

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТВАРИННИЦТВІ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

***ЕНЕРГО- ТА
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
В ТВАРИННИЦТВІ***

*Підручник для здобувачів вищої освіти
закладів вищої освіти*

Київ, 2020

УДК [631.17:620.9]:636

Е62

*Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного як підручник для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» у закладах вищої освіти IV рівня акредитації
(Протокол № 9 від 12 травня 2020 року)*

Рецензенти:

В.Т. Дмитрів – доктор технічних наук, професор кафедри механіки та автоматизації машинобудування Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка».

В.М. Сиротюк – кандидат технічних наук, професор кафедри електротехнічних систем Львівського національного аграрного університету.

К.О. Самойчук – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри обладнання переробних і харчових виробництв ім. професора Ф.Ю. Ялпачика Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Е62 Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 410 с., іл.

ISBN

Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві – вагома складова частина навчальної дисципліни «Машиновикористання в тваринництві», що визначає комплекс організаційних, правових, наукових, виробничих, технічних, інформаційних і економічних заходів, реалізація яких спрямована на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів і нетрадиційних відновлюваних джерел енергії при виробництві продукції АПК, зокрема галузі тваринництва.

Навчальне видання адресовано здобувачам ступеня вищої освіти «Магістр» аграрних закладів вищої освіти IV рівня акредитації, а також слухачам ННІ післядипломної освіти та виробничникам.

ISBN

УДК [631.17:620.9]:636

© Болтянський Б.В., Скляр О.Г., Скляр Р.В., Болтянська Н.І., Дереза С.В., 2020

© Видавничий дім «Кондор», 2020

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГОРЕСУРСИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

	7
1.1 Енергетична термінологія і величини	7
1.2 Види енергоресурсів. Кількісні і якісні характеристики енергоресурсів	19
1.3 Темпи використання енергоресурсів	32
1.4 Закономірності використання енергоресурсів	43
1.5 Енергетика і довкілля	46
1.6 Екологічна безпека енергоспоживання	53

РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ – ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

	62
2.1 Державна стратегія України в галузі енергозбереження. Організаційно-правові заходи з енергозбереження	62
2.2 Використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії – як фактор підвищення енергетичної ефективності вітчизняної економіки	84
2.3 Структура витрат енергії при виробництві сільськогосподарської продукції	89
2.4 Напрями енерго- та ресурсозбереження в технологічних процесах АПК	95

РОЗДІЛ 3 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

	122
3.1 Резерви енергозбереження при будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств	122
3.2 Вимоги до сучасних будівельних матеріалів і технологій будівництва	142
3.3 Світовий та європейський досвід в застосуванні енергозберігаючих технологій при проектуванні тваринницьких підприємств	161

РОЗДІЛ 4 КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЕХОДУ НА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В КОРМОВИРОБНИЦТВІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ	171
4.1 Енергозберігаючі технології в кормовиробництві	171
4.2 Оптимізація технічних засобів при приготуванні кормів та обслуговуванні тварин	188
4.3 Енергоощадні технології при утриманні тварин і птиці	223
4.4 Використання трубопровідного екологічно чистого транспорту на тваринницьких фермах	291
РОЗДІЛ 5 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТВАРИННИЦТВІ	304
5.1 Використання енергії сонця	304
5.2 Використання енергії вітру	324
5.3 Використання енергії біомаси	340
5.4 Використання геотермальної енергії	369
5.5 Системи комплексного енергозабезпечення тваринницьких об'єктів з використанням нетрадиційних відновлюваних джерел енергії	385
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	396

ПЕРЕДМОВА

Рівень розвитку енергетики має визначальний вплив на стан економіки кожної держави. Тому небезпідставно енергетичну незалежність пов'язують з національною безпекою.

На початку ХХІ століття в енергетиці України ще залишилась невирішеною ціла низка складних проблем. Однією з таких проблем є енергозбереження. Раціональне використання енергоресурсів дає потрійний ефект – зменшує негативний вплив об'єктів паливно-енергетичного комплексу на екологію, заощаджує кошти виробників і споживачів енергетичних ресурсів, виховує у людей відповідну культуру поведінки по відношенню до того, що ми залишимо нащадкам.

На сучасному етапі розвитку господарських відносин Україна є енергодефіцитною державою, яка задовольняє свої потреби у енергоресурсах за рахунок власного видобутку лише на 45%, зокрема, видобуває 10-12% загального обсягу споживання нафти, 20-25% – природного газу, 90-92% – вугілля. Крім того, енергоємність валового внутрішнього продукту України нині більше ніж удвічі перевищує аналогічний показник розвинених країн і продовжує зростати, а ефективність використання традиційних видів паливно-енергетичних ресурсів як у національній економіці в цілому, так і в аграрному секторі зокрема, є низькою.

З огляду на постійне зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів та збільшення їх питомої ваги у собівартості сільськогосподарської продукції до 40-45%, зниження рентабельності виробництва та конкурентоспроможності аграрно-продовольчої продукції, використання застарілих технологічних, технічних і економічних принципів господарювання, виникає об'єктивна необхідність забезпечення енергота ресурсозбереження й розв'язання на інноваційній основі проблеми високої енергоємності сільськогосподарського виробництва і, зокрема, галузі тваринництва.



РОЗДІЛ 1

ЕНЕРГОРЕСУРСИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Енергетична термінологія і величини

Енергія [$<$ гр. *energia* – діяльність] – загальна міра різних видів руху і взаємодії. Нині відомі різні види енергії: теплова – рух мікрочастинок, що становлять робоче тіло; кінетична енергія самого тіла як одного цілого (механічна енергія); гравітаційна, електричного й магнітного полів; електромагнітного випромінювання; внутрішньоядерна. Деякі види енергії можуть перетворюватися на інші в чітко визначених кількісних співвідношеннях, які встановлює загальний закон збереження і перетворення енергії.

Енергетика – галузь народного господарства, що охоплює виробництво, перетворення і застосування різних форм енергії. В енергетиці використовують, здебільшого, п'ять видів установок:

генерувальні – такі, що перетворюють потенційну енергію природних енергетичних ресурсів у електричну, теплову, механічну або в інший різновид енергетичного ресурсу (наприклад, турбоустановки, газогенерувальні установки, котли, компресори);

перетворювальні – такі, що змінюють параметри й інші особливості певного виду енергії (трансформаторні підстанції, випрямні й інвенторні електроустановки, трансформатори тепла тощо);

мережі – призначені для передачі й розподілу енергії (електричні, теплові, газові, нафтопроводи, мережі стиснутого повітря тощо);

акумулювальні – призначені для часткового регулювання режиму виробництва енергії (електричні й теплові акумулятори, насосно-акумулюючі гідроелектричні станції та інші);

споживаючі – такі, що слугують для перетворення енергії у вид, в якому її безпосередньо використовують (електричний привод машин, опалювальні установки, промислові печі, світильники тощо).

З погляду фізики процес виробництва будь-якої форми енергії полягає в перетворенні однієї її форми в іншу. Тому, за змістом фізичних процесів, що відбуваються у всіх установках, машинах, апаратах і пристроях енергетичного господарства, енергетика може бути названа також і наукою про перетворення, транспортування й використання енергії.

Основними формами, в яких наразі застосовують енергію, залишаються теплота й електрика. Галузі енергетики, що вивчають їх одержання, перетворення, транспортування та використання називаються, відповідно, *теплоенергетикою* і *електроенергетикою*.

Галузь енергетики, яка вивчає перетворення водної енергії в електричну, називається *гідроенергетикою*.

Відкриття шляхів використання енергії атомного ядра створило нову галузь енергетики – *атомну* або *ядерну енергетику*.

Питаннями використання енергії мас повітря, що переміщуються, займається *вітроенергетика*.

Кожен з розділів енергетики як науки має свою теоретичну основу, що базується на законах фізичних явищ у певній сфері.

Розуміння єдності й еквівалентності різних форм енергії склалося в середині ХІХ ст., коли був накопичений достатньо великий досвід перетворювання одних форм енергії в інші: винайдена парова машина, що перетворює тепло в механічну енергію; відкриті перші джерела електричної енергії – гальванічні елементи, в яких здійснювалося безпосереднє перетворення хімічної енергії в електричну; шляхом електролізу багато разів здійснене зворотнє перетворення – електричної енергії на хімічну; створений електричний двигун, у якому електрична енергія перетворювалась на механічну; відкрите явище безпосереднього перетворення електричної енергії в

тепло. І, нарешті, у 1831 р. був відкритий спосіб перетворювання механічної енергії в електричну. Природним узагальненням величезного обсягу накопичених даних щодо обернення одних форм енергії в інші став *закон збереження і перетворення енергії* – один з фундаментальних законів фізики.

Потреба в перетвореннях енергії пов'язана з неодмінною наявністю різних її форм для сучасних технологічних процесів. Причому перетворення енергії не вичерпуються тільки перетворенням одних її форм на інші. Теплову енергію застосовують за різних значень параметрів теплоносія (пари, газу, води), електричну – у формі змінного або постійного струму і за різних рівнів напруги.

Перетворення енергії відбувається в різних машинах, апаратах і пристроях, що взагалі є технічною основою енергетики. Так, у котельних установках хімічна енергія палива перетворюється на теплову; у паровій турбіні – це тепло, носієм якого є водяна пара, обертається в механічну енергію, яка в електричному генераторі, в свою чергу, перетворюється в енергію електричну; на гідроелектростанціях у гідротурбінах й електрогенераторах енергія водних потоків перетворюється на електричну; у електричних двигунах електрична енергія обертається в механічну тощо.

Способи створення та експлуатації різних установок, машин, апаратів і пристроїв, призначених для одержання, перетворення, транспортування і застосування різних форм енергії, базуються на використанні відповідних розділів теоретичних основ енергетики: *теплотехніки, електротехніки, гідротехніки, вітротехніки* та інші.

Усе це пов'язано з «виробництвом» і «споживанням» енергії, які входять у загальне уявлення «енергетики» про перехід енергії з одного стану в інший. Виробництво і споживання енергії, однакові за своєю фізичною суттю, але відрізняються кінцевою метою і спрямованістю, є твірними енергетичного ланцюжка, який визначає суть і зміст енергопостачання та енергоспоживання.

Розмаїття форм існування енергії, здатність їх до взаємоперетворення дає змогу використовувати для виробництва і споживання енергії різні енергоресурси та енергоносії, визначає їх взаємозамінність. Енергетична цінність ресурсів, ефективність способів їхнього перетворення, міра досконалості процесів і установок, технологічних стадій енергетичного виробництва визначається коефіцієнтом використання енергоресурсу (коефіцієнтом корисної дії енергоустановки).

Надамо деякі основні визначення.

Енергетичний ланцюжок характеризує потік енергії від видобутку (виробництва) первинного енергоресурсу до одержання і використання підведеної кінцевої енергії.

Первинний енергоресурс – енергоресурс (сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, ядерна енергія, гідроенергія, геотермальна, сонячна, вітрова енергія тощо), який не переробляли і не перетворювали.

Енергоносії – це речовина різних агрегатних станів чи іншої форми матеріального середовища, що є джерелом енергії. Іншими словами – це ресурс, який безпосередньо використовують на стадії кінцевого споживання, попередньо збагачений, перероблений, перетворений, а також природний енергетичний ресурс, споживаний на цій стадії. У якості енергоносіїв використовуються речовини, що мають найрізноманітніші фізико-хімічні, енергетичні, споживчі характеристики. За агрегатним станом енергоносії поділяють на тверді, рідкі і газоподібні. За походженням їх поділяють на природні і штучні, традиційні та альтернативні.

Паливом називають речовини, які є джерелом теплової енергії, що виділяється у результаті хімічної реакції горіння. Їх найчастіше класифікують за агрегатним станом, походженням, теплотворною здатністю. Додатково використовуються показники компонентного складу, вологості, зольності, дисперсності тощо. До традиційних видів палива та енергії відносяться вугілля, нафта, нафтопродукти та супутній газ, природний газ та газовий конденсат, торф тощо. Нетрадиційні або альтернативні види палива або енергоносії чи джерела

енергії – це такі, що постійно існують або періодично з'являються у навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси. До них також включають і традиційні види палива, які економічно не вигідно добувати у промислових масштабах.

Підведений енергетичний ресурс – енергоресурс, підведений до енергетичної установки для переробки, перетворення, транспортування або використання.

Кінцева підведена енергія – енергія, підведена до споживача перед її кінцевим перетворенням на корисну роботу (кінцевим використанням) або кількість енергії в підведеному енергетичному ресурсі (енергоносії).

Енергопостачання – сукупність послідовних процесів виробництва, передачі й використання енергії. Структуру енергопостачання наведено на рисунку 1.1.

Система енергопостачання – сукупність установок і пристроїв, призначених для цілей енергопостачання.

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) – галузь (сектор) економіки держави, до якої входять суб'єкти господарювання, діяльність яких пов'язана з розвідуванням, видобутком, переробкою, виробництвом, зберіганням, транспортуванням, передачею, розподілом, торгівлею, збутом чи продажем енергетичних продуктів (енергоносіїв) – палива, електричної і теплової енергії, крім суб'єктів, основна діяльність яких спрямована на задоволення потреб населення та господарського комплексу у послугах централізованого опалення та постачання гарячої води.

Основні вимоги економіки нашої країни до ПЕК формують такі важливі тенденції *енергоспоживання*:

-підвищення потенціалу енергії у споживачів (тобто частки енергії, що її витрачають на силові, високотемпературні та фізико-хімічні процеси тощо) як наслідок науково-технічного прогресу, підвищення технічного рівня всіх видів виробництв, технологій, автоматизації та інші;

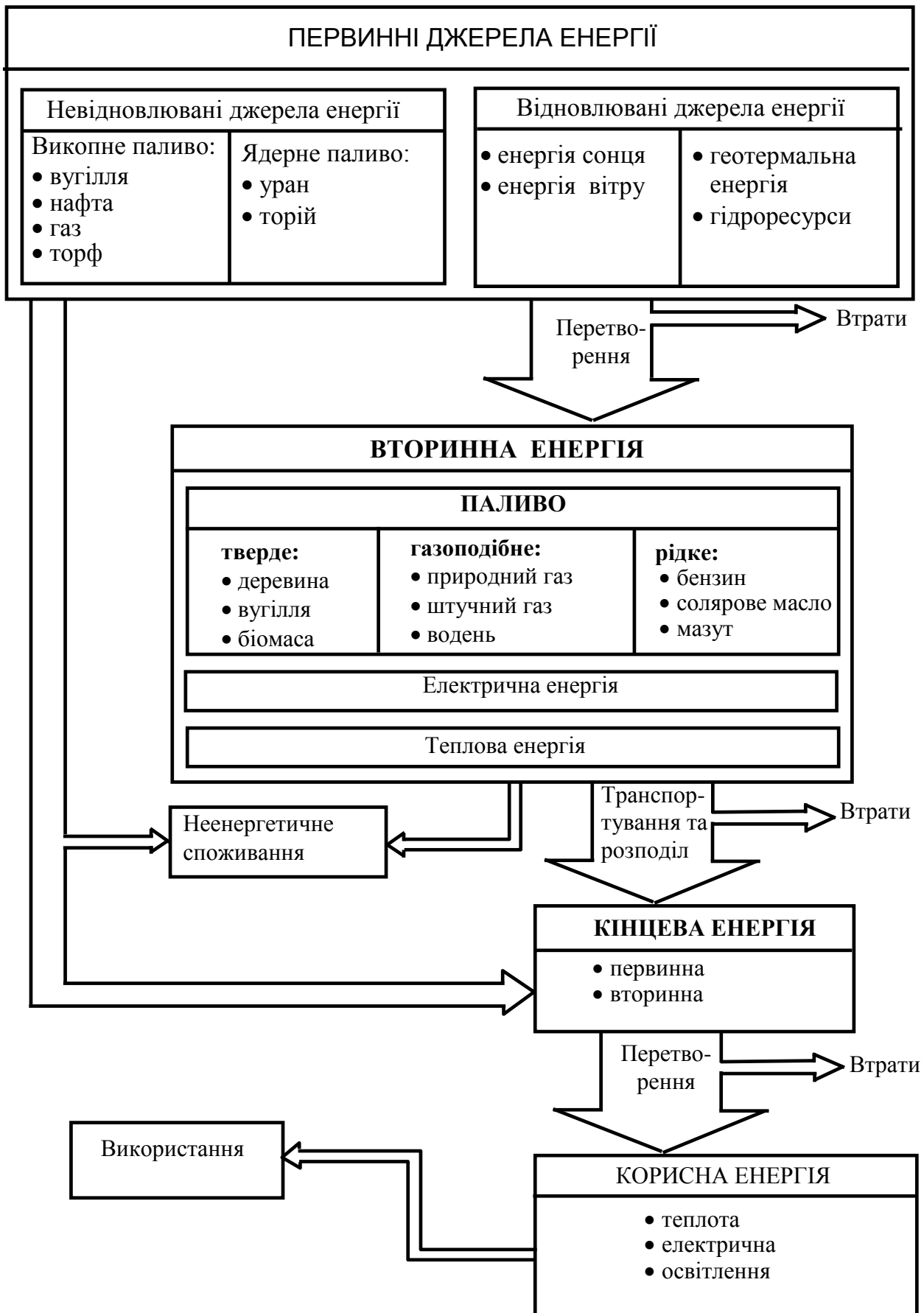


Рис. 1.1. Структура енергопостачання

- постійне збільшення частки електроенергії в загальному кінцевому споживанні всіх видів енергії, що визначається особливою роллю електрифікації в підвищенні продуктивності праці, розвитку нових технологій, поліпшенні якості життя;

- збільшення частки перетворених видів енергії за умови витрачання всіх енергетичних ресурсів, як наслідок електрифікації і вдосконалення технологій теплоспоживаючих процесів шляхом застосування водяної пари і гарячої води замість установок прямого використання палива;

- зниження кількості споживаних енергетичних ресурсів на одиницю валового національного доходу, що становить основу державної політики енергозбереження.

Енергозбереження – діяльність, що спрямована на раціональне використання та економне споживання первинної й перетвореної енергії, природних енергетичних ресурсів у народному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергоефективність – ефективне (розсудливе) використання паливно-енергетичних ресурсів. Іншими словами – використання меншої кількості енергії для підтримання того ж рівня енергетичного забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві. Ця галузь знань перебуває на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології. Енергоефективність оцінюється низкою енергоекономічних показників: енергоємність продукції; енергозабезпеченість об'єкта, регіону, країни; енергоємність (енергоінтенсивність) економіки (формули 1.2-1.4).

Енергозберігаюча технологія – метод виробництва продукції при раціональному використанні енергії, що дозволяє знизити кількість енергетичних відходів, які отримують при виробництві продукції.

Стала тенденція до розширення енергетичної бази за рахунок використання нових видів палива, паливних сумішей та альтернативних видів енергії вимагає також введення обґрунтованих методик порівняння їх енергоефективності чи енергетичної еквівалентності. Зокрема на об'єктах альтернативної

енергетики виникають труднощі оцінки ступеня заміщення традиційних енергоносіїв при виробництві різних видів енергії, які до того ж обліковуються в різних енергетичних натуральних та умовних одиницях.

Паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) – це сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в народному господарстві та включають традиційні і альтернативні їх види.

Через розбіжність властивостей та енергетичної якості ПЕР неможливо нормативно затвердити значення коефіцієнтів переводу їхньої теплотворної здатності, тому для технологічних розрахунків найдоцільніше користуватися відповідними усередненими величинами. В той же час для бухгалтерської і державної статистичної звітності теплотворну здатність палив необхідно чітко відслідковувати за допомогою лабораторних аналізів. Тому очевидно, що теплотворний еквівалент найдоцільніше встановлювати на обмежений період, тривалість якого визначається стабільністю енергетичних характеристик. Підставою для перерахунку теплотворного еквівалента може бути, наприклад, зміна джерела постачання або навіть пори року, коли змінюється вологість енергоносія.

Для економічних розрахунків суб'єктів господарювання і не тільки в енергетиці, важливо правильно класифікувати природу використовуваних ПЕР, бо від цього залежить обґрунтування застосування тих, чи інших нормативів при взаєморозрахунках. Оскільки до традиційних та альтернативних енергоносіїв застосовуються різні економічні підходи і методи оцінки енергоефективності, то, насамперед, необхідно прийняти чіткі термінологічні визначення, розмежувати їх походження.

Заходи з енергозбереження прийнято оцінювати кількістю зекономленого умовного палива. Енергетичні процеси і перетворення кількісно характеризуються різними величинами, які постійно потрібно перераховувати за допомогою відомих переводних коефіцієнтів.

Тоді для встановлення еквіваленту користуються фізичними співвідношеннями між відповідними енергетичними величинами (табл. 1.1).

Найчастіше порівняння проводять відносно так званого умовного палива (у.п.), вираженого в кілограмах (кг у.п.), тонни (т у.п.) або нафтового еквіваленту (кг н.е.).

В Україні за умовне паливо прийнято енергетичне вугілля з питомою нижчою теплотою згоряння 7000 ккал/кг або 29310 кДж/кг, тому його теплотворну здатність ще називають вугільним еквівалентом (в.е.).

Натомість за кордоном одиницею порівняння обрано нафтовий еквівалент, енергетична цінність якого узгоджена з питомою теплотою згоряння нафти і приймається рівною 1000 ккал/кг або 41868 кДж/кг.

Переведення одиниць виміру енергоносіїв в умовне паливо – переведення одиниць виміру витрат котельно-пічного палива (вугілля та вуглепродукти, нафта та нафтопродукти, природний газ), інших видів (торф, торфобрикети, дрова, коксовий газ, доменний газ, нафтозаводський газ, феросплавний газ тощо) в умовне паливо проводиться на основі еквівалентних коефіцієнтів, які враховують калорійність в ккал/кг або кДж/кг одиниці палива за всіма його видами.

Умовне паливо (у.п.) – одиниця обліку органічного палива, що використовується для співставлення різних видів палива та його сумарного обліку. Таким паливом вважають паливо, нижча теплотворна здатність якого приблизно дорівнює 29310 кДж/кг. Кожне паливо має свій коефіцієнт еквівалентного переводу в умовне E_n , який визначається за співвідношенням:

$$E_n = Q_n / 29310, \quad (1.1)$$

де Q_n – нижча теплотворна здатність палива, що використовується, кДж/кг.

Вугільний еквівалент (в.е.) – одиниця обліку органічного палива.

1 кг в.е.=1 кг у.п. (1 кг в.е. має нижчу теплоту згорання 7000 ккал, що становить 29310 кДж).

Нафтовий еквівалент (н.е.) – одиниця обліку органічного палива.

1 кг н.е. має нижчу теплоту згорання 10000 ккал, що становить 41868 кДж.

1 кг в.е. = 1 кг у.п. = 0,7 кг н.е. = 7000 ккал = 29307,5 кДж = 29,31 МДж,

1 кг н.е. = 1,4286 кг у.п. = 1,4286 кг в.е. = 10000 ккал = 41,868 МДж.

Згідно з Національною енергетичною програмою України, прийнято, що на вироблення 1 кВт·год. енергії на традиційних станціях витрачається 0,3514 кг у.п.

Для вітроенергетичних установок та малих ГЕС прийнято 1 кг у.п. = 2,849 кВт·год. Однак для геліоустановок та інших об'єктів альтернативної енергетики прийнято 1 кг у.п. = 8,13 кВт·год.

Таблиця 1.1

Співвідношення між енергетичними одиницями

Одиниця	кДж	ккал	кВт·год.	кг у.п.	кг н.е.
1 кДж	1	0,2388	0,000278	0,000034	0,00024
1 ккал	4,1868	1	0,001163	0,000143	0,0001
1 кВт·год.	3600	860	1	0,123	0,086
1 кг у.п.	29308	7000	8,14	1	0,07
1 кг н.е.	41868	10000	11,63	1,428	1

Основною енергетичною характеристикою палива є *питома теплота згорання*. Її визначають кількістю теплової енергії, що виділяється при спалюванні 1 кг або 1 м³ при повному згорянні палива.

Питома теплота згоряння залежить від виду палива, його складу, сортності, вологості тощо. Окремо розрізняють вищу і нижчу теплоти згоряння.

На рисунку 1.2 наведена номограма для перерахунку основних енергетичних одиниць, а в таблиці 1.2 – найменування, позначення та розмірність основних енергетичних величин.

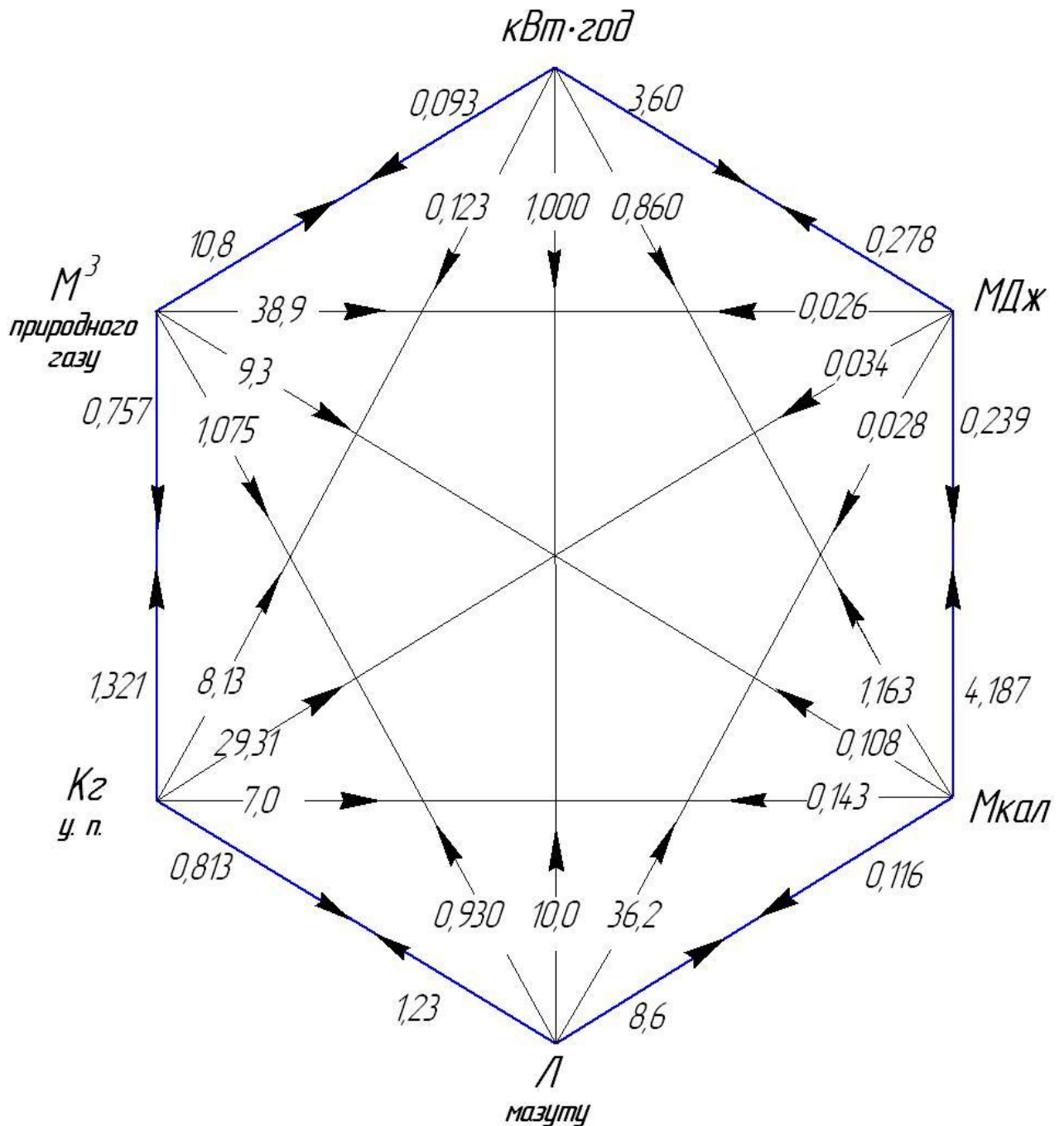


Рис. 1.2. Номограма для перерахунку енергетичних одиниць

Першу визначають при повному згорянні та наступного охолодження відхідних газів з вилученням конденсату водяної пари, яка є одним з продуктів хімічної реакції горіння.

Таблиця 1.2

Найменування, позначення та розмірність основних енергетичних величин

Величина	Символ	Позначення одиниці		Розмірність у системі СІ
		національне	міжнародне	
Температура	T	К	К	К
Температура за Цельсієм	t, θ	°С	°С	°С
Теплота, кількість теплоти	Q	Дж	J	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} / \text{с}^2$
Тепловий потік	Φ	Вт	W	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} / \text{с}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	κ	Вт/(м·К)	W/(m·K)	$\text{м} \cdot \text{кг} / (\text{с}^3 \cdot \text{К})$
Коефіцієнти тепловіддачі і теплопередачі	K	Вт/(м ² ·К)	W/(m ² ·K)	$\text{кг} / (\text{с}^3 \cdot \text{К})$
Термічний опір	R	К/Вт	K/W	$\text{К} \cdot \text{с}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{кг})$
Теплоємність	C	Дж/К	J/K	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} / (\text{с}^2 \cdot \text{К})$
Питома (масова) теплоємність	c	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	$\text{м}^2 / (\text{с}^2 \cdot \text{К})$
Енергія	E	Дж	J	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} / \text{с}^2$

Основні енергоекономічні показники, які характеризують *енергоефективність* процесів перетворення і енерговикористання:

1. Енергоемність продукції (E_n)

$$E_n = W/A, \quad (1.2)$$

де W – енергоспоживання;

A – об'єм продукції (виконаної роботи).

Тут енергоспоживання може бути представлено:

- як витрата первинної енергії (W_{ne}); представляється як енергоспоживання первинної енергії в тоннах (кілограмах) умовного палива (т у.п.) або тонах (кілограмах) нафтового еквівалента (т н.е.);

- як витрата кінцевої енергії ($W_{ке}$); представляється як енергоспоживання кінцевої енергії в джоулях (кДж) або Ват·годинах (Вт·год.).

2. Енергозабезпеченість (об'єкта, регіону, країни) - (E_3)

$$E_3 = W / N, \quad (1.3)$$

де W – енергоспоживання, виражене в тоннах умовного палива (т у.п.) або тоннах нафтового еквівалента (т н.е.);

N – кількість людей на об'єкті, населення регіону, країни.

3. Енергоємність ($E_{ВВП}$) (енергоінтенсивність) економіки

$$E_{ВВП} = E / ВВП, \quad (1.4)$$

де W – енергоспоживання, яке виражене в кілограмах умовного палива (кг у.п.) або кілограмах нафтового еквівалента (кг н.е.);

$ВВП$ – національний валовий внутрішній продукт, виражений в гривнях.

1.2 Види енергоресурсів. Кількісні і якісні характеристики енергоресурсів

Енергетичні ресурси Землі за даними Світової Енергетичної Ради класифіковані на 16 видів, що об'єднують окремі групи, взаємопов'язані між собою (табл. 1.3):

- за рівнем і масштабами освоєння: «традиційні – нетрадиційні»;
- за природою енергоутворення: «відновлювані – невідновлювані».

Таблиця 1.3

Класифікація енергоресурсів

НЕВІДНОВЛЮВАНІ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вугілля (включаючи лігніт) 2. Сира нафта і природний газовий конденсат 3. Важкі нафти, пальні сланці, бітум 4. Природний газ 5. Ядерна енергія 	ТРАДИЦІЙНІ
ВІДНОВЛЮВАНІ	<ol style="list-style-type: none"> 6. Торф 7. Дрова 8. Гідроенергія 9. Енергія мускульної сили тварин та людей 	ТРАДИЦІЙНІ
ВІДНОВЛЮВАНІ	<ol style="list-style-type: none"> 10. Біомаса (за винятком дров) 11. Сонячна енергія 12. Геотермальна енергія 13. Вітрова енергія 14. Енергія припливів 15. Енергія хвиль 16. Теплова енергія океану 	НЕТРАДИЦІЙНІ

До альтернативних видів рідкого палива належать:

- горючі рідини, отримані під час переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців);
- спирти та їх суміші, олії, інше рідке біологічне паливо, одержане з біологічної сировини (у тому числі з відновлюва-

них відходів сільського та лісового господарства, інших біологічних відходів);

- горючі рідини, одержані з промислових відходів, у тому числі газових викидів та інших відходів промислового виробництва;

- паливо, одержане з нафти і газового конденсату нафтових, газових та газоконденсатних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти та природних бітумів.

Якщо це паливо належить до традиційного виду (тобто для його видобутку необхідно застосовувати новітні дуже вартісні технології, а за існуючими технологіями на поточний момент добувати його в промислових умовах у значних обсягах неможливо, але для малого бізнесу – можливо, при умові вкладання коштів окремими підприємцями та спонсорами і видобування невеликими партіями).

До альтернативних видів газового палива належать:

- газ (метан) вугільних родовищ, а також газ, одержаний у процесі підземної газифікації та підземного спалювання вугілля;

- газ, одержаний під час переробки твердого палива (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф) природних бітумів, важкої нафти;

- газ, що міститься у водоносних пластах вугільних басейнів з аномально високим пластовим тиском, в інших підземних водах, а також у газонасичених водах і болотах;

- газ, одержаний з природних газових гідратів, підгідратний газ;

- біогаз, генерований газ та інше газове паливо, одержане з біологічної сировини, у тому числі з біологічних відходів;

- газ, одержаний з промислових відходів (газифікованих викидів, стічних вод промислової каналізації, вентиляційних викидів, відходів вугільних збагачувальних фабрик тощо);

- стиснений та зріджений природний газ, супутній нафтовий газ, вугільний газ метан, якщо вони одержані з газових,

газоконденсатних та вугільних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ і не належать до традиційних видів палива.

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – це потоки енергії, що постійно або періодично діють в природі. В цілому всі енергетичні потоки ВДЕ поділяються на дві основні групи – пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви у вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії оточуючого середовища, енергії біомаси та інше. Загалом ВДЕ класифікують наступним чином:

- промениста енергія сонця;
- енергія вітру;
- гідроенергія течій води (хвиль, припливів);
- тепла енергія оточуючого середовища (Землі, повітря, морів та океанів);
- енергія біомаси;
- геотермальна енергія.

Недоліком ВДЕ є дискретність енергетичних потоків – періодичність надходження та змінність енергетичного потенціалу, що до останнього часу спричиняло значні ускладнення в багатьох випадках їх використання і не відповідало сучасним вимогам щодо енергопостачання споживачів. Сучасні технології і обладнання, а також прийоми раціонального використання ВДЕ, ґрунтовані на комплексному використанні різних видів ВДЕ та акумуляторів енергії, фактично ліквідували перешкоди щодо їх широкомасштабного впровадження і обумовили бурхливий розвиток енергетики на основі ВДЕ в світі.

Якість відновлюваних джерел енергії. Зазвичай під якістю джерел енергії як відновлюваних, так і невідновлюваних мають на увазі частку енергії джерела, яка може бути перетворена на механічну роботу. Наприклад, електрична енергія має високу якість, оскільки за допомогою електродвигуна більше 95% її можна перетворити на механічну роботу. Якість теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива на традиційних теплоелектростанціях, або видобутої з гарячих надр Землі, досить

низька, оскільки тільки близько 30% теплоти згоряння палива або ентальпії гарячої води і пари з надр Землі перетворюється в кінцевому результаті на механічну роботу. За цією ознакою відновлювані джерела енергії можна розділити на три групи:

1 – відновлювані джерела механічної енергії, основними з яких є гідроенергія, вітрова енергія, енергія хвиль та припливів. В цілому якість цих джерел висока і зазвичай їх використовують для виробництва електроенергії. Коефіцієнт використання вітрової енергії складає до 30%, гідроенергії – 60%, хвильової і припливної енергії – 75%;

2 – теплові відновлювані джерела енергії, основними з яких є пряма енергія сонця, енергія біопалива. Максимальна частка теплоти таких джерел, яка може бути перетворена на механічну роботу, визначається другим законом термодинаміки. На практиці перетворити на роботу вдається приблизно половину теплоти, що допускається другим законом термодинаміки. Для сучасних парових турбін, наприклад, ця величина не перевищує 35%;

3 – відновлювані джерела енергії на основі фотонних процесів, до яких належать джерела, що використовують фотосинтез і фотоелектричні явища. Досягти високої ефективності перетворення енергії у всьому спектрі сонячного випромінювання дуже важко, на практиці ККД фотоперетворювачів поки не перевищує 25%.

Відновлювані і традиційні (викопні копалини) джерела енергії істотно відрізняються за характерною для них початковою щільністю потоків енергії. Для відновлюваних джерел початкова щільність енергії, як правило, не перевищує 1 кВт/м^2 (наприклад, щільність енергії сонячного випромінювання, енергії вітру при швидкості близько 10 м/с); для невідновлюваних джерел енергії її значення на декілька порядків вище. Наприклад, теплове навантаження в трубах парових котлів складає приблизно 200 кВт/м^2 і вище, а в теплообмінниках ядерних реакторів – декілька мегават на 1 м^2 . Через таку значну відмінність щільності потоків енергії виникають суттєві відмінності в

експлуатації енергоустановок на невідновлюваних і відновлюваних джерелах – традиційні енергоустановки є ефективними при великій одиничній потужності установки, проте розподіл енергії серед споживачів вимагає високих витрат, а енергоустановки на основі відновлюваних джерел енергії ефективні при малій одиничній потужності, але необхідні великі витрати для підвищення потужності при об'єднанні таких установок в єдину енергосистему.

Відновлювані джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання є можливим на основі науково розроблених принципів перетворення енергії ВДЕ у види, що потрібні споживачам. В оточуючому середовищі завжди існують потоки відновлюваної енергії, тому в процесі розвитку відновлюваної енергетики необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них. Важливим заходом ефективного використання ВДЕ є комплексний підхід у плануванні енергетики на основі відновлюваних енергоресурсів. Відновлювані джерела енергії є невід'ємною частиною навколишнього середовища, тому як їх вивчення, так і використання не може обмежуватися рамками однієї наукової дисципліни або завдання. Часто дослідження охоплюють область від промислової біотехнології до електроніки і процесів управління. Використання ВДЕ повинно бути багатоваріантним і комплексним, що дозволить прискорити економічний розвиток регіонів. Наприклад, гарною базою для використання ВДЕ можуть слугувати агропромислові комплекси, де відходи тваринництва і рослинництва є сировиною для отримання біогазу, а також рідкого і твердого палива, виробництва добрив.

Для ефективного планування енергетики на відновлюваних ресурсах необхідно, по-перше, систематичне дослідження навколишнього середовища, аналогічне дослідженням геологічного характеру при пошуках нафти або газу, по-друге, вивчення потреб конкретного регіону в енергії для промислового, сільськогосподарського виробництва і побутових потреб. Зокрема, необхідно знати структуру споживачів енергії, щоб вибрати джерело енергії з кращими економічними показниками.

Найбільш масштабним на сьогодні є використання гідроенергії та енергії вітру. Досить широко та успішно функціонує велика гідроенергетика, проводиться робота з відновлення занедбаних і будівництва нових об'єктів малої гідроенергетики, особливо у важкодоступних для підведення ліній електропередач районах. Спалювання біомаси для отримання теплової енергії із застосуванням сучасного устаткування стає все більш поширеним. Практично у всіх регіонах світу існують можливості для експлуатації вітроенергетичного обладнання з метою виробництва електроенергії і виконання механічної роботи та створення і розширення біоенергетичного сектору для одержання біогазу. Геотермальна енергія має значний потенціал в окремих регіонах світу і може успішно використовуватися для опалення і гарячого водопостачання, а також для виробництва електроенергії. Енергія сонячної радіації може ефективно використовуватись для гарячого водопостачання і опалення; фотоелектрика в промислових масштабах усе ще малодоступна - прогрес може бути тільки у випадку різкого технологічного росту, що забезпечить значне зниження цін на фотоелектричні станції. Найбільш поширеним є використання сонячних фотоелементів для живлення електроприладів – калькуляторів, годинників тощо. Вартісні показники електроенергії від ВДЕ, виробленої на різних видах електростанцій, вже зараз знаходяться, в середньому, на рівні традиційних електростанцій. З загального ряду випадає фотоенергетика, де вартість електроенергії в 4-5 разів вища. Спостерігається стійке зниження вартості електроенергії від ВДЕ, в тому числі і на фотоелементах, яка, відповідно прогнозів, наблизиться до вартості електроенергії від інших видів через 5-10 років.

В таблиці 1.4 наведені граничні значення питомої вартості електроенергії, виробленої на традиційних електростанціях і на електростанціях на основі ВДЕ.

**Граничні значення вартості 1 кВт·год. електроенергії,
виробленої на різних типах електростанцій**

Енергоустановки і енергосистеми	Вартість 1 кВт·год. електроенергії, центів США / кВт·год.	
	мінімальна	максимальна
Мікро- і малі ГЕС	3,0	4,0
Газотурбінні станції з комбінованим циклом	3,7	5,0
ВЕС	4,0	5,0
Атомні станції	4,0	8,0
Газ сміттєзвалищ	4,5	8,0
Тверді побутові відходи	4,5	7,0
Геотермальні станції	5,0	6,0
ТЕС на газі	5,0	6,5
ТЕС на вугіллі	5,2	8,0
ТЕС на відходах деревини	6,0	7,0
Екологічно чисті ТЕС	7,0	9,0
Сонячні термодинамічні станції	8,0	10,0
Газифікація біомаси	8,0	9,0
Фотоелектричні станції	20,0	28,0

Використання енергії відновлюваних джерел в світі має найбільш давні традиції – ще кілька століть назад основою енергетики було використання вітрових і водяних агрегатів та мускульної енергії тварин. На кінець XIX століття в Російській імперії сумарна потужність вітрових та водяних млинів дорівнювала приблизно двом блокам Чорнобильської АЕС. Важливим джерелом для отримання теплової енергії була біомаса – дрова, торф, використання яких до цього часу в сільській місцевості України не втратило свою актуальність.

Середина ХХ століття характеризується майже повною відмовою від ВДЕ. Однак енергетична криза 70-х років минулого століття, що поставила людство перед загрозою вичерпання викопних енергетичних ресурсів, та Чорнобильська катастрофа 1986 року, яка показала реальну загрозу існуванню цивілізації, корінним чином змінили підходи до використання первинних джерел енергії. Почала формуватися науково-технічна база нової галузі, яка отримала назву «відновлювана енергетика».

Використання енергії відновлюваних джерел у даний час є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики, що обумовлено необхідністю:

- усунення енергетичної нестабільності країн, пов'язаної з енергетичними кризами;
- зменшення обсягів шкідливих викидів, що утворюються в процесі використання традиційних енергоносіїв;
- збереження запасів енергоресурсів для майбутніх поколінь;
- збільшення витрат органічної сировини для неенергетичних потреб.

Строки окупності капітальних вкладень в енергетику, в середньому, складає 8-10 років. При цьому на спорудження теплоелектростанції необхідно 6-8 років, великих гідроелектростанцій і атомних станцій – 10-12 років. Вітроенергетична станція в розвинених країнах споруджується за 5-6 місяців, починаючи з підписання контракту, термін її окупності – 8-10 років. У централізованих енергосистемах прийнятний строк окупності (5-10 років) визначається питомими капітальними вкладеннями 800-1000 дол. США/кВт і менше, терміном використання встановленої потужності – 2200 і більше годин у рік. Для автономних енергосистем ці показники складають, відповідно, 2000 дол. США/кВт і 1500 годин на рік.

В таблицях 1.5 і 1.6 наведені співвідношення, які враховують ККД використання палива при виробництві електроенергії.

Таблиця 1.5

Співвідношення між одиницями потужності

	<i>Вт</i>	<i>кГ·м/с</i>	<i>кал/с</i>	<i>к. с.</i>
1 <i>Вт</i>	1	0,102	0,239	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1 <i>кГ·м/с</i>	9,81	1	2,34	$1,33 \cdot 10^{-3}$
1 <i>кал/с</i>	4,187	0,427	1	$5,69 \cdot 10^{-3}$
1 <i>к. с.</i>	736	75	175,5	1

Таблиця 1.6

Співвідношення між одиницями виміру роботи, енергії та кількості умовного палива*

Одиниця виміру	Джоуль	Вт·год.	Калорія	Умовне паливо	
				для ВЕС, міні- та мікро-ГЕС (ел.)	для решти об'єктів ВДЕ
1	2	3	4	5	6
1 Дж	-	$2,778 \cdot 10^{-4}$	0,2388	$9,74 \cdot 10^{-4}$ г у.п.	$3,4110^{-4}$ г у.п.
1 кДж	-	0,2778	0,2388 ккал	0,0974 г у.п.	0,03412 г у.п.
1 МДж	-	0,2778 кВт·год.	238,8 ккал	97,37 г у.п.	34,12 г у.п.
1 ГДж	-	277,78 МВт·год.	238,8 Мкал	97,37 кг у.п.	34,12 кг у.п.
1 ТДж	-	277,78 ГВт·год.	238,8 Гкал	97,37 т у.п.	34,12 т у.п.
1 ПДж	-	277,78 ТВт·год.	238,8 Ткал	97366 т у.п.	34120 т у.п.
1 кВт·год.	3,6 МДж	-	860 ккал	351,4 г у.п.	122,86 г у.п.
1 МВт·год.	3,6 ГДж	-	860 Мкал	351,4 кг у.п.	122,86 кг у.п.
1 ГВт·год.	3,6 ТДж	-	860 Гкал	351,4 т у.п.	122,86 т у.п.
1 ТВт·год.	3,6 ПДж	-	860 Ткал	351400 т у.п.	122860 т у.п.
1 кал	4,187 Дж	$1,161 \cdot 10^{-3}$	-	$4,08 \cdot 10^{-4}$ г у.п.	$1,423 \cdot 10^{-4}$ г у.п.
1 ккал	4,187 кДж	1,16	-	0,408 г у.п.	0,14286 г у.п.

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6
1 Мкал	4,187 МДж	1,16 кВт·год.	-	0,408 кг у.п.	0,14286 кг у.п.
1 Гкал	4,187 ГДж	1,16 МВт·год.	-	0,408 т у.п.	0,14286 т у.п.
1 Ткал	4,187 ТДж	1,16 ГВт·год.	-	408,16 т у.п.	142,86 т у.п.
1 Пкал	4,187 ПДж	1,16 ТВт·год.	-	408163 т у.п.	142860,4 т у.п.
1 г у.п.зг.	29,31 кДж	8,13	7,0 ккал	-	-
1 кг у.п.зг.	29,31 МДж	8,13 кВт·год.	7,0 Мкал	-	-
1 т у.п.зг.	29,31 ГДж	8,13 МВт·год.	7,0 Гкал	-	-
1 тис. т у.п.зг.	29,31 ТДж	8,13 ГВт·год.	7,0 Ткал	-	-
1 г у.п.ел.	10,2 кДж	2,849	2,45 ккал	-	-
1 кг у.п.ел.	10,2 МДж	2,849 кВт·год.	2,45 Мкал	-	-
1 т у.п.ел.	10,2 ГДж	2,849 МВт·год.	2,45 гкал	-	-
1 тис. у.п.ел.	10,2 ТДж	2,849 ТВт·год.	2,45 Ткал	-	-

* **Прийняті позначення і скорочення:**

ел. – електрична;	кіло- (к) - 10^3 ;
зг. – згоряння (теплота);	мега- (М) - 10^6 ;
в.е. – вугільний еквівалент;	гіга- (Г) - 10^9 ;
н.е. – нафтовий еквівалент;	тера- (Т) - 10^{12} ;
у.п. – умовне паливо;	пета- (П) - 10^{15} .

Так, на сучасних електростанціях ККД перетворення теплової енергії у електричну приймається рівним 0,35. Тому 1 тонна у.п.ел. прирівнюється до 0,35 т у.п.зг. І навпаки, 1 т у.п.зг. еквівалентна $1/0,35=2,853$ тонни у.п.ел. Тому й паливний еквівалент 1кВт·год. вітро- та фотоелектричної станції оцінюється значенням у 351,4 г у.п.зг. Натомість для решти альтернативних видів палив, енергія яких вивільнюється лише у процесі прямого спалювання, паливний еквівалент 1кВт·год. електроенергії еквівалентний фізичному співвідношенню, а саме 122,3 г у.п.зг.

Нижче, в таблицях 1.7 і 1.8 подано перелік паливних брикетів та горючих речовин, які використовуються в якості тра-

диційних і альтернативних видів твердого, рідкого та газоподібного палив з вказуванням нижчої теплоти згоряння та теплового еквіваленту.

Таблиця 1.7

Нижча теплотворна здатність та тепловий еквівалент паливних брикетів

Вид горючого матеріалу	Нижча теплотворна здатність, q_n , кДж/м ³	Тепловий еквівалент, E_n
Відходи кукурудзи	20000	0,68
Відходи ріпаку	22000	0,75
Відходи соняшнику	24000	0,82
Солома пшенична 70%, хвойне борошно 30%	21350	0,73
Тирса соснова 70%, хвойне борошно 30%	22150	0,76
Солома пшенична 40%, хвойне борошно 40%, пил деревного вугілля 20%	27300	0,93
Тирса соснова 40%, хвойне борошно 40%, пил деревного вугілля 20%	27900	0,95

Таблиця 1.8

Нижча теплотворна здатність та тепловий еквівалент традиційних й альтернативних видів палива

Вид горючого матеріалу	Нижча теплотворна здатність, q_n , кДж/м ³	Тепловий еквівалент, E_n
1	2	3
1. Тверде паливо		
Дрова	7794	0,27
Кусковий торф	11427	0,39
Торфобрикет	17580	0,60

Продовження табл. 1.8

1	2	3
Кам'яне вугілля	23150	0,79
Кокс	29010	0,99
Деревне вугілля	28400	0,97
2. Рідке паливо		
Спирт метиловий (метанол)	21357	0,73
Спирт етиловий (етанол)	26800	0,91
Мазут пічний	40140	1,37
Дизельне паливо (газойль)	42490	1,45
Бензин автомобільний	43660	1,49
3. Горючі гази		
Газ природний GZ50	35600	1,21
Метан	35850	1,22
Зріджений газ (бутан)	122000	4,16
Зріджений газ (пропан)	93750	3,20
Метан вугільних родовищ	29017	0,99
4. Альтернативне паливо		
Хвоя	12479	0,43
Тирса (дуб)	12563	0,43
Тирса (дуб+сосна)	12521	0,43
Лушпиння соняшника	14301	0,49
Осад стічних вод (сухий)	13819	0,47
Солома (пшениця)	14301	0,49
Стрижні кукурудзи	16805	0,57
Сухий міскантус	17000	0,58
Відходи паперу	18426	0,63
Побутові відходи (сор- товані)	18844	0,64
Макуха соняшникова	19091	0,65

Продовження табл. 1.8

1	2	3
Макуха ріпакова	24000	0,82
Біоетанол	27200	0,93
Покришки автомобільні	34757	1,19
Біодизель з ріпаку	37500	1,28
Газохол	41900	1,43
Поліетилен	46022	1,57

Енергетичний потенціал України складають як органічні викопні, природні ПЕР – уран та гідроенергія, так і поновлювані джерела енергії.

За прогнозами Європейської комісії, Світової Енергетичної Ради та Міжнародного Енергетичного Агентства вважається, що в наступні десятиріччя головним джерелом енергії будуть невідновлювані викопні види органічного палива – вугілля, нафта та природний газ. З урахуванням значного прогнозованого зростання обсягів споживання, загальних розвіданих світових ресурсів викопних палив усіх видів вистачить відповідно: вугілля – на 250-300, нафти – на 30-40, природного газу – на 50-70 років.

Основний органічний енергоносій у нашій державі – вугілля (кам'яне та буре). Загальні геологічні запаси кам'яного вугілля складають 94,5%, бурого – 5,5%. За загальними оцінками у надрах України може бути зосереджено до 300 млрд.т вугілля. За експертними даними вітчизняних запасів вугілля вистачить на 400 років. Це дає можливість розглядати сучасну вугільну енергетику як пріоритетну, а вугілля – як основний енергетичний ресурс України.

1.3 Темпи використання енергоресурсів

Енергетика і ПЕК, що реалізує її призначення, є підґрунтям існування і розвитку цивілізації. Концентруючи величезні матеріальні ресурси, переробляючи колосальні паливно-

енергетичні ресурси, активно втручаючись у гідро-, літо- й атмосферне середовище, енергетика годна змінити і вже змінює його природне становище.

Нині перед людством особливо гостро стоять три головні взаємозв'язані проблеми: забезпечення продуктами харчування, енергією та екологічна безпека. Актуальні вони як для Європи взагалі, так і для України зокрема. У розв'язанні цих проблем особливе місце належить енергетиці, від рівня розвитку якої неабияк залежить доля економіки, а отже, занепад або процвітання суспільства і, з іншого боку, – стан довкілля.

Кожен виток вгору по спіралі історичного розвитку супроводжується вищим рівнем споживання енергії, загостренням екологічних проблем. Отже, надзвичайно важливим завданням фахівців і відповідних закладів є вивчення умов утворення шкідливих викидів у процесі виробництва теплової та електричної енергії, їх впливу на довкілля, розробка методів і пристроїв їх нейтралізації. Актуальність цих проблем визначається як недосконаліми енерготехнологіями, так і високим темпом використання паливно-енергетичних ресурсів.

Загальне уявлення про світове використання ПЕР за останні сто років надають дані таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

Динаміка використання енергоресурсів у світі

Показник	1900	1950	1970	1990	2000
Сумарне енергоспоживання, млрд. т умовного палива	0,95	2,86	7,3	17,0	25,0
Населення, млрд. осіб	1,62	2,5	3,6	4,6	5,2
Питомі енерговитрати (т у.п. на 1 особу на рік)	0,59	1,16	2,03	3,7	4,8

В таблиці 1.10 наведено дані щодо світового виробництва первинних енергоносіїв з 2005 р. і прогнозу до 2020 р. у млн. т нафтового еквівалента (проц.).

Таблиця 1.10

Світове виробництво первинних енергоносіїв

Енергоносіїв	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
Усього (у країнах світу), млн. т н.е. (%)	8483 (100)	9753 (100)	10801 (100)	12094 (100)
Тверде паливо	2354 (27,7)	2615 (26,8)	2933 (27,2)	3363 (27,8)
Нафта	3183 (37,5)	3653 (37,4)	3902 (36,1)	4147 (34,3)
Природний газ	1669 (19,7)	2089 (21,4)	2470 (22,9)	2983(24,6)
Атомна електроенергія	516 (6,1)	584 (6,0)	640 (5,9)	692 (5,7)
Біомаса	564 (6,6)	579 (6,0)	587 (5,4)	594 (4,9)
Гідроелектроенергія та інші енергоносії	197 (2,4)	233 (2,4)	269 (2,5)	315 (2,7)
СНД і Східна Європа	1898 (100)	2155 (100)	2394 (100)	2706 (100)
Тверде паливо	594 (31,3)	602 (27,9)	607 (25,4)	642 (23,7)
Нафта	537 (28,3)	616 (28,6)	665 (27,8)	710 (28,2)
Природний газ	662 (34,9)	818 (38,0)	969 (40,5)	1 168 (43,2)
Атомна електроенергія	78 (4,1)	90 (4,2)	121 (5,0)	152 (5,6)
Гідроелектроенергія та інші енергоносії	27 (1,4)	29 (1,3)	32 (1,3)	34 (1,3)

Усе споживання енергоресурсів, зазвичай, поділяють на чотири приблизно однакові групи: промисловість, енергетика, транспорт і житлово-комунальний сектор. Кількісні співвідношення цих груп є різними для різних країн. Тому для порівняння використовують розмір споживання енергоресурсів на душу населення.

Те, що відбувається в енергетиці кожної окремої країни, є складовою частиною світових процесів і закономірно для цієї галузі. Головна закономірність – наявність прямої коре-

ляції (залежності) між рівнем споживання енергоресурсів на душу населення на рік і рівнем життя. У країнах з високим рівнем життя цей показник перебуває в межах від 5,8 (Англія) до 18,5 тис. кВт·год. (Канада). У Франції, де чисельність населення така, як в Україні, – 8 200 кВт·год. на рік, а середній показник в Європі до кінця ХХ ст. становив 5 600 кВт·год. на людину.

Проте, в Україні цей показник щороку знижується: у 1990 р. – 5 627 кВт·год., а в 2000 р. – 3 600 кВт·год., тобто зменшився в 1,6 раза. Відповідно до Національної програми розвитку енергетики України до 2020 р. цей показник має бути доведений до 4 800 кВт·год., що, проте, дорівнюватиме всього 87% від рівня 1990 року.

Таким чином розвиток енергоспоживання визначають два чинники: зростання споживання енергоресурсів на душу населення і зростання самого населення. Зростання споживання енергоресурсів залежить від рівня розвитку науки і техніки, тобто від стану економіки. Відсталі країни прагнуть наздогнати економічно розвинені, а розвинені й далі нарощують свій енергетичний потенціал. Отже, зростання споживання енергоресурсів може бути обмежене лише можливістю здобути потрібну кількість енергії. Якщо визнати, що до кінця ХХІ ст. середня цифра споживання енергоресурсів на душу населення досягне рівня таких країн як Канада, США сьогодні, то можна оцінити рівень загального енергоспоживання до цього часу.

Другий чинник пов'язаний зі зростанням населення Землі, що відбувається не менш бурхливо, ніж розвиток промислового виробництва. Якщо в середині ХІХ ст. населення Землі становило 1,7 млрд. осіб, то наприкінці ХХ ст. воно перевищило 6,0 млрд. осіб. Очікується, що до середини ХХІ ст. на Землі житиме приблизно 10 млрд. осіб.

У нинішніх кліматичних умовах за досягнутого рівня науки і техніки наша Земля здатна прокормити 15-20 млрд. осіб. Якщо припустити, що до кінця ХХІ ст. населення Землі становитиме 20 млрд. осіб, а середнє споживання енергоресурсів

на людину досягне нинішнього рівня США, то до 2100 року Земля споживатиме приблизно третину енергії, одержуваної від сонця.

Слід підкреслити, що питомі витрати енергії визначають темпи зростання народонаселення (табл. 1.11), попри те, що останні в кінці ХХ ст. перевищують 100 млн. осіб на рік.

Таблиця 1.11

Споживання енергії на душу населення

Регіон, група країн	2005 р.		2010 р.		2015 р.		2020 р.	
	Споживання (кДж, МВт/рік відповідно)							
	теплоти	електро-енергії	теплоти	електро-енергії	теплоти	електро-енергії	теплоти	електро-енергії
Північна Америка	313	12,0	325-348	15,9-17,3	252-323	17,4-19,1	322-358	19,0-20,7
Латинська Америка	50	1,4	54-57	2,1-2,4	55-59	2,4-2,9	56-62	2,6-3,6
Західна Європа	133	5,4	139-148	6,4-6,6	138-150	6,9-7,1	138-153	7,5-7,6
Східна Європа	183	5,4	200-208	7,0-7,7	203-216	7,7-8,6	208-225	8,4-9,5
Африка	23	0,5	23-24	0,7-0,8	23-24	0,7-0,9	22-25	0,8-1,1
Середній Схід і Південна Азія	20	0,4	21-22	0,6-0,7	21-22	0,7-0,9	21-23	0,8-1,0
Південно-східна Азія і країни Тихого океану	37	0,9	38-40	1,1-1,4	38-41	1,2-1,6	38-41	1,3-1,8
Далекий Схід	39	1,2	42-45	1,5-1,7	44-47	1,6-2,1	45-50	1,8-2,5
Всього	67	2,2	68-71	2,6-2,9	66-72	2,8-3,3	66-73	3,0-3,6

Такий темп отримав назву «демографічного вибуху» й породив безліч проблем. З-поміж них сьогодні найважливішими є: визначення розумної чисельності населення і збереження її в рівновазі. Розв'язання цих проблем потребує надзвичайно високої соціальної відповідальності.

З даних таблиці 1.11 можна зробити чіткий висновок: необхідно прогнозувати перспективи ресурсозбереження для нинішнього та майбутніх поколінь. Найдоцільнішими є два шляхи: розвідування нових ресурсів і розробка наукоємних технологій для повнішого й ефективнішого застосування джерел, які раніше вважалися нерентабельними. Ресурси мінеральної сировини, придатні для використання людиною, є цілком відтворними, а управління численними альтернативними роботами з такого відтворення являє собою суть ресурсоощадної діяльності людини, коли враховувати особливу роль енергетичних ресурсів у житті суспільства.

Враховуючи надто велику і всесильну роль енергії, розглянемо її показники як критерії науково-технічного розвитку суспільства і його добробуту. У макроекономічному аналізі широко використовують два основні енергетичні критерії – енергоспоживання на душу населення та енергоємність валового національного (внутрішнього) продукту (ВВП).

Узагальнюючими показниками ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів країни є питомі витрати первинної енергії на одиницю валового внутрішнього продукту країни (енергоємність ВВП).

Енергоємність ВВП України у 2,6 рази перевищує середній рівень енергоємності ВВП країн світу. Причиною високої енергоємності є надмірне споживання в галузях економіки енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції, що зумовлює відповідне зростання імпорту вуглеводнів в Україну. Висока енергоємність ВВП в Україні є наслідком істотного технологічного відставання у більшості галузей економіки і житлово-комунальній сфері, незадовільної галузевої структури національної економіки і, зокрема, імпортно-експортних операцій та впливу «тіньового» сектора економіки (рис. 1.3).

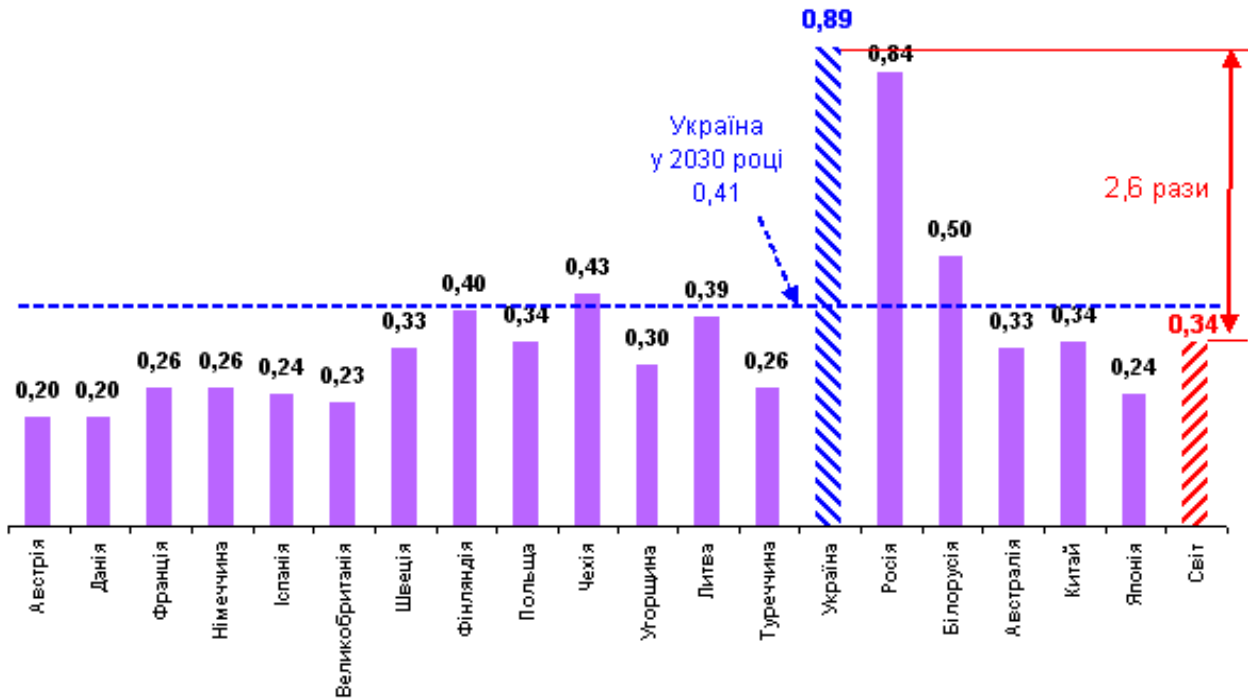


Рис. 1.3. Енергоємність ВВП країн світу, кг у.п./дол. США

Загальна закономірність вважається такою, що країни з розвинутою економікою мають технічну, технологічну і фінансову нагоду знизити енергоємність ВВП. Водночас країнам з низьким економічним рівнем, що мають вищу енергоємність ВВП, важко знайти засоби для структурної перебудови й переходу до нових технологій, вищих вимог до побутових приладів, жорсткіших стандартів на енергоспоживаюче устаткування. Втім, перспектива здається оптимістичною: країни з низьким розвитком економіки прагнуть зменшити енергоємність зі зростанням доходів, а країни з високим рівнем розвитку – стабілізувати енергоємність відповідно до вимог своїх високих життєвих стандартів і конкурентоспроможності.

Відтак, енергоспоживання на душу населення та енергоємність ВВП з макроекономічного погляду відображають енергетичну ситуацію в країні і є комплексом взаємопов'язаних параметрів.

Прогнозованим розвитком економіки України до 2030 року визначено три періоди: до 2010 р. – період структурної перебудови інноваційного напрямку; 2011-2020 рр. – період випереджального розвитку традиційних галузей сфери послуг

в економіці України. У ці періоди формуються підвалини постіндустріального способу виробництва. У період 2021-2030 рр. прогнозується завершення переходу до постіндустріального суспільства з характерною зміною структури економіки.

Перший період (до 2010 рр.) – передбачав відродження та перебудову промисловості і формування гарантованої основи для фундаментальних змін і формування раціонального промислового комплексу у подальшій перспективі. У цьому періоді передбачалося досягнення стійкої стабілізації та економічного зростання на основі випереджального розвитку наукоємних галузей, стимулювання виробництв, орієнтованих на внутрішній ринок споживчих товарів тощо. Цей період поєднував в собі оздоровлення та відродження виробництва зі структурною перебудовою, стале зростання обсягів виробництва.

Стратегічна мета другого періоду (2011–2015–2020 рр.) – формування єдиної промислової системи країни як органічної частини європейського простору, що використовує всі переваги своєї ресурсної бази, технологій, високорозвиненого інтелектуального потенціалу нації. Цей період визначається як інвестиційно-інноваційний і характеризується переходом на капіталомісткий шлях розвитку зі значними обсягами капіталовкладень у докорінну реконструкцію всіх галузей промисловості. При цьому передбачається широко використовувати накопичений потенціал ресурсів для інвестування.

Третій період (2021–2030 рр.) може бути окреслений як переважно інноваційний. Стратегічною метою розвитку промислового комплексу України в цей період передбачено еволюційний перехід до сталого розвитку в постіндустріальному світовому суспільстві на підґрунті збереження та безпеки життєвого простору людини, здійснення промислової діяльності з найменшими витратами за рахунок високоефективного використання матеріального та інтелектуального потенціалу. Ймовірно, наприкінці третього

періоду промисловість сформується як цілісна виробничо-економічна система екзогенного типу (тобто, не замкнена лише на себе). Така система забезпечує економічну незалежність держави та реалізацію стратегічної мети – входження України на паритетних умовах до числа провідних, технологічно розвинених країн світу.

Прогнозування розвитку української економіки проводилось в умовах значної невизначеності основних чинників, тому було розраховано цілий сектор можливих траєкторій її розвитку. Цей сектор обмежено найбільш сприятливими (оптимістичний сценарій) та найменш сприятливими (песимістичний сценарій) умовами розвитку економіки України. Між ними виділено сектор найбільш вірогідного (базового) сценарію.

Особливості економічного розвитку країни до 2030 р. враховано в прогнозах споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, через прогнозні макропоказники енергоємності. Таким чином, згідно з базовим сценарієм до 2030 року прогнозується збільшення обсягу виробництва ВВП майже в 3 рази (рис. 1.4), а споживання первинних енергоресурсів (рис. 1.5) – тільки на 51% (з 200,6 млн. т у.п. у 2005 р. до 302,7 млн. т у.п. – у 2030 р.).

Випередження темпів економічного зростання порівняно з темпами споживання первинних енергоресурсів має забезпечуватися шляхом реалізації стратегічної мети, спрямованої на досягнення до 2030 року світового рівня показників енергетичної ефективності. Досягнення такого рівня планується здійснити за рахунок двох основних факторів (детальніше у розділі 2.1):

- технічного (технологічного) енергозбереження, що передбачає модернізацію або заміну енергоємних наявних технологій, підвищення енергоефективності промисловості;
- структурного енергозбереження, що передбачає докорінні структурні зміни для створення малоенергоємної та малоресурсної економіки шляхом впровадження новітніх технологій.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергозбереження»: Офіц. текст зі змінами станом на 09.02.2006. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=74%2F94-%E2%F0>.

2. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» Офіц. текст станом на 20.02.2003. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=555-15>.

3. Законодавство України щодо стимулювання енергоефективності та розвитку відновлювальної енергетики // Энергосбережение: всеукраинский научно-технический журнал. – 2009. – № 8. – С. 35-36.

4. Про внесення змін до Державної цільової економічної програми енергоефективності на 2010-2015 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 14 липня 2010 року № 587 // Офіційний вісник України: збірник нормативно-правових актів. – 2010. – № 53. – С. 31-45.

5. Енергозбереження. Основні положення: ДСТУ 2339-94. – [Чинний від 1995 – 01– 01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 6 с. – (Державний стандарт України).

6. Енергоощадність. Терміни та визначення: ДСТУ 2420 – 94. – [Чинний від 1995 – 01– 01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 19 с. – (Державний стандарт України).

7. Стратерія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т1. – 510 с.

8. Стратерія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т2. – 600с.

9. Амоша О.И. Перспективы использования потенциальных возможностей энергетических ресурсов и резервов Укра-

ини / О.И. Амоша // Економіка та держава. – 2007. – №12. – С.4 -9.

10. Енергетична стратегія України на період до 2030 р.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 1071.

11. Константинов П.В. Перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу України / П.В. Константинов // Економіка та держава. – 2011. – № 6. – С.89-91.

12. Щербина О.М. Енергія для всіх / О.М. Щербина.– Ужгород: вид-во В. Падяка. 2003. – 192 с.

13. Маляренко В.А. Введение в инженерную экологию энергетики / В.А. Маляренко. – Харьков: Издательство САГА, 2008. – 185 с.

14. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище / В.А. Маляренко. – Харків: Издательство САГА, 2008. – 320 с.

15. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорей, В. Щербань. – Тернопіль: вид-во «Підручники і посібники», 2001. – 984 с.

16. Александров С. Н. Энергозбережение в животноводстве / С. Н. Александров // Энергосбережение: Специализированный журнал. – 2009. – № 11. – С.28-30.

17. Брагінець А. М. Сучасні енергозаощаджуючі технології приготування та роздавання кормів / А. М. Брагінець, С. М. Брагінець // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип.10, т. 5. – С.18-27.

18. Єрмаков О. Ю. Інновації енергозбереження у сільському господарстві / О. Ю. Єрмаков // Вісник аграрної науки Причорномор'я / МДАУ. – Миколаїв, 2008. – Вип. 4 (47). – С.26-32.

19. Серий І. С. Енергозбереження – найактуальніша задача сучасного сільськогосподарського виробництва / І.С. Серий, О. В. Полудненко, Є.М. Серая // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2008. – Вип. 8, т. 1. – С.111-114.

20. Хоменко Ю. І. Енергоефективність в агропромисловому комплексі / Ю. І. Хоменко // Энергосбережение: всеук-

раинский научно-технический журнал. – 2010. – № 10. – С. 4-6.

21. Шацький В.В. Резерви енергозбереження при виробництві продукції тваринництва / В.В. Шацький, С.М. Коломієць // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 2. – С.185-190.

22. Зеркалов Д.В. Енергозбереження в Україні. Книга друга: Організація використання енергоресурсів. Довідник / Д.В. Зеркалов. – К.: Основа, 2009.

23. Болтянский Б.В. Перспективные позиционные выгрузки консервированных кормов из траншейных хранилищ / Б.В. Болтянский // Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК». – Ставрополь: Агрус, 2013. – С.14-19.

24. Болтянський Б.В. Термомодернізація виробничих приміщень – основний резерв енергозбереження в тваринництві / Б.В.Болтянський // Збірник тез наукових робіт II Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха: Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», 2013. – С.10-12.

25. Болтянський Б.В. Впровадження енергозберігаючих технологій при будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств в Україні / Б.В. Болтянський // Науковий вісник ТДАТУ. Вип. 4, том 1. Мелітополь, ТДАТУ, 2014. – С.10-15.

26. Болтянський Б.В. Шляхи зниження витрат енергії на нагрівання води при доїнні корів / Б.В. Болтянський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко. Вип. 156, 2015. – С.641-648.

27. Болтянський Б.В. Методологічна база обґрунтування технологічного процесу та обладнання для приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств / Б.В. Болтянський, О.В. Гвоздев, Р.О. Бакарджиєв // Науковий вісник ТДАТУ. Вип.6. – т.3. – Мелітополь, 2016. – С.73-79

28. Підвищення ефективності технологічного процесу комбікормового виробництва шляхом застосування гравітаційної сепарації зерна / Б. Болтянський, О. Гвоздєв, А. Парієв, В. Дмитрів, Р. Городняк // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження №20. – Львів, ЛНАУ, 2016. – С.129-139.

29. Скляр О.Г. Підвищення ефективності використання технічних засобів комбікормового виробництва методом системного підходу / О.Г. Скляр, Б.В. Болтянський, О.В. Гвоздєв // Праці ТДАТУ. Вип. 16, том 2. Мелітополь, ТДАТУ, 2016. – С.92-98.

30. Тарасенко В.В. Використання енергозберігаючого обладнання для вологотеплової і термічної обробки концентрованих кормів / В.В. Тарасенко, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза // Праці ТДАТУ. Вип. 16, том 2. Мелітополь, ТДАТУ, 2016. – С.125-131.

31. Болтянська Л.О. Напрями підвищення економічної ефективності виробництва продукції в галузі тваринництва / Л.О. Болтянська, Б.В. Болтянський // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» в рамках III Міжнародної спеціалізованої виставки «Київський технічний ярмарок – 2016», Київ – НБіП, 2016. – С.19-21.

32. Парієв Андрей. Экспериментальные исследования разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом / Андрей Парієв, Борис Болтянский, Олег Дробышев, Татьяна Коротченко // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 2016. Vol.18. No.1. 37-42.

33. Болтянський Б.В. Прогресивні технології як основа мінімізації сукупних витрат енергії в тваринництві / Б.В. Болтянський // Матеріали IV-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». – Глеваха, 2016. – С.16-18.

34. Машины, обладнання та їх використання в тваринництві. Підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська, Д.О.

Мілько, Б.В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019 – 608 с.

35. Машиновикористання техніки в тваринництві. Навчальний посібник для виконання лабораторних робіт / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза. – Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2019. – 180 с.

36. Машиновикористання техніки в тваринництві. Курс лекцій (частина 2) / Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза. – Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2019. – 160 с.

37. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції. Посібник-практикум для виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» спеціальності 208 – «Агроінженерія» / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза, С.М. Григоренко. – Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 303 с.

38. Бізнес ідея – перепелина ферма! Від ідеї до власної справи: Навчальний посібник / А.С. Коноваленко, Л.О. Болтянська, Д.М. Трачова та ін. – Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2017. – 278 с.

39. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry / Alexander Skliar, Boris Boltianskyi, Natalia Boltianska, Denis Demyanenko. - Modern Development Paths of Agricultural Production. - Springer Nature Switzerland AG, 2019. – С.249-259.

40. Кузьміна Т.М. Тенденції вдосконалення обладнання для роздачі кормів відлученим порослятам / Т.М. Кузьміна, А.А. Парієв, Б.В. Болтянський // Праці ТДАТУ. Вип. 18, том 2. Технічні науки. – Мелітополь, ТДАТУ, 2018. – С.180-190.

41. Досвід кафедри ТСТТ з вирощування перепелів / Б.В. Болтянський, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза, С.М. Григоренко, А.С. Комар // Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №4. – Київ, 2018. – С.38-45.

42. Болтянський Б.В. Розведення перепелів – родинний бізнес / Б.В. Болтянський, Л.О. Болтянська, А.С. Комар // Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №5. – Київ, 2018. – С.37-43.

43. Дереза О.О. Використання стічних вод тваринницьких підприємств для зрошення кормових культур / О.О. Дереза, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза // Матеріали VI Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». – м. Глеваха, 2017 р. – С.26-29.

44. Скляр О.Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник/ О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 380 с.

45. Скляр О.Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – Мелітополь: КолорПринт, 2012. – 720 с.

46. Болтянська Н.І. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. – Vol.18. No.1. – 49-54.

47. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування / Н.І. Болтянська // Інженерія природокористування. – 2018. №1(9). – С.57-61.

48. Болтянська Н.І. Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – Вип. 16. Т.2, 2016. – С.153-159.

49. Болтянська Н.І. Створення оптимальних параметрів мікроклімату в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв в галузі свинарства / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали XX Міжн. наук. конф. Миколаївський національний аграрний університет. – Миколаїв, 2019. – С.177-179.

50. Болтянська Н.І. Модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві / Н.І. Болтянська // Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. НУБіП, – Вип. 10. № 1. Київ. 2019. – С.97-105.

51. Болтянська Н.І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві / Н.І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип.6. Т.1. – С.55-64.

52. Болтянська Н.І. Щодо оцінки потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання. – Мелітополь, 2016. – Вип. 6, т. 1. – С.50-55.

53. Болтянська Н.І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н.І.Болтянська // Вісник Сумського НАУ, Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С.118-121.

54. Болтянська Н.І. Впровадження інфрачервоного опалення, як спосіб рішення проблеми ефективного обігріву на свинарських фермах / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. Т. 6. – С.166-171.

55. Болтянська Н.І. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Зб. тез доп. II Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» – НУБіП, 2015. – С.54-55.

56. Болтянська Н.І. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві / Н.І. Болтянська, А.С. Комар // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму, ТДАТУ. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. – Частина 1. – С.36-39.

57. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування / Н.І. Болтянська // Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування. Серія «Техніка та енергетика АПК» - К., 2014. – Вип.196, ч.1. – С.239-245.

58. Болтянская Н.И. Снижение расхода энергоресурсов при производстве свинины / Н.И. Болтянская // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: мат. Международной научно-технической конференции. – Минск, 2019. – С.74-77.

59. Болтянская Н.И. Использование электроэнергии в процессах производства продукции отрасли животноводства / Н.И. Болтянская, О.В. Болтянский // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: мат. Международной научно-технической конференции. – Минск, 2019. – С.71-74.

60. Болтянська Н.І. Формування моделі механізму застосування технологій ресурсозбереження на молочнотоварних фермах / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових праць. – Ніжин, 2019. – Випуск №12 – С.26-32.

61. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака; за ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ. – 2007.

62. Дудюк Д.Л. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: навч. посіб. / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин – Львів: Магнолія. – 2008.

63. Джеджула В.В. Альтернативні джерела енергозабезпечення фермерських господарств / В.В. Джеджула, Л.Л. Демченко // Індивідуальний житловий будинок. Книга за матеріалами третьої республіканської науково-технічної конференції. – Вінниця. – 2001. – С.137-141.

64. Тарасенко М.Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Відновлювані джерела енергії». Методичні

вказівки / М.Г. Тарасенко, В.І. Гетманюк – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2012. – 93 с.

65. Возобновляемые источники энергии: монография / С.П. Кундас, С.С. Позняк, Л.В. Шенец; МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 315 с.

66. Грачева Л.И. Повышение эффективности использования нетрадиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны / Л.И. Грачева, Н.В. Брагинец, А.Н. Брагинец, С.Н. Брагинец. – Луганск: Элтон, 2008. – 652 с.

67. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. Підручник – 2-е видання / В.А. Маляренко. – Х.: Видавництво САГА, 2010. – 484 с.

68. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы / Н.М. Мхитарян. – К.: «Наукова думка», 1999. – 320 с.

69. Відновні джерела енергії // Інженерна екологія. Аспекти енергозбереження: навч. посібник. / В.В. Снітинський [та ін.]; за ред. Д.Б. Дончака. – Львів : Априорі. – 2008.

70. Болтянський Б.В. Перспективи та доцільність використання нетрадиційних джерел енергії в тваринництві / Б.В. Болтянський // Науковий вісник ТДАТУ. Вип. 4, том 1. Мелітополь, ТДАТУ, 2014. – С.69-75.

71. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. / Н.В. Харченко – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

72. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона сьогодні Україні? [Електронний ресурс] / В.А. Скришевський – Режим доступу:http://ienergy.com.ua/solar_ukrainian_need.html.

73. Гальчак В.П. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця / В.П. Гальчак, В.М. Боярчук. – Львів: вид. ЛНАУ, 2008. – 135 с.

74. Харченко И.В. Индивидуальные солнечные установки / И.В. Харченко. – М.: «Энергоиздат», 1991. – 208 с.

75. Мхитарян Н.М. Гелиоэнергетика / Н.М. Мхитарян. – К.: «Наукова думка», 2002. – 318 с.

76. Розробка експериментального стенда для дослідження ефективності застосування пристроїв, які слідкують за сонцем / В. Боярчук, В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Гальчак, Б. Болтянський // Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. – №17, 2013. – С.286-293.

77. Шершенівський О.С. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів геліосушарки / О.С. Шершенівський // Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2017 року «Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів». Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – Випуск V. – С.158-161.

78. Кінаш Р. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси України. / Р. Кінаш, О. Бурнаєв. – Львів: вид-во науково-технічної літератури, 1998. – 1152 с.

79. Твайдел Д. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайдел, А. Уэйлер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

80. Тітко Р. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України) / Р. Тітко, В. Калініченко. – Варшава: OWG, 2010. – 533 с.

81. Ратушняк Г.С. Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів / Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула // Вісник ВПІ. – 2006. – № 2. – С.26-31.

82. Сербін В.А. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії в системах ТГВ: навч. посібник / В.А. Сербін – Макіївка, ДонДАБА, 2003. – 153 с.

83. Панцхава Е.С. Биоэнергетические установки по конверсии органических отходов в топливо и органические удобрения / Е.С. Панцхава, Н.Л. Кошкин // Теплоэнергетика. – 1993. – № 4. – С.20-23.

84. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие / В.Г. Лабейш – СПб.: СЗТУ, 2003. – 79 с.

85. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Г.Г. Гелетуца, Т.А. Железна, Н.М.

Жовмир, Ю.Б. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 2005. – №1. – С.78-85.

86. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В. О. Дубровін та інш.– К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 137с.

87. ТУ «Біогаз метантенків». ТУУ–204. 14069366–13–97.

88. Перспективи розвитку технічних засобів біоенергоконверсії / М.К. Лінник, Г.А. Голуб, В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук // Вісник аграрної науки. – 2006. – №5. – С.46-50.

89. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Офіц. текст зі змінами станом на 20.06.2007 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1264-12>.

90. Закон України «Про державну підтримку сільського господарства України». Офіц. текст зі змінами станом на 16.12.2006 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1877-15>

91. Ратушняк Г.С. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату. Монографія / Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. – 117 с.

92. Мовсесов Г.Е. Биогазовые установки для переработки органических отходов фермерских хозяйств / Г.Е. Мовсесов // Сотрудничество для решения проблем отходов. – Х.: ЭкоИнформ, 2007. – С.176-179.

93. Веденев А.Г. Строительство биогазовых установок. Краткое руководство / А.Г. Веденев, А.Н. Маслов. – Бишкек: «Евро», 2006. – 28 с.

94. Скляр О.Г. Обґрунтування схеми біогазової установки для господарств України / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10. Т.5, – С.36-44.

95. Скляр О.Г. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. Т.3, – С.110-118.

96. Скляр О.Г. Аналіз існуючих багатосарових захисних конструкцій біогазових установок / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Науковий вісник ТДАТУ.– Мелітополь, 2014. – Вип.4. Т.1, – С.88-94.

97. Skliar A. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant / A. Skliar, R. Skliar // MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa. – Lublin, 2014 – Vol.16. No2, b. –P.183-188.

98. Болтянський Б.В. Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною) / Б.В. Болтянський // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, том 3. – С.182-188.

99. Скляр А.Г. Анализ показателей для контроля биологического процесса анаэробного разложения / А.Г. Скляр, Р.В. Скляр // MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015/ Vol.17. No.9, b.-P.65-70.

100. Boltyansky V. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms / V. Boltyansky, O. Boltyansky, N. Boltyanska // ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. – Vol.16. No.2.– 49-54.

101. Використання відходів тваринництва та птахівництва / С.І. Мовчан, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза // Тези міжнародного науково-практичного форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції». м. Мелітополь. – С.61-65.

102. Способи утилізації відходів тваринництва і птахівництва / О.О. Дереза, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза // Тези міжнародного науково-практичного форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції». м. Мелітополь. – С.214-218.

103. Біогазова установка: пат. України № 123934: МПК C02F 11/04 / Д.О. Мілько, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, С.М. Григоренко - № 201710282 заявл. 24.10.2017 опубл. 12.03.2018, Бюл. №5.

104. Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2019. – С.132-138.

105. Скляр О.Г. Аналіз роботи насосів, що використовуються в біогазових установках / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ», Глеваха, 2019. – С.139-145.

106. Скляр О.Г. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. Наукових праць. Випуск №12 / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.]. – Ніжин. – С.298-304.

107. Скляр О.Г. Біотехнологія анаеробного метанового зброджування / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку». Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ. 2019. – С.61-63.

108. Скляр Р.В. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Д.О. Мілько // Науковий вісник ТДАТУ. – Вип.8. Т.2. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018.

109. Офіційний сайт Viessmann [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.viessmann.ru>.

110. Ткаченко С.Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання: монографія / С.Й. Ткаченко, О.П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176 с.

111. Теплові насоси Thermia [Електронний ресурс] / Компанія РомБудТрейд. URL: http://teplo.lviv.ua/component/option,com_frontpage/Itemid,1/.

112. Тепловые насосы [Електронний ресурс] / Компанія «GMAR». URL: <http://www.g-mar.ru/Statyi6.htm>.

113. Гончар М.І. Оцінка економічного заходу комбінованої системи енергопостачання / М.І. Гончар, С.М. Дудніков // Енергетика та електрифікація. – 2007. – №3. – С.74-78.

114. Hybrid system of power supply with application of wind and solar energy / Serhii Syrotiuk, Valerii Syrotiuk, Boris Boltianskyi. – ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2017, Vol. 17, No. 4, 37-44.

Навчальне видання

**Болтянський Б.В.
Скляр О.Г.
Скляр Р.В.
Болтянська Н.І.
Дереза С.В.**

Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві

Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти

Керівник видавничих проектів:
Друкується в авторській редакції

Підписано до друку
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman/
Умовн. друк. аркушів –
Обл.-вид. аркушів –
Тираж 300 прим.

ТОВ «Видавничий дім «КОНДОР»
Свідоцтво серія
03067, м. Київ, вул. Гартмана, 29/31
тел./факс (044) 408-76-17, 408-76-25
www.condor-books.com.ua