.[Чинний з 31.12.2014]. К: НДІБК, 2014. 70 с.

55. ДБН В.2.6_31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП II_3_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.

56. ДСТУ_Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків

при новому будівництві та реконструкції. [Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01.]. К.: Мінрегіонбуд України, 2008. 44 с.

57. Праховник А.В. Енергетична сертифікація будівель / А.В. Праховник, В.І. Дешко, О.М. Шевченко // Наукові вісті НТУУ "КПІ" – 2011. – №1. С. 140–153.

58. Методика визначення енергетичної ефективності будівель[затверджено наказом Мінрегіонбуду № 169 від 11.07.18 р.]

59. Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифікату[затверджено наказом Мінрегіонбуду № 172 від 11.07.18 р.]

60. Методика визначення економічнодоцільного рівня енергетичної ефективності будівель[затверджено наказом Мінрегіонбуду № 170 від 11.07.18 р.]

61. Методика обстеження інженерних систем будівлі [затверджено наказом Мінрегіонбуду № 173 від 11.07.18 р.].

62. Агамирзян И. Третья промышленная революция : начало // Slon. 25.10.2013. URL: <https://republic.ru/biz/1009644/>

63. European Technology Platforms (ETP). Innovation Union. European Com-mision. 2017. URL: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp

64. Орел И. Возобновляемая энергетика в Украине : шаг вперед, два шага назад // Finance.ua / Новости. 10.10.2017. URL: <https://news.finance.ua/ru/news/-/412239/vozobnovlyaemaya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad>

65. Скрипин В. За первое полугодие в Украине построили 79 объектов возобновляемой энергетики суммарной мощностью 182,7 МВт, до конца года реализует ещё 70 проектов общей мощностью более 430 МВт // ИТСуа. 31.07.2017. URL : <https://itc.ua/news/za-pervoe-polugodie-v-ukraine-postroili-79-obektov-vozobnovlyaemoy-energetiki-summarnoy-moshhnostyu-182-7-mvt-do-kontsa-goda-realizuyut-eshhe-70-proektov-obshhey-moshhnostyu-bolee-430-mvt/>

66. Планы властей развивать энергетику по европейским стандартам по-ставили под сомнение // Цензор.Нет. 01.10.2014. URL : https://censor.net.ua/news/305057/plany_vlasteyi_razvivat_energetiku_po_evropeyiskim_standartam_postavili_pod_sommenie

67. Энергетика Украины // Довідник. 2017. URL : <http://businessviews.com.ua/ru/the-infographics-report-energy-of-ukraine-2017/#form>

68. В Чернобыльской зоне планируется постройка солнечной электростанции // PORT. 22.05.2017. URL : <http://uaport.net/news/ua/t/1705/22/15203238>

69. Савчук : Госэнергоэффективность готовит онлайн карту ВИЭ в Украине // Терминал. 16.05.2017. URL : <http://oilreview.kiev.ua/2017/05/16/savchuk-gosenergoeffektivnosti-gotovit-onlajn-kartu-vie-v-ukraine/>

70. Когда Украина сможет стать энергонезависимой. Спецпроект // TALAN ENERGY. URL : <https://talanenergy.com.ua/solnechnye-milliardy/>

71. Гройсман направил Илону Маску официальное письмо // ТСН. 30.03.2017. URL : <https://ru.tsn.ua/ukrayina/groysman-napravil-ilonu-masku-oficialnoe-pismo-832642.html>

72. Скрипин В. С начала года более 1200 украинских домохозяйств перешли на солнечную энергию. Абсолютным лидером выступает Киев и Киевская область // ИТСua. 23.10.2017. URL: <https://itc.ua/news/s-nachala-goda-bolee-1200-ukrainskih-domochozaystv-pereshli-na-solnechnuyu-energiyu-absolyutnyim-liderom-vyistupaet-kiiev-i-kiievskaya-oblast/>

73. Яковлева Н. В Італії близько 500 тис домогосподарств встановили сонячні станції – в 350 разів більше, ніж в Україні // Ecotown. 19.05.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/V-Italiyi-blyzko-500-tys-domohospodarstv-vstanovyly-sonyachni-stantsiyi-v-350-raziv-bilshe-nizh-v-Uk/>

74. В Украине общая мощность СЭС превысит 1000 МВт : в 2017 году в эксплуатацию введётся 54 новых солнечных электростанций // ЭкоТехника. 06.02.2017. URL :

<http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/2038-v-ukraine-obshchaya-moshchnost-ses-prevysit-1000-mvt-v-2017-godu-v-ekspluatatsiyu-vvedetsya-54-novye-solnechnye-elektrostantsii.html>

75. Янович А. 17-летняя школьница придумала плавающую электростанцию // Gazeta.ua. 15.03.2011. URL: https://gazeta.ua/ru/articles/ukraine-newspaper/_17letnyaya-shkolnica-pridumala-plavayuschuyu-elektrostantsiyu-/374990

76. Украинский стартап Ecoisme создал умный гаджет для экономии энергии // ЭкоТехника. 27.11.2015. URL : <https://ecotechnica.com.ua/products/454-ukrainskij-startap-ecoisme-sozdal-umnyj-gadzhjet-dlya-ekonomii-energii.html>

77. Остапович Ю. Украинец придумал инновационную ветровую панель // ЭкоТехника. 22.10.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/1581-ukrainets-pridumal-innovatsionnyu-vetrovuyu-panel.html>

78. Стартапы украинцев по экономии электричества и тепла собирают средства за рубежом // Частный предприниматель. 16.02.2017. URL : <http://chp.com.ua/all-news/item/47106-startapy-ukraintsev-po-ekonomii-elektrichestva-i-tepla-sobirayut-sredstva-za-rubezhom>

79. Искусственное дерево с листьями из солнечных батарей // GT. 20.02.2015. URL : <https://geektimes.ru/post/246182/>

80. Ромова М. В США разработали инновационную электростанцию, работающую от ветра // Зеленеет. 02.06.2013. URL : <http://zeleneet.com/amerikancy-razrabotali-innovacionnyu-energogeneriruyushhuyu-stanciyu-rabotayushhuyu-ot-vetra/13043/>

81. Мохнатый небоскреб построят в Швеции // РБК. 21.05.2013. URL : <http://realty.rbc.ru/articles/21/05/2013/562949987015846.shtml>

82. Карпусь В. Во Франции открыта первая в мире дорога с покрытием из солнечных панелей // ИТСua. 23.12.2016. URL : <https://itc.ua/news/vo-frantsii-otkryita-pervaya-v-mire-doroga-s-pokrytiem-iz-solnechnyih-paneley/>

83. Скрипин В. Небольшой участок легендарного американского шоссе 66 покроют солнечными панелями.

ITC.ua // 02.07.2016. URL : <https://itc.ua/news/nebolshoy-uchastok-legendarnogo-amerikanskogo-shosse-66-pokroyut-solnechnyimi-panelyami/>

84. Лищук А. В Нидерландах появилась первая в мире солнечная велодо-рожка // Голос.ua. 31.10.2014. URL : http://ru.golos.ua/suspilstvo/14_10_31_v_

85. Вайцзеккер Э., Харгроуз К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.

86. Голованов Г. Cazza Construction обещает печатать дома из бетона за сутки // Хайтек. 28.12.2016. URL : <https://hightech.fm/2016/12/28/cazza-construction>

87. Прошкин О. Робот-каменщик теперь может выкладывать 1000 кирпичей в час // 24news.com.ua. 28.01.2017. URL : <http://24news.com.ua/28879-robot-kamenshhik-teper-mozhet-vykladyvat-1000-kirpichej-v-chas/>

88. Красильникова Ю. Британские учёные предлагают строить дома из костей // Хайтек. 28.06.2016. URL : https://hightech.fm/2016/06/28/bone_cities

89. Гоголадзе О. (б) Разработан 3D-принтер для печати бетонных деталей любой формы // Хайтек. 10.10.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/10/10/d-printed-concrete>

90. WEpods to continue driving in Gelderland for three years // Wepods. URL : <http://wepods.com/wepods-to-continue-driving-gelderland-for-three-years/>

91. Скрипин В. (а) В Нидерландах начал курсировать первый в мире бес-пилотный пригородный автобус // ITC.ua. 02.02.2016. URL : <http://itc.ua/news/v-niderlandah-nachal-kursirovat-pervyy-v-mire-bespilotnyiy-prigorodnyiy-avtobus/>

92. Семенова Д. Во Франции начали курсировать автобусы-беспилотники // IZ Индустриалка. 15.09.2016. URL: <http://iz.com.ua/mir/106579-vo-francii-nachali-kursirovat-avtobusy-bespilotniki.html>

93. В Париже запустили автобусы-беспилотники // BBC (Русская служба). 24.01.2017. URL: <http://www.bbc.com/russian/news-38728167>

94. Какой будет беспилотный транспорт в будущем. Avtofao.ru. URL : <http://avtofao.ru/kakoj-budet-bespilotnyj-transport-v-budushhem/>

95. Самуилкина А. В Европе набирают популярность беспилотные миниавтобусы // Хайтек. 29.05.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/05/29/driverless-minibuses>

96. Воронцов Н. Беспилотный грузовик впервые совершил коммерческий рейс // N+1 / Транспорт / Технологии. 26.10.2016. URL : <https://nplus1.ru/news/2016/10/26/otto>

97. Беспилотный грузовик Uber совершил первый коммерческий рейс // ForumDaily. 25.10.2016. URL: <http://www.forumdaily.com/bespilotnyj-gruzovik-uber-sovershil-pervyj-kommercheskij-rejs/>

98. Агеев А. Volvo разработала беспилотный мусоровоз // Техкульт. 20.05.2017. URL: <https://www.techcult.ru/technics/4263-avtonomnyj-musorovoz>

99. В Украине разработали первый беспилотный ЗАЗ Lanos // Авто-Электроника. 05.09.2016. URL : <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=36951>

100. Найден способ бесконтактной зарядки автомобилей // Lenta.ru. Наука и Техника / Наука. 15.06.2017 URL: <https://lenta.ru/news/2017/06/15/wireless/>

101. Хижняк Н. BMW выпустят беспроводную зарядную станцию для автомобилей // HI-News.ru. 27.09.2017 // <https://hi-news.ru/technology/bmw-vypustit-besprovodnuyu-zaryadnuyu-stanciyu-dlya-avtomobilej.html>

102. Голландские дороги будущего. Светятся и заряжают электромобили // Top Gear. URL: https://topgearrussia.ru/news/9253_Gollandskie_dorogi_budushego

103. Кузнецов В. В Израиле построят дорогу, которая будет заряжать батареи электромобилей при движении // HI-News.ru, 11.01.2017 URL: <https://hi-news.ru/technology/v-izraile-postroyat-dorogu-kotoraya-budet-zaryazhat-batarei-elektromobilej-pri-dvizhenii.html>

104. Скрипин В. «Прозрачный бетон, солнечные панели и беспроводная зарядка» : В Китае строят шоссе будущего //

ITCua. 26.12.2017 URL : <https://itc.ua/news/prozrachnyiye-beton-solnechnyie-paneli-i-besprovodnaya-zaryadka-v-kitae-stroyat-shosse-budushhego/>

105. Григоров И. Украинец придумал электромобиль без аккумулятора // Autobews.ua. 06.10.2017. URL : <http://autonews.ua/ukrainec-pridumal-elektromobil-bez-akkumulyatora-foto/>

106. Беспилотный летательный аппарат. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат

107. Remote piloted Aerial Vehicles : An Anthology // Aviation and Aeromodelling Interdependent Evolutions and Histories. URL : http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html

108. 20 примеров коммерческого использования дронов // Инвестиционный портал Inventure. 29.01.2016. URL : <https://inventure.com.ua/analytics/articles/20-primerov-kommercheskogo-ispolzovaniya-dronov>

109. 15 профессий для летающих дронов // Robohunter. URL: <https://robo-hunter.com/news/15-professii-dlya-letayshih-dronov>

110. Нед В. Гуманитарная миссия : 10 способов мирного применения дронов // Theory & Practice. 10.06.2015. URL : https://theoryandpractice.ru/posts/7834-peace_drone

111. Condon E. U., Windsor H. H. Driverless Tractor Plants Crops in Spirals // Popular Mechanics. 74(1). 1940. URL : https://books.google.com.ua/books?id=cdkDAAAAMBAJ&pg=PA7&dq=driverless+tractor&redir_esc=y&hl=ru#v=onepage&q=driverless%20tractor&f=false

112. Leffingwell R. Ford farm tractors of the 1950-s. Osceola, WI : MBI Pub, 2001. P. 84–85.

113. Williams M. Farm tractors. London : Amber Books, 2002. P. 170.

114. Driverless tractor. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Driverless_tractor

115. Беспилотные тракторы – настоящие трактора будущего // Webfermer. 2017. URL: http://webfermer.com/tr_future.htm

116. Агеев А. Робот-газонокосилка Miimo компании Honda приступает к работе // Техкульт. 15.04.2017. URL : <https://www.techcult.ru/robots/4169-robot-gazonokosilka-honda>

117. Украинцы разработали агробота на солнечной энергии // Агропортал / Наука и технологии. 25.05.2017. URL: <http://agroportal.ua/news/tekhnologii/ukraintsy-razrabotali-agrorobota-na-solnechnoi-energii/>

118. Дембинская Н. Как беспилотные автомобили изменят экономику // РИМА Новости. 06.12.2016. URL : <https://ria.ru/economy/20161205/1482890294.html>

119. Беспилотный автомобиль успешно пересёк Америку // Вести.ru. 03.04.2015. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2476455>

120. Гидропоника в сельском хозяйстве // Аграрка, растениеводство. 24.05.2015. URL : <http://agrarka.com/gidroponika-v-selskom-khozyajstve-art29.html>

121. Как работает вертикальная ферма // AGGEEK. 15.08.2016. URL : <http://aggeek.net/ru/technology/id/kak-rabotaet-vertikalnaja-ferma-092/>

122. Гоголадзе О. Вторая вертикальная ферма Plenty прокормит 180 тысяч человек // Хайтек. 07.11.2017. URL : <https://hightech.fm/2017/11/07/vertical-farming>

123. Красильникова Ю. Вертикальные фермы помогут Сингапuru сократить импорт овощей // Хайтек. 28.09.2017. URL : https://hightech.fm/2017/09/28/packet_greens

124. Украинский стартап GyberCrow создаёт автоматизированные теплицы и вертикальные фермы // ЭкоТехника. 15.03.2016. URL : <https://ecotechnica.com.ua/technology/891-ukrainskij-startap-cybergrow-sozdaet-avtomatizirovannye-aeroponnye-teplitsy-i-vertikalnye-fermy.html>

125. Авельсник Н. Мясо из пробирки подешевело в 30 000 раз за 4 года // Хайтек. 22.02.2017. URL : https://hightech.fm/2017/02/22/lab_grown_meat

126. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. загальні положення. порядок проведення. - МОН України НТУУ "КПІ" Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, К. -2009.

127. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - На заміну СНиП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. -72 с.

128. СНиП II-3-79*Строительная теплотехника

129. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

130. ДБН В.2.2-4-97. Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів. Видання офіційне. Держкоммістобудування. Київ 1998.

131. СанПіН 3231-85. Санитарные правила устройства и содержания детских дошкольных учреждений.

132. КТМ 204 України 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. Київ 2001р.

133. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.

134. СНиП 23-01-99 Строительная климатология

135. Е.Г. Малявина Теплопотери здания. Справочное пособие. – М.: «АВОК-ПРЕСС», 2007

136. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2000. – 368 с.

137. Р.В.Щекин, С.М.Кореневский, Г.Е.Бем, Ф.И.Скороходько, Е.И.Чечик и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е,

переработанное и дополненное). Книга 2-я. – К.: «Будівельник», 1976. – 352 с.

138. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. К.- 2005

139. ДБН В.2.2-9-99 Громадські будинки та споруди

140. В.Н. Богословский, В.И. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция. Под ред. В.Н. Богословского. М., Стройиздат, 1976.,439 с.

141. Чесанов Л.Г., Шапарь А.Г., Кораблева А.И., Чесанов В.Л. Внутренняя среда помещений: эколого-гигиенические аспекты. – Днепропетровск, 2001. – 164 с.

142. СНиП 2.04.05-91 (2000) Отопление, вентиляция и кондиционирование

143. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Міністерство енергетики України. – Київ, 1999.

144. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 160 с.

145. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинні від 01.12.1999 р. – К.: МОЗ України, 1999. – 12 с.

146. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. Чинні від 01.01.2013 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 71 с.

147. ДБН В.2.6.-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Чинні від 09.09.2006р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 65 с.

148. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. Чинні від 01.01.2013 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 43 с.

149. ДСТУ Б.А.2.2-12-2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому

водопостачанні. Чинні від 27.07.2015 р. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 199 с.

150. ДСТУ-Н Б В.1.1.-27:2010 Будівельна кліматологія. Чинні від 01.11.2011 р. – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 123 с.

151. ДСТУ Б В.2.3-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Чинні від 01.01.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 85 с.

152. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Част. 1. Загальні методи. Чинні від 01.03.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с.

153. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Част. 2. Лінійні теплопровідні включення. Чинні від 01.03.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 17 с.

154. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. Чинні від 01.10.2015 р. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 40 с.

155. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинні від 01.01.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 174 с.

156. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Чинні від 09.12.2008 р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 55 с.

157. ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008 Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами. Чинні від 18.02.2008 р. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 174 с.

158. ДСТУ Б EN 15232:2011 Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями. Чинні від 01.04.2012 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 115 с.

159. Загирняк М.В., Перекрест А.Л. Опыт внедрения и использования автоматизированной системы мониторинга температурных режимов и удаленного управления теплопотреблением Кременчугского национального

университета // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – Вып. 91. – С. 423–426.

160. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинні від 02.02.2010 р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 56 с.

161. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель. Чинні від 14.07.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 86 с.

162. Перекрест А.Л., Ховрак І.В., Чеботарьова Є.О. Економічна ефективність впровадження рішень з автоматизації та диспетчеризації систем теплозабезпечення цивільних будівель // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 1/2016 (4). – С. 144–147.

163. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Чинні від 05.02.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с.

164. Ковалко О.М., Новосельцев О.В., Свтухова Т.О. Вступ до теорії енергоефективності багаторівневих систем: методи та моделі енергетичного менеджменту в системі житлово-комунального господарства. – Київ: НАН України, Інститут технічної теплофізики, 2014. – 252 с.

165. Концепція фонду енергоефективності. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 90 с.

166. ДСТУ 4472-2005. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги.

167. Иншеков Е.Н. Системы энергоменеджмента в Украине: История развития и современное состояние. Режим доступа: http://www.minregion.gov.ua/attachments/content-attachments/2695/Energemanagement_.pdf. Дата доступа: 28.10.2014.

168. Барвинок В.А., Т.С. Яницкая, Т.Н. Родина, Ключков Ю.С. Методика формализованного описания процессов разработки системы качества // Проблемы машиностроения и автоматизации. Москва, 2005. — №3. — С. 29-33.

169. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. — М.: РИА "Стандарты и качество", 2004. — 408 с.

170. Типове положення про запровадження енергетичного менеджменту в навчальних закладах та установах Міністерства освіти і науки України. Режим доступу: <http://science.nung.edu.ua/node/84>. Дата доступу: 28.10.2014.

171. Родькин Д.И. Энергосбережение как закономерный этап электрификации народного хозяйства // Проблемы создания новых машин и технологий. Кременчуг, 2000. — Вып. 1 (8). — С. 177–183.

172. Перекрест А.Л., Романенко С.С. Науково-прикладні аспекти енергоресурсозбереження в комунальній енергетиці // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. — 2015. — Вип. 30. — С. 162–170.

173. Perekrest A., Shendryk V., Pijarski P., Parfenenko Y., Shendryk S. Complex information and technical solutions for energy management of municipal energetic. Proceedings Volume 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017; 1044567 (2017). DOI: 10.1117/12.2280962.

174. Фецишин Б. П. Економіка енергетики : навчальний посібник для студентів енергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів. — Тернопіль : Астон, 2003. — 160 с.

175. Подольчак Н. Ю., Матвійшин Н. Ю. Методи зниження ризиків енергоресурсів і оцінювання ефективності енергоощадних заходів машинобудівного підприємства // Науковий вісник НТЛУ України. — 2009. — Вип. 19.10. — С. 283–291.

176. Perekrest A., Khovrak I., Chebotareva Ye. Peculiarities of assessing economic efficiency of implementing energy saving solutions in civil building. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2016. № 2 (34). С. 124–132.

177. Perekrest A., Chebotarova Y., Herasimenko O. Information and analytical set of tools for assessing efficiency of the civil buildings heating modernization // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Modern Electrical and

Energy System (MEES). Kremenchuk, Ukraine, 2017. P. 216–219. DOI: 10.1109/MEES.2017.8248893.

178. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – Киев: Техника, 1975. – 768 с.

179. Пырко В.В. Современные тепловые пункты: автоматика и регулирование. – Київ: Такі справи, 2007. – 252 с.

180. Панферов В.И., Панферов С.В. К теории управления режимами централизованного теплоснабжения // Вестник ЮУрГУ. – 2011. – Вып. 16. – С. 41–45.

181. Загирняк М.В., Перекрест А.Л. Опыт внедрения и использования автоматизированной системы мониторинга температурных режимов и удаленного управления теплопотреблением Кременчугского национального университета // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – Вып. 91. – С. 423–426.

182. Перекрест А.Л. Оценка эффективности функционирования систем отопления учебных зданий // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Кременчук, 2014. — Вып. 2/2014 (26). — С. 48-55.

183. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. Книга 1 / Под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1967. – 770 с.

184. Ивлев А.А. Основы теории Джона Бойда. Принципы, применение и реализация. – Режим доступа: <http://milresource.ru/Boyd.html>. – Дата доступа: 08.02.2015.

185. Перекрест А. Л. Енергоефективне керування процесом теплового забезпечення муніципальних будівель. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2017. №2 (38). С. 50–55.

186. Перекрест А.Л., Герасименко О.В., Чеботарьова Є.О. Класифікація вимог до систем теплового забезпечення цивільних будівель // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2016. – Вып. 36. – С. 74–85.

187. ДСТУ Б.А.2.2–12–2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому

водопостачанні. – Чинні від 27.07.2015 р. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 199 с.

188. ДСТУ Б EN 15232:2011 Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями. – Чинний від 01.04.2012 р. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 109 с.

189. Шестака А.И., Мельникова Л.В., Бушер В.В. Современные методы автоматизации зданий // Электротехнические и компьютерные системы. – Одесса, 2013. – Вып. 11 (87). – С. 82–89.

190. ДБН В.2.5–39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Чинні від 09.12.2008 р. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 55 с.

191. ДБН В.2.5–67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 01.01.2014 р. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 174 с.