



УДК 621.31(045)

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-4-18

**АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ**

**Возняк Олександр Миколайович**, к.н.т., доцент  
**Штуць Андрій Анатолійович**, асистент  
**Наавгуст Олександр Петрович**, магістр  
Вінницький національний аграрний університет

**Alexander Wozniak**, Ph.D., Associate Professor  
**Andrei Shtuts**, Assistant  
**Alexandr Naavhust**, Undergraduate  
Vinnytsia National Agrarian University

*Основним завданням енергетичної стратегії України до 2030 р. є приведення електроенергетичного комплексу країни у стан відповідності міжнародним вимогам до економічності та надійності енергопостачання, що потребує удосконалення нормативно-правової бази електроенергетики України.*

*Впровадження міжнародних стандартів як національних стандартів України зніме багато спірних питань в процесі модернізації об'єктів енергетики, сприятиме просуванню вітчизняного енергетичного обладнання на західний ринок, створенню умов для паралельної роботи енергосистеми України з енергооб'єднаннями країн Європи, підвищенню якості роботи енергосистеми. Але оновлення нормативної бази галузі потребує значного часу та коштів, тому необхідна правильна організація цього процесу з метою підвищення технічної та економічної ефективності (ЕЕ) енергетики в мінімальні строки з мінімальними затратами. Одним з методів вирішення цього завдання є комплексна стандартизація (КС), методичні основи якої закладені ще за радянських часів, але вже застаріли у зв'язку зі зміною економічних умов та основних критеріїв оцінювання ефективності енергооб'єктів, особливо їх впливу на людину та довкілля. Тому необхідно розробити новий підхід до КС в сфері електроенергетики в сучасних умовах, зокрема, розробити модель КС, методики, класифікацію завдань та визначити пріоритетність напрямів стандартизації в галузі електроенергетики.*

*Стандартизація в електроенергетиці має охоплювати всі основні напрями розвитку галузі і сприяти створенню умов безпечної експлуатації об'єктів електроенергетики, забезпеченню раціонального споживання енергоресурсів, підвищенню технічного рівня та екологічної безпечності енергооб'єктів, забезпеченню надійного та ефективного функціонування об'єднаної енергетичної системи України. Тому розроблення моделі КС повинно базуватись на структурній моделі електроенергетики, що відповідає реальним умовам галузі. Для забезпечення економічності КС необхідно розробити нову методологію оцінювання ЕЕ розроблення та впровадження стандартів на енергетичне обладнання в ринкових умовах, а також методичні підходи до економічної оптимізації послідовності впровадження стандартів.*

*Таким чином, розробка науково-методичних засад удосконалення системи нормативних документів електроенергетики України є актуальним і важливим завданням, вирішення якого сприятиме ефективному оновленню нормативної бази галузі.*

**Ключові слова:** комплексна стандартизація, енергетична стратегія, електроенергія, енергетична незалежність держави.

**Рис. 3. Літ. 11.**

---

**1. Вступ**

Початок ХХІ століття характеризується глибокими трансформаціями уявлень світової спільноти про найбільш ефективні та раціональні джерела енергетичних ресурсів. Наразі людство вже підійшло до порогу, за яким починає працювати фактор вичерпання первинних ресурсів, і в першу чергу, нафти та природного газу. Цей процес відбувається на фоні значного підвищення попиту на ці енергоносії, що призвело до лавиноподібного зростання світових цін на нафту та газ. За таких умов повинна відбуватися і відбувається зміна конкурентноспроможного складу енергетичних технологій і структури вживаних енергоресурсів, зміна джерел енергії та витіснення технологій виробництва електроенергії і тепла на основі вуглеводнів іншими технологіями, що використовують вугілля, уран та відновлювані енергоресурси.



Окрім цього, значне зростання цін на енергоресурси обумовлює нову хвилю потужного процесу їх ощадливого використання, що спостерігається в переважній більшості країн світу, і перш за все, в промислово розвинених країнах.

Енергозбереження та підвищення ефективності використання енергоресурсів стали наріжними каменями енергетичної політики цих країн. Для діяльності у сфері енергозбереження характерна висока економічна ефективність. Ще наприкінці минулого століття витрати на тонну умовного палива, отриману за рахунок енергозбереження, були в декілька разів менші за витрати на її видобуток чи закупівлю. В останні роки у зв'язку зі значним зростанням цін на енергоресурси зазначена тенденція явно посилилась.

Для України переваги енергозбереження набувають особливого значення у зв'язку з низкою додаткових факторів. Україна є енергодефіцитною країною, яка свої потреби в первинних енергоресурсах задовольняє за рахунок їх власного виробництва лише на 45%. В її паливно-енергетичному балансі домінує природний газ, його частка становить 41%, що значно перевищує відповідні показники таких країн, як США та Велика Британія, які, на відміну від України, мають значні поклади і обсяги власного видобутку природного газу.

Україна займає одне з перших місць у світі за обсягами імпорту природного газу (понад 56 млрд. куб. м.), який здійснюється з території однієї країни. Все це разом взяте створює загрозу енергетичній і національній безпеці України.

Основний показник ефективності використання енергетичних ресурсів, а саме, енергоємність валового внутрішнього продукту в Україні значно вищий, ніж у промислово розвинених країнах. Це є наслідком значної технологічної відсталості, недосконалої галузевої структури вітчизняної економіки та впливу її «тіньового» сектору. Така ситуація об'єктивно обмежує конкурентоспроможність національного виробництва і лягає важким тягарем на економіку, що посилюється умовами її зовнішньої енергетичної залежності.

На відміну від країн Заходу, де енергозбереження є елементом економічної та екологічної доцільності, для України це – питання виживання, оскільки з нинішніми показниками енергоефективності ми не зможемо в майбутньому достойно ввійти в співтовариство європейських країн.

Проблема неефективного, нераціонального споживання палива та енергії має вкрай негативні соціальні наслідки: значна частина міського населення України забезпечується водопостачанням нерегулярно, звичним явищем у регіонах стали відключення від електропостачання, якість теплопостачання, як правило, не відповідає встановленим вимогам, поступово руйнується інфраструктура паливно-енергетичного комплексу та комунальних підприємств водо- і теплопостачання, що останнім часом вже призводить до техногенних катастроф.

Енергозбереження має суттєвий вплив на енергетичну безпеку держави, оскільки неефективне споживання паливно-енергетичних ресурсів вимагає великих обсягів (понад 50%) їх імпорту, що обумовлює значну залежність від країн-експортерів. Разом із тим потенціал енергозбереження в Україні сягає показників, що співставні із загальними обсягами споживання паливно-енергетичних ресурсів. Його реалізація дозволить здебільшого зняти гостроту проблеми зовнішньої енергетичної залежності.

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. В цілому тут фокусуються проблеми як ефективності власне паливно-енергетичного комплексу, так і здатності останнього забезпечити ресурсами належне функціонування національної економіки.

Низька енергоефективність стала одним із чинників кризових явищ в українській економіці. Дійсно, у структурі витрат на виробництво промислової продукції в першій половині 90-х рр. майже втричі зросла вартісна складова енергоресурсів у матеріальних витратах на цю продукцію, сягнувши 42% їх загального обсягу.

Першопричиною цих явищ стало істотне зростання вартості імпортованих енергоресурсів упродовж означеного періоду. Як результат, складова витрат на енергоресурси у структурі ціни промислової продукції протягом 1990-1997 рр. зросла у межах 6,2-18,9%, а рентабельність, навпаки, зменшилась від 16,8% до свого мінімального значення у 1997 році – 5,7% і лише в наступні роки почала зростати.

Низька рентабельність стала, в свою чергу, однією з причин вимивання обігових коштів з економіки. Таким чином, низька енергоефективність виявилась водночас і однією з основних причин кризових явищ у національній економіці, і їх наслідком.

Основними стратегічними напрямками підвищення енергетичної ефективності та реалізації потенціалу енергозбереження є технологічна та структурна перебудова економіки і соціальної сфери країни, створення економічних, адміністративних і нормативно-правових механізмів, що забезпечують зростання енергоефективності та обсягів енергозбереження.

Дослідження показали, що серед зазначених напрямів провідну роль відіграє технологічна перебудова економіки та соціальної сфери країни. За умови досягнення показників енергетичної ефективності, що характерні для промислово розвинених країн, обсяги заощадження енергоресурсів в



Україні за рахунок технологічного фактору можуть становити сотні мільйонів тонн умовного палива.

## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Критичний аналіз нормативних документів (НД) показав, що сьогодні на міжнародному рівні в електроенергетиці чинними є більше трьох тисяч стандартів, а в Україні - біля тисячі стандартів різного рівня, але вони не охоплюють всі аспекти функціонування сучасної енергетики, понад 60 % з них є морально застарілими. Під час реконструкції наявних та спорудження нових енергооб'єктів застосовується, здебільшого, сучасне імпортне обладнання, яке не сертифіковане в Україні через неузгодженість вітчизняних стандартів. Це створює труднощі під час узгодження проектів з державними органами щодо будівельних норм та правил, вимог до показників енергоефективності, вимог безпеки тощо. Також в Україні відсутні стандарти стосовно функціонування енергоринку. Тому необхідним є оновлення масиву НД галузі, для здійснення якого треба розробити відповідні науково-методичні засади удосконалення системи цих документів.

Технологічна перебудова економіки країни в цілому, її окремих галузей та підприємств передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску енергетично неефективної продукції і впровадження новітніх технологій, обладнання, облікових приладів та систем.

У зв'язку з цим в Комплексній програмі основна увага приділяється науково-технічним основам створення і впровадження прогресивного технологічного устаткування, процесів та систем, що забезпечують технологічну перебудову і основні обсяги енергозбереження в базових галузях економіки і соціальной сфері України. За своєю суттю енергозбереження по технологічному фактору розділяється на галузеве та міжгалузеве. Оцінку потенціалу та досяжних рівнів галузевого енергозбереження доцільно провести за наступними основними напрямками:

- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- впровадження нового енергоекономічного обладнання;
- удосконалення існуючих технологій;
- удосконалення енерговикористовуючого обладнання;
- підвищення якості продукції, вдосконалення сировини та матеріалів;
- заміщення і вибір найбільш ефективних енергоносіїв;
- зменшення втрат сировини та матеріалів;
- скорочення втрат енергоресурсів;
- організаційно-технічні заходи.

Міжгалузеве енергозбереження з огляду на технологічний фактор є одним із найбільш ефективних і масштабних напрямів енергозбереження, що може суттєво впливати на рівні енергоспоживання. До основних міжгалузевих заходів відносяться:

- використання сучасних ефективних систем обліку та контролю за витратами енергоресурсів;
- використання вторинних енергетичних ресурсів;
- впровадження автоматизованих систем керування енергоспоживанням;
- використання економічних систем і приладів електроосвітлення;
- впровадження сучасних систем і засобів силової електроніки;
- вдосконалення систем теплопостачання;
- вдосконалення структури парку електроприладів у галузях та їх метрологічного забезпечення.

У відповідності з викладеним в межах даної Комплексної програми заплановано проведення наступних досліджень:

- наукові основи та методологія визначення потенціалів, економічно доцільних обсягів енергозбереження та показників енергетичної ефективності на макроекономічному, галузевому і технологічному рівнях;
- науково-технічні основи та заходи зі створення і реалізації інформатизаційних технологій обліку виробництва, транспортування і споживання енергоресурсів;
- науково-технічні основи і заходи зі створення та впровадження систем і приладів електроосвітлення, силової електроніки, вдосконалення систем тепло-забезпечення;
- прогресивні технології і енергозберігаючі заходи в металургії, металообробці, будівництві, електрозварюванні та в споріднених процесах;
- науково-технічні основи та енергозберігаючі заходи у виробництві, транспортуванні і використанні електричної і теплової енергії;
- прогресивні технології та енергозберігаючі заходи у видобутку та збагаченні вугілля;
- енергозберігаючі технології та заходи у видобутку, транспортуванні та споживанні нафти і природного газу;



– енергозберігаючі технології і заходи в житлово-комунальному господарстві та на транспорті.

Дослідження і впровадження прогресивних енергозберігаючих технологій дають можливість реалізувати великі обсяги заощадження енергоресурсів в Україні і підвищити показники енергоефективності до рівнів провідних країн світу.

---

### 3. Мета дослідження

---

Метою роботи є розроблення науково-методичних основ удосконалення системи нормативних документів в галузі електроенергетики України та метрологічного забезпечення технічних основ визначення оптимальних енергетичних параметрів.

---

### 4. Методика досліджень

---

Законодавчо-нормативна база функціонування ринку електроенергії в Україні. Основні правові та організаційні засади, які визначають загальні умови функціонування діючої моделі ОРЕ визначені Конституцією України, Законом України „Про електроенергетику” (із змінами і доповненнями), Рішенням Конституційного Суду України від 12 лютого 2002 р. N 3-рп/2002 (справа про електроенергетику), нормативними актами Президента України, Кабінету Міністрів України, Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ).

Відповідно до подальшого розвитку ОРЕ, визначеного Концепцією функціонування та розвитку ОРЕ, необхідно вдосконалити нормативно-правову базу функціонування електроенергетики та відносин на ринку. Необхідно розробити та прийняти низку змін до законів, зокрема до законів «Про електроенергетику», «Про природні монополії», «Про оподаткування прибутку підприємств», «Про податок на додану вартість», а також бюджетного, фінансового, митного законодавства та законодавства у сфері державного регулювання електроенергетики. Для забезпечення реалізації напрямів подальшого розвитку ОРЕ та завдань Концепції виникає також потреба прийняття нових або зміни існуючих підзаконних нормативно-правових актів в електроенергетиці.

Зокрема, нормативно-законодавчого закріплення вимагають: затвердження нових правил функціонування оптового ринку електричної енергії; зміни у ціно- та тарифоутворенні на ОРЕ; удосконалення порядку ліцензування; зміни в організаційній структурі ОРЕ; заходи щодо вирішення проблеми боргів та забезпечення повної поточної оплати; зміни режиму оподаткування; затвердження Кодексу електричних (магістральних і розподільних) мереж; впровадження правил та вимог до комерційного обліку електроенергії, моніторингу ринку двосторонніх договорів і балансуючого ринку; розробка правил функціонування ринку допоміжних послуг; впровадження порядку митного оформлення й вирішення інших питань, пов'язаних з експортом, імпортом та транзитом електроенергії та ін. Першочергові завдання та заходи функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України. З метою активізації впровадження положень діючої Концепції необхідно реалізувати наступні першочергові завдання та заходи:

- обмежити втручання Мінпаливноенерго в діяльність Ради Енергоринку, зосередивши увагу виключно на стратегічних напрямках розвитку галузі;

- розпочати новий етап приватизації в галузі, передбачивши запровадження індивідуального підходу, на засадах чітко продуманої і прозорої політики із залученням стратегічних інвесторів та забезпеченням державних інтересів (кошти від приватизації, в першу чергу, мають бути спрямовані на оновлення основних фондів галузі, а не на наповнення бюджету);

- розробити та впровадити нові механізми інвестиційної діяльності в електроенергетичній галузі з урахуванням приватизації об'єктів, специфіки регулювання цін та тарифів, особливостей функціонування ОРЕ, а також орієнтації на підхід, за яким інвестиційна складова тарифу використовується цілеспрямовано як джерело окупності інвестиційних проектів;

- сформувати нормативно-правову базу функціонування ОРЕ згідно Плану заходів щодо реалізації положень Концепції (№1056-р від 28 листопада 2007 р.);

- започаткувати укладення прямих договорів між учасниками енергоринку згідно з новими правилами ОРЕ;

- забезпечити вдосконалення процесів тарифоутворення та підвищення рівня їх методичного забезпечення;

- запровадити дієвий механізм позбавлення ліцензій суб'єктів господарювання, які порушують умови і правила підприємницької діяльності у сфері електроенергетики;

- забезпечити незалежність НКРЕ у прийнятті рішень у межах її повноважень, конкретизувати її повноваження щодо регулювання діяльності договірних об'єднань суб'єктів електроенергетики;



- запровадити для суб'єктів природних монополій та інших учасників енергоринку стимулюючі заходи до зниження власних витрат при виробництві, розподілі та постачанні електричної та теплової енергії споживачам;
- прискорити завершення впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії на всьому технологічному ланцюгу – від виробництва електроенергії до її споживання кінцевим споживачем;
- впровадити заходи з формування ефективних паливних ринків вугілля і природного газу;
- впровадити ефективні фінансові механізми для створення сезонних запасів палива на теплових електростанціях;
- впровадити додаткові заходи для досягнення світового рівня ядерної та радіаційної безпеки, враховуючи вимоги Конвенції про ядерну безпеку;
- розробити чітку стратегію та поетапну програму дій щодо розвитку міжнародного співробітництва на європейському та країн СНД ринку електричної енергії, зокрема щодо забезпечення фінансування заходів на приведення енергосистеми України у відповідність до стандартів UCTE, а також захисту прав українських виробників електричної енергії;
- реалізувати організаційні й технічні заходи з модернізації та підвищення надійності обладнання генерації і мереж для забезпечення відповідності енергосистеми України вимогам європейської енергосистеми UCTE.

Закон України про електроенергетику визначає правові, економічні та організаційні засади діяльності в електроенергетиці і регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, постачанням і використанням енергії, забезпеченням енергетичної безпеки України, конкуренцією та захистом прав споживачів і працівників галузі.

Проблеми запровадження нової моделі функціонування електроенергетичного ринку України Електроенергетика є базовою галуззю національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою сталого економічного розвитку, забезпечення енергетичної безпеки й енергетичної незалежності. В той же час, сьогодні можна констатувати, що електроенергетична галузь знаходиться в критичному стані. Багаторічне зволікання з реформуванням енергетичного сектору, низький рівень ефективності енерговиробництва та енергоспоживання, монопольне становище в певних секторах енерговиробництва та розподілу енергії, відсутність реальної диверсифікації джерел енергопостачання, суттєва зношеність основних виробничих фондів енергогенерації є основними причинами такого становища.

Таким чином, проведення кардинальних реформ в електроенергетичній галузі є вкрай актуальним та невідкладним заходом. Крім того, завдання реформування галузі обумовлена необхідністю адаптації національного законодавства до енергетичного законодавства ЄС та виконання зобов'язань в межах Договору про Енергетичне Співтовариство [1]. Один із ключових моментів реформування енергетичної галузі пов'язаний з впровадженням нової моделі функціонування ринку електроенергії та інтеграцією української енергосистеми в мережу європейських систем ENTSO-E. Реформа енергетики та забезпечення енергетичної незалежності входить до переліку основних цілей Стратегії сталого розвитку «Україна-2030» [2], Програми діяльності Кабінету Міністрів України [3] й основних реформ передбачених Коаліційною Угодою [4] та спрямована на формування державної політики, яка б надавала чіткі та прогнозовані орієнтири щодо структурного розвитку енергетичної галузі, в тому числі, електроенергетичного ринку.

Серед основних стратегічних завдань реформування ринку електроенергетики України слід виділити: перехід на єдині для всіх споживачів принципи ринкового ціноутворення; перехід до енергоефективного та енергоощадливого використання і споживання енергоресурсів із впровадженням інноваційних технологій, що дасть змогу скоротити енергоємність ВВП не менше як на 20 % протягом п'яти років; реорганізацію ринків енергії та імплементації європейського законодавства у сфері енергетики, відповідно до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, яке для електроенергетичного сектору полягає в тому числі і в відокремленні, відповідно до Третього енергетичного пакету, основних видів виробничої діяльності (генерації, транспортування електроенергії, її розподілу); здійснення нормативно-правових і технічних заходів щодо синхронізації енергетичної системи України з об'єднанням енергосистем країн ЄС ENTSO-E (термін до 2020 року); лібералізацію електроенергетичного ринку, шляхом переходу від моделі єдиного покупця до моделі прямих договорів між постачальниками і споживачами енергії та балансуєного ринку; поетапну ліквідацію перехресного субсидування і вирівнювання цін на природний газ та електричну енергію для всіх споживачів, включаючи населення, на економічно обґрунтованому рівні та одночасне здійснення переходу до адресних дотацій соціально-вразливим верствам населення, в тому числі, законодавчо запровадження мораторію на встановлення певних пільгових цін і тарифів для окремих галузей промисловості і споживачів; забезпечення прозорості енергетичних ринків та підвищення їх



ефективності, що включає гарантування на рівні закону незалежного статусу регулятора у сфері енергетики відповідно до вимог Третього енергетичного пакету з метою забезпечення належного рівня прозорості на монопольних ринках та ефективного нагляду за дотриманням конкуренції, яке включає, в тому числі, і законодавче відкриття структури тарифів на природний газ, електроенергію, теплову енергію і їх транспортування; удосконалення законодавства та регуляторного середовища щодо створення сприятливих умов для залучення інвестицій в енергетичний сектор та реконструкції існуючих об'єктів інфраструктури.

Відповідно Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного співтовариства [1] прийнятий графік імплементації *acquis communautaire*, який визначає необхідність відповідності ринку електроенергії наступним Директивам ЄС. Крім того, Розпорядженням Кабінету Міністрів України №346-р від 8 квітня 2015 року схвалюються розроблені Міністерством енергетики та вугільної промисловості України плани імплементації відповідних актів законодавства ЄС. Для імплементації включені наступні акти, які регулюють функціонування ринку електроенергії:

- директива 2003/54/ЄС про загальні правила функціонування внутрішнього ринку електроенергії - забезпечення з 01 січня 2015 року можливості вільного вибору постачальників електричної енергії всіма споживачами; забезпечення недискримінаційного доступу до мережі на основі тарифів; забезпечення прозорих ринкових механізмів купівлі-продажу електрики для забезпечення балансування;
- впровадження інституту гарантованих постачальників останньої інстанції;
- юридична та організаційна відокремленість розподільних підприємств;
- регламент № 1228/2003 стосовно умов доступу до мережі транскордонної передачі електроенергії (включає: впровадження правил для здійснення щоденного розподілу міждержавної пропускної спроможності);
- забезпечення можливості усім учасникам ринку, включаючи постачальників до тарифних споживачів, а також великих кваліфікованих споживачів та генерацій, приймати участь в аукціонах доступу до пропускної спроможності);
- рішення комісії 2006/770/ЄС, що вносить зміни в додаток до Регламенту № 1228/2003 стосовно умов доступу до мережі транскордонної передачі електроенергії;
- директива 2005/89/ЄС стосовно заходів для забезпечення безпеки інвестування до системи електропостачання та інфраструктури включає:
- встановлення мінімальних правил експлуатації та зобов'язань щодо надійності постачання електроенергії;
- запровадження для оператора передачі цілей по якості постачання та ефективності системної надійності; Запровадження звітування щодо експлуатаційної надійності мережі, прогнозного балансу на наступні 5 років, та інвестиційні наміри на такий період);
- директива 2001/80/ЄС стосовно встановлення граничного рівня викидів певних забруднювачів до атмосфери великими спалювальними установками;
- план імплементації Директиви 2001/77/ЄС стосовно сприяння використанню електроенергії, виробленої за допомогою відновлюваних джерел енергії, на внутрішньому ринку електроенергії.

Таким чином, для повномасштабного запровадження нової моделі ринку електричної енергії необхідно підготувати нормативну, організаційну, технічну та фінансову базу яка б включала:

- нормативні заходи (прийняття Закону України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України»;
- затвердження правил ринку електроенергії;
- затвердження правил ринку «на добу наперед»;
- затвердження Кодексу електричних мереж та Кодексу комерційного обліку електроенергії; затвердження типових форм договорів на ринку електричної енергії;
- внесення необхідних змін до нормативно-правових актів); організаційні заходи (створення/визначення особи, яка виконуватиме функції системного оператора; створення оператора ринку «на добу наперед» та отримання ним ліцензії;
- юридичне та організаційне відокремлення діяльності з постачання та розподілу електричної енергії;
- Визначення порядку набуття статусу гарантованих постачальників та фактичне започаткування їх діяльності);
- технічне забезпечення (забезпечення розробки та запровадження програмного й апаратного забезпечення роботи ринку електричної енергії України; апробація роботи на ринку електричної енергії в «тіньовому режимі»);



- фінансове врегулювання (розробка та прийняття Закону України щодо особливостей погашення заборгованості за електричну енергію, яка утворилася на нині діючому Оптовому Ринку Електроенергії;
- розробка та запровадження механізмів врегулювання заборгованості споживачів, яким встановлена екологічна броня;
- поступова ліквідація пільг для окремих непобутових споживачів;
- поступова ліквідація перехресного субсидування для населення.

Відповідно до Протоколу про приєднання до Договору про заснування Енергетичного співтовариства, імплементація вищезазначених Директив та Регламентів мала відбутися до 1 січня 2012 року. Наприкінці 2013 року був прийнятий Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії» [8-11], який встановлював нові терміни повномасштабного переходу до нової моделі ринку електроенергії з 01.07.2017 року та перехідного періоду з 01.01.2014 року.

Відповідно Закону нова модель ринку електроенергії передбачає створення наступних структурних одиниць:

- ринок двосторонніх договорів (на якому виробники можуть напряму продавати електроенергію за вільними договорами споживачам або постачальникам);
- ринок «на добу наперед» (прозорий та об'єктивний ринок купівлі-продажу на наступну добу);
- балансуєчий ринок (на якому купується та продається е/е, виробництво або споживання якої не було заплановано);
- ринок допоміжних послуг (для забезпечення надійності та якості електроенергії, регулювання частоти та підтримки балансу потужності).

Особливе значення в новій моделі ринку електроенергії набуває регулятор ринку. Не зважаючи на загальну практику країн ЄС щодо самостійного визначення функцій, компетенції та адміністративних повноважень регуляторів, положення Другого та Третього енергетичних пакетів визначають набір мінімальних компетенцій для регуляторів, які мають бути враховані на національному рівні, а саме: національний регулятори повинні бути повністю незалежними від інтересів електроенергетичної та газової промисловості; мати окремий юридичний статус та гарантовану фінансову незалежність від будь-якого державного чи приватного підприємства, окреме виділення бюджетних ресурсів та автономію їх використання для виконання своїх обов'язків.

Серед основних проблемних питань впровадження нової моделі ринку електроенергії слід назвати: Розробка та прийняття основних нормативно-законодавчих актів (вторинного законодавства) щодо імплементації Закону України «Про засади функціонування ринку електричної енергії», в тому числі внесення змін та доповнень до самого Закону та прийняття Закону «Про державне регулювання у сфері енергетики» щодо встановлення меж компетенцій та повноважень регулятора електроенергетичного ринку. Згідно плану перспективної законотворчої роботи Комітету ВРУ з питань ПЕК, ядерної політики та ядерної безпеки на 2021 рік в перелік основних законопроектів входять: внесення змін до Закону України «Про засади функціонування ринку електричної енергії» які стосуються приведення у відповідність до положень Третього енергетичного пакету ЄС щодо усунення обмежень конкуренції на ринку електроенергії (скасування положення стосовно створення Фонду врегулювання вартісного дисбалансу – компенсація витрат «зеленого тарифу» для ВДЕ та ТЕЦ за рахунок інших видів генерації (АЕС та ГЕС)) й вирішення проблеми ліквідації перехресного субсидування для споживачів усіх категорій; Про демонополізацію у сфері виробництва і реалізації електричної та теплової енергії; Щодо обов'язкового відокремлення видів діяльності в електроенергетиці; Щодо особливостей погашення заборгованості за електричну енергію яка утворилася на Оптовому ринку енергії України та деякі інші.

В цьому контексті слід зазначити, що на сьогоднішній день прийняття відповідної нормативно-законодавчої бази суттєво загальмоване. Неодноразове продовження надзвичайного стану в енергетиці країни та ручне керування галуззю дозволило пройти опалювальний сезон без суттєвих зривів, але, за своєю суттю, такий стан не може тривати довго, відтерміновуючи невідкладні заходи щодо створення дійсно ринкових (конкурентних) та прозорих умов її діяльності. Проблеми ціноутворення та ліквідації перехресного субсидування. Не зважаючи на задекларовані Коаліцією та Урядом цілі щодо ліквідації перехресного субсидування та переходу до ринкового ціноутворення, даний процес викликає значне незадоволення в суспільстві. Як показано в роботі «Всеукраїнської Енергетичної Асамблеї» [6-11], сформована стійка суспільна парадигма щодо доцільності низьких соціальних тарифів на енергоносії, яку необхідно змінити. Визначена НКРЕКП етапність підвищення тарифів для населення у 2018-2021 рр. (рис. 1) та здійснення заходів щодо адресних дотацій соціально-вразливим верствам населення безумовно сприяють подоланню сформованим соціальним тенденціям й можуть вважатися певними рішучими та непростими (з точки зору політичного іміджу партій Коаліції) кроками.

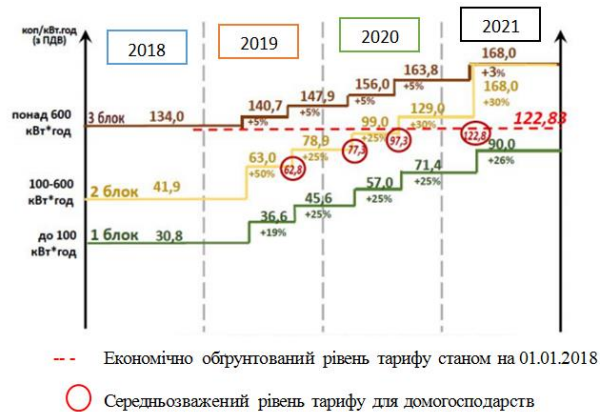


Рис. 1. Етапність підвищення тарифів на електроенергію для населення у 2018-2021 рр.

В той же час, не вирішеність питання економічного обґрунтування визначених тарифів, непрозорість їх формування, наявність значного тіньового обігу ПЕР (вугілля, природного газу, нафти та нафтопродуктів й електроенергії) є значними перешкодами на шляху до створення сучасних ефективних енергетичних ринків. Для подолання указаних явищ й підготовки наступного опалювального сезону (2015/2016 рр.) Указом Президента України №298/2015 від 28 травня 2015 року введено в дію Рішення РНБО від 6 травня 2015 року які, в тому числі, передбачають:

- затвердження КМУ фінансових планів на 2015 рік державних підприємств, що є суб'єктами природних монополій, та великих державних підприємств;
- визначення додаткових заходів щодо створення в Україні конкурентного диверсифікованого ринку вугілля, передбачивши впровадження біржової форми торгівлі вугіллям на електронних біржових майданчиках й усунення посередників при реалізації вугілля видобутого державними підприємствами;
- забезпечення вирішення питання встановлення додаткових платежів з метою накопичення вугілля на наступний опалювальний сезон;
- вжиття додаткових заходів щодо диверсифікації постачань ядерного палива;
- забезпечення щорічного затвердження КМУ прогнозних балансів виробництва та споживання основних енергоресурсів в Україні в тому числі і електроенергії, з урахуванням необхідності оптимального завантаження існуючих потужностей атомних, теплових та гідроелектростанцій;
- поліпшення стану розрахунків за спожиті енергоресурси, в тому числі, запровадження механізмів обмеження чи припинення постачання енергоносіїв ТЕС та ТЕЦ в разі значної заборгованості;
- підвищення прозорості здійснення господарської діяльності в енергетичній сфері державних енергопідприємств й забезпечення ефективної протидії корупції та боротьбі з організованою злочинністю в цій сфері;
- продовження приватизації об'єктів ПЕК, зокрема підприємств вугільної галузі, при забезпеченні відкритості та прозорості такої приватизації;
- вжиття заходів щодо оптимізації добових графіків споживання електроенергії, зокрема шляхом стимулювання споживачів до споживання електроенергії в нічний час;
- опрацювання питання щодо економічної доцільності реконструкції енергоблоків ТЕС та ТЕЦ, на яких використовуються антрацитні марки вугілля, для забезпечення застосування ними вугілля газових марок вітчизняного видобутку.

Необхідно навести і запропоновані НКРЕКП механізми пом'якшення фінансового навантаження на домогосподарства при підвищенні тарифів на електроенергію, а саме: – зниження нічного тарифу до 50 % від звичайного при двохзонному обліку (що також сприяє і вирівнюванню пікових навантажень (рис. 2);

– відтермінування зміни тарифів з 1 січня кожного року (2018-2021 рр.) до 1 квітня (збільшується світловий день та температура повітря, що, відповідно, зменшує електроенергоспоживання);

– передбачуваність та прозорість тарифів, що забезпечує певний горизонт для планування й прийняття відповідних запобіжних заходів;

– нова спрощена процедура отримання субсидій на комунальні послуги;

– збільшення інвестиційної привабливості галузі.

Проведений аналіз стану впровадження нової моделі функціонування ринку електричної енергії в Україні вказує на існування об'єктивних та суб'єктивних причин, які гальмують процес запровадження ринкових відносин в енергетичній сфері.



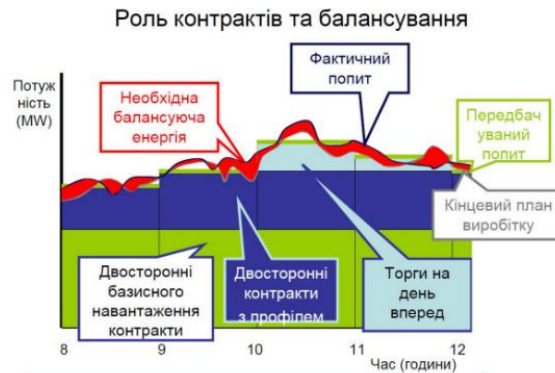


Рис. 2 Загальна схема функціонування нової моделі ринку електроенергії

Незважаючи на наявні труднощі з реалізацією нової моделі функціонування ринку електроенергії, взяті державою Україна зобов'язання щодо приєднання до Енергетичного Співтовариства виконання Угоди про асоціацію з ЄС й зобов'язання внутрішнього характеру (Коаліційна угода, Стратегія сталого розвитку «Україна 2030») повинні бути виконані в повному обсязі та у визначені терміни.

Для реалізації нової моделі на сьогоднішньому етапі потрібні скоординовані дії усіх гілок влади, в тому числі: остаточна підготовка та прийняття відповідної нормативно-законодавчої бази, яка принципово визначає умови функціонування нової моделі ринку електроенергетики та ринкові умови функціонування енергетики України взагалі. В першу чергу, це стосується змін до базового Закону «Про засади функціонування ринку електричної енергії» та прийняття Закону «Про державне регулювання у сфері енергетики» (згідно Рішення РНБОУ законопроект про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг повинен бути поданий для розгляду до ВРУ до 4 червня 2015 р.); підготовка та прийняття інших нормативних, організаційних, технічних й фінансових вторинних нормативно-правових актів впровадження нової моделі функціонування електроенергетичного ринку України у повній відповідності до графіків та планів імплементації взятих на себе зобов'язань; підготовка та прийняття відповідної методології тарифо- та ціноутворення в енергетичних ринках (в загальному плані визначений базовий тариф повинен компенсувати тільки нормативні витрати та мати реальну (розумну) інвестиційну складову); гарантування прозорості та інформаційної доступності основних складових тарифо- та ціноутворення, як і самого процесу забезпечення функціонування нової моделі енергоринку взагалі; розроблення та затвердження дорожньої карти ліквідації перехресного субсидіювання, куди повинні увійти як механізми визначення економічно обґрунтованої ціни на електроенергію, механізми надання адресної допомоги найбільш вразливим верствам населення, так і механізми стимулювання ефективного енергоспоживання (керування попитом).

Концептуальна модель системи енергетичної технічної. В результаті проведеного аналізу літературних джерел і стандартів було визначено, що для розроблення структурної моделі електроенергетики доцільно застосувати методологію функціонального моделювання предметної області на базі структурного системного аналізу, яку втілює концепція системи енергетичної технічної (СЕТ). Критичний аналіз основних положень концепції СЕТ згідно вимог міжнародних стандартів показав, що вона дає можливість розглядати галузь як систему в цілому, зв'язки її складових між собою та з іншими галузями народного господарства, а також вплив на довкілля, і тому її можна застосувати для розроблення структурної моделі електроенергетики.

Згідно з концепцією СЕТ техносфера поділяється на два сектори, економічним завданням одного з яких є забезпечення другого сектора енергією у техніко-економічному розумінні, на відміну від енергії у фізичному розумінні. Введені нові поняття: «енергопродукт» та «система енергетична технічна (СЕТ)». Енергопродукт розглядається як ринковий товар, який використовується, в основному, для виконання механічної роботи, виробництва теплової енергії або керування хімічними або фізичними процесами. До енергопродуктів належать тверде, рідинне, газоподібне паливо, водень, ядерне паливо, електрична та тепла енергія. СЕТ – це «сукупність обладнання й підприємств, що взаємодіють між собою для вироблення, споживання, а в багатьох випадках – і для перетворення, зберігання, транспортування чи розподілу енергопродукту». Базовою є концептуальна модель СЕТ згідно з ISO 13600 (рис. 3).

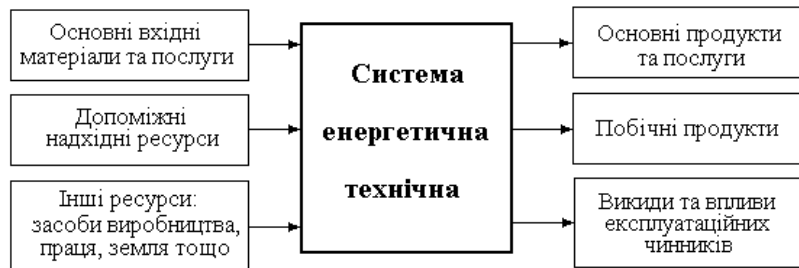


Рис. 3. Концептуальна модель “вхід-вихід” згідно з ISO 13600

Будь-який елемент СЕТ можна представити у вигляді функціонального модуля (ФМ) з відповідними входами та виходами. ФМ може бути частиною машини, машиною, цілим сектором економіки, країною чи групою країн. СЕТ може складатися з декількох елементарних ФМ, пов’язаних між собою потоками енергопродуктів. Визначено шість типів ФМ: системи вироблення, відновлювання, перетворення, транспортування, зберігання та споживання енергопродуктів. Порівняльний аналіз секторів і підсекторів згідно зі стандартами ISO 13600 та структури ПЕК України показав, що відповідно практиці, яка існує в Україні, сектор постачання енергопродуктів відповідає ПЕК і складається з підсекторів промисловостей вугілля та торфу, нафтової, нафтопереробної, газової та електроенергетики. Було з’ясовано, що треба дослідити доцільність застосування концепції СЕТ до системного вирішення завдань стандартизації в енергетиці, а саме удосконалити класифікацію завдань стандартизації та на її основі розробити універсальну модель КС в галузях ПЕК. З метою підвищення ефективності функціонування електроенергетики потрібно удосконалити систему НД галузі шляхом розроблення моделі КС в електроенергетиці, на її основі визначити перелік напрямів стандартизації в галузі та їх пріоритетність, для чого розробити спеціальний алгоритм.

## 6. Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведений аналіз наявних методів оцінювання ЕЕ стандартизації показав, що вони розроблялись в умовах планової економіки і не відповідають сьгоднішнім реаліям ринку, а також не враховують екологічні, а деякі – й соціальні наслідки від впровадження стандартів. Особливістю галузей ПЕК є те, що строк служби основного устаткування більше двадцяти років, протягом яких чинними залишаються відповідні НД. Тож треба враховувати вплив інфляції на вартість експлуатації та технічного обслуговування обладнання, а також невизначеності та ризики, зумовлені нестабільністю зовнішніх умов розвитку електроенергетики: коливання цін, часті зміни в законодавстві, несталий ринок, залежність від світових цін на енергоносії, неповнота і неточність інформації про стан справ на підприємствах, де передбачається впроваджувати стандарт тощо.

Отже, необхідно розробити методологічні підходи до оцінювання ЕЕ розроблення та впровадження стандартів на технологічне обладнання в енергетиці з урахуванням ринкових, соціальних та екологічних аспектів, розглядаючи стандарт як інвестиційний проект з усіма притаманними йому властивостями, а також розробити методики та алгоритми оптимізації послідовності впровадження цих стандартів, що дозволить визначити доцільність їх розроблення та впровадження.

## Список використаних джерел

1. Стаднік М. І., Видмиш А. А., Штуць А. А., Колісник М. А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навч. посіб. Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2020. 332 с.
2. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства. URL: [http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994\\_926&p=1283842403933260](http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_926&p=1283842403933260)
3. Річний огляд діяльності Держенергонагляду за 2016 рік. URL : <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245196539>
4. Річний огляд діяльності Держенергонагляду за 2016 рік. URL : <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245196539>
5. Мережі Укренерго. URL : <https://ua.energy/about/merezhi-ukrenergo/>
6. Кухарчук В. В. Елементи теорії контролю динамічних параметрів електричних машин. УНІВЕРСУМ. Вінниця. 1998. 125 с
7. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є., Жук І. А. Діагностування силових трансформаторів з використанням нечітких множин. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2005. № 1. С. 43–51.
8. Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 року.



9. Програми діяльності Кабінету Міністрів України.
10. Коаліційна Угода реформування енергетичного ринку.
11. Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії»

#### References

- [1] Stadnik, M.I., Vydmysh, A.A., Shtucz, A.A., Kolisnyk, M.A. (2020). *Intelektualni systemy v elektroenergetyци. Teoriya ta praktyka: navch. posib.* Vinnytsya: TOV "TVORY". [in Ukrainian].
- [2] Dogovir pro zasnuvannya Energetychnogo Spivtovaryystva. Rezhym dostupu: [http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994\\_926&p=1283842403933260](http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_926&p=1283842403933260) [in Ukrainian].
- [3] Richnyj oglyad diyalnosti Derzhenergonaglyadu za 2016 rik. Rezhym dostupu: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/do\\_cument?id=245196539](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/do_cument?id=245196539). [in Ukrainian].
- [4] Richnyj oglyad diyalnosti Derzhenergonaglyadu za 2016 rik. Rezhym dostupu: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/do\\_cument?id=245196539](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/do_cument?id=245196539) [in Ukrainian].
- [5] Merezhi Ukrenergo. Rezhym dostupu: <https://ua.energy/about/merezhi-ukrenergo/> [in Ukrainian].
- [6] Kuxarchuk V.V. (1998). *Elementy teoriiy kontrolyu dynamichnykh parametriv elektrychnykh mashyn.* UNIVERSUM. Vinnytsya. [in Ukrainian].
- [7] Lezhnyuk, P.D., Rubanenko, O.Ye., Zhuk, I.A. (2005). Diagnostuvannya sylovykh transformatoriv z vy`kory`stannyam nechitkykh mnozhyn. *Visnyk Vinnyczkogo politexnichnogo instytutu. 1.* 43–51 [in Ukrainian].
- [8] Proekt Strategiyi stalogo rozvytku Ukrayiny do 2030 roku. [in Ukrainian].
- [9] Programy diyalnosti Kabinetu Ministriv Ukrayiny. [in Ukrainian].
- [10] Koalicijna Ugoda reformuvannya energetychnogo rynku [in Ukrainian].
- [11] Zakon Ukrayiny «Pro zasady funkcionuvannya rynku elektrychnoyi energiyi». [in Ukrainian].

#### АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Основной задачей энергетической стратегии Украины до 2030 г. является приведение электроэнергетического комплекса страны в соответствие международным требованиям к экономичности и надежности энергоснабжения, что требует усовершенствования нормативно-правовой базы электроэнергетики Украины.

Внедрение международных стандартов как национальных стандартов Украины снимет многие спорные вопросы в процессе модернизации объектов энергетики, будет способствовать продвижению отечественного энергетического оборудования на западный рынок, созданию условий для параллельной работы энергосистемы Украины с энергообъединениями стран Европы, повышению качества работы энергосистемы. Но обновление нормативной базы отрасли требует значительного времени и средств, поэтому необходима правильная организация этого процесса с целью повышения технической и экономической эффективности (ЭЭ) энергетики в минимальные сроки с минимальными затратами. Одним из методов решения этой задачи является комплексная стандартизация (КС), методические основы которой заложены еще в советское время, но уже устарели в связи с изменением экономических условий и основных критериев оценки эффективности энергообъектов, особенно их влияния на человека и окружающую среду. Поэтому необходимо разработать новый подход к КС в сфере электроэнергетики в современных условиях, в частности разработать модель КС, методики, классификацию задач и определить приоритетность направлений стандартизации в области электроэнергетики.

Стандартизация в электроэнергетике должна включать все основные направления развития отрасли и способствовать созданию условий безопасной эксплуатации объектов электроэнергетики, обеспечению рационального потребления энергоресурсов, повышению технического уровня и экологической безопасности энергообъектов, обеспечению надежного и эффективного функционирования объединенной энергетической системы Украины. Поэтому разработка модели КС должна базироваться на структурной модели электроэнергетики, отвечающей реальным условиям отрасли. Для обеспечения экономичности КС необходимо разработать новую методологию оценки ЭЭ разработку и внедрение стандартов на энергетическое оборудование в рыночных условиях, а также методические подходы к экономической оптимизации последовательности внедрения стандартов.

Таким образом, разработка научно-методических основ усовершенствования системы нормативных документов электроэнергетики Украины является актуальной и важной задачей, решение которой будет способствовать эффективно обновлению нормативной базы отрасли.

**Ключевые слова:** комплексная стандартизация, энергетическая стратегия, электроэнергия, энергетическая независимость государства.

**Рис. 3. Лит. 11.**

**ANALYSIS OF COMPLEX MODEL OF MONITORING OF ELECTRIC POWER QUALITY PARAMETERS**

*The main task of Ukraine's energy strategy until 2030 is to bring the country's electricity complex in line with international requirements for efficiency and reliability of energy supply, which requires improvement of the regulatory framework of Ukraine's electricity.*

*The introduction of international standards as national standards of Ukraine will remove many controversial issues in the modernization of energy facilities, promote domestic energy equipment in the Western market, create conditions for parallel operation of Ukraine's energy system with European energy associations, improve the quality of energy. But updating the regulatory framework of the industry requires significant time and money, so it is necessary to properly organize this process in order to improve the technical and economic efficiency (EE) of energy in the shortest possible time with minimal costs. One of the methods of solving this problem is complex standardization (CS), the methodological foundations of which were laid in Soviet times, but are outdated due to changing economic conditions and basic criteria for assessing the efficiency of energy facilities, especially their impact on humans and the environment. Therefore, it is necessary to develop a new approach to the COP in the field of electricity in modern conditions, in particular, to develop a model of the COP, methods, classification of tasks and determine the priority of standardization in the field of electricity.*

*Standardization in the electricity sector should cover all major areas of industry development and contribute to the creation of conditions for safe operation of electricity facilities, ensuring rational energy consumption, improving the technical level and environmental safety of energy facilities, ensuring reliable and efficient operation of Ukraine's integrated energy system. Therefore, the development of the COP model should be based on the structural model of the power industry, which corresponds to the real conditions of the industry. To ensure the cost-effectiveness of the COP, it is necessary to develop a new methodology for evaluating EE development and implementation of standards for energy equipment in market conditions, as well as methodological approaches to economic optimization of the sequence of implementation of standards.*

*Thus, the development of scientific and methodological principles for improving the system of regulatory documents of the electric power industry of Ukraine is an urgent and important task, the solution of which will contribute to the effective updating of the regulatory framework of the industry.*

**Key words:** complex standardization, energy strategy, electricity, energy independence of the state.

**Fig. 3. Ref. 11.**

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Возняк Олександр Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: alex.voz1966@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0986-6869> ).

**Штуць Андрій Анатолійович** – асистент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: shtuts1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4242-2100> ).

**Наавгуст Олександр Петрович** - магістр кафедри «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: sashanaavhust@gmail.com).

**Возняк Александр Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: alex.voz1966@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0986-6869>).

**Штуць Андрей Анатольевич** – ассистент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: shtuts1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4242-2100> ).

**Наавгуст Александр Петрович** – магистр кафедры «Машини и оборудование сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: sashanaavhust@gmail.com).

**Oleksandr Voznyak** – candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: alex.voz1966@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0986-6869>).

**Andrii Shtuts** – Assistant Professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnechna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: shtuts1989@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-4242-2100>).

**Oleksandr Naavhust** – undergraduate, Department of Machinery and Equipment for Agricultural Production, Vinnitsia National Agrarian University (Solnechnaya St., 3, Vinnitsia, 21008, Ukraine, email: sashanaavhust@gmail.com).