

# ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 621.338

DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-3-32>

**Мареха І.С.**

кандидат економічних наук,  
старший викладач кафедри міжнародних економічних відносин  
Сумського державного університету

**Marekha Iryna**

PhD in Economics,  
Senior Lecturer at the Department of International Economic Relations  
Sumy State University

## ДЕТЕРМІНАНТИ ЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОСТОРУ<sup>1</sup>

## DETERMINANTS OF TECHNOLOGICAL CONCEPT SMART GRID EFFICIENT DEVELOPMENT IN GLOBAL ENERGY ENVIRONMENT

*У статті обґрунтовано необхідність переорієнтації енергетичної системи на інтелектуально спрямовану як відповідь на сучасні глобальні екологічні виклики та загрози. Доведено, що в умовах сучасного енергетичного простору актуальним завданням є його інтелектуалізація. Виокремлено низку чинників зовнішнього середовища, що є ключовими детермінантами ефективного розвитку технологічної концепції SMART GRID. До категорії факторів, що визначають нагальність кардинального переформатування в енергетичній системі, автором запропоновано відносити чинники технологічного прогресу та нові ринкові запити. Серед чинників, що впливають на спроможність інтелектуалізації енергетичних мереж, виокремлено фінансові, економічні, правові, соціальні, технологічні та кібернетичні. Автором послідовно та змістовно аналізуються фінансові, ресурсні та часові фактори впливу на досліджуваний концепт.*

**Ключові слова:** енергетичні мережі, енергетичний простір, інтелектуальні системи, ефективність проєктів, SMART GRID-технології.

*В статье обоснована необходимость переориентации энергетической системы в интеллектуально направленную как ответ на современные глобальные экологические вызовы и угрозы. Доказано, что в условиях современного энергетического пространства актуальным заданием является его интеллектуализация. Выделен ряд факторов внешней среды, которые являются ключевыми детерминантами эффективного развития технологической концепции SMART GRID. К категории факторов, определяющих срочность кардинального переформатирования в энергетической системе, автором предложено относить факторы технологического прогресса и новые рыночные запросы. Среди факторов, влияющих на способность интеллектуализации энергетических сетей, выделены финансовые, экономические, правовые, социальные, технологические и кибернетические. Автором последовательно и содержательно анализируются финансовые, ресурсные и временные факторы влияния на исследуемый концепт.*

**Ключевые слова:** энергетические сети, энергетическое пространство, интеллектуальные системы, эффективность проєктов, SMART GRID-технологии.

<sup>1</sup> Роботу виконано в рамках науково-дослідної теми № 0119U100766 «Оптимізаційна модель розбудови розумних та безпечних енергетичних мереж: інноваційні технології екологізації підприємств та регіонів»

*The paper is dedicated to the assessment of the impact of financial, resource, and time factors on the power grid efficiency. The analysis of smart power grids was conducted in relation with the international perspective. Such countries as the USA, China and the states of the European Union are the scope of the undertaken research. The top countries by investing in smart grid projects are listed in the paper. The amount of investments needed to develop the European Union's energy system is also analyzed in the research paper. In this relation, the authors conclude that smart power grids are of primary concern for the European Union countries. Resource factors of the smart energy performance are represented mainly by the information technologies. Based on the Smart Grid concept, the authors outline the following priority directions in the field of energy technology development which will be topical in the nearest future. The first one is the widespread implementation of smart meters with remote control of the load profile of the measured line and transducers with standard communication interfaces and protocols (including wireless ones) that meet the standards of information security. The second one is the installation of the advanced automated information-measuring systems (AIMS), which operate in real time on each massive object being connected to the grid. The third direction implies the creation of a wide network of integrated communications on the basis of various communication lines. The fourth direction includes the implementation of the automated production management systems (AS) in the energy companies. And the last direction comprises the creation of integrated interfaces to AIMS and AS of production management for automatic data exchange between the AS and other market agents. In this connection, the authors state that creation of smart energy grids requires a lot of advanced technologies which determine their efficiency. A cost-benefit analysis was conducted in the paper in order to prove that the smart energy grids are highly efficient in the selected countries. The total benefits from smart energy grids exceed largely total costs. The role of the time factor and its effect on power system functions were represented in the article.*

**Keywords:** energy grids, energy environment, smart systems, project efficiency, SMART GRID-technologies.

**Постановка проблеми.** Проблема збереження навколишнього природного середовища загалом та обмежених природних ресурсів зокрема порушує питання пошуку адекватних сучасним вимогам механізмів їх захисту. Найбільш сильно ця проблема стосується глобальних енергетичних ресурсів, які в умовах сучасного розвитку є драйверами економічного зростання та технологічних перетворень. Безпрецедентний масштаб конкуренції за енергоносії на міжнародному рівні обумовлює їх глибоку дефіцитність, отже, високу поточну та футуристичну цінність. Світова історія технологічних революцій свідчить про те, що людство фактично намагалося вирішити проблему дефіцитності енергетичних ресурсів спробами винайдення нових, унікальних замінників та шляхом удосконалення наявних технологій отримання енергії. Нині, в епоху шостого технологічного укладу, постає питання формування інтелектуальних енергетичних мереж SMART GRID, здатних завдяки своїм технологічним властивостям остаточно інтегруватися у релевантний інформаційній економіці глобальний енергетичний простір.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження концепції SMART GRID є відносно новими для українських реалій. Проте аналіз літературних джерел показує, що концепція інтелектуальних енергетичних мереж починає все більше цікавити вітчизняну науку. Так, Д.І. Олійник [1] вивчає міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку формування інтелектуальних енергетичних мереж на основі впровадження глобальних відкритих стандартів функціональної сумісності та параметрів якості електроенергії. С.П. Денисюк [2] аналізує особливості реалізації політики підвищення інтелектуального рівня електроенергетичних систем на основі передових світових практик. Технологічна складова частина досліджуваного питання розкрита у роботі [3], де авторами наводиться перелік систем та допоміжних підсистем функціонування SMART GRID. У джерелі [4] наводяться критерії ефективного розвитку інтелектуальних електричних мереж. Низка авторів [5] звертає увагу на можливість опти-

мізації енергоефективності економіки за допомогою концепції SMART GRID, яка є не стільки технологією, скільки інструментом розвитку децентралізованої енергетики.

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Метою статті є аналіз чинників та детермінантів зовнішнього середовища, що визначають ефективність розвитку концепції SMART GRID в умовах глобального енергетичного простору.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз тенденцій розвитку світового енергетичного простору показує, що ключовими факторами національної економічної безпеки є надійність постачання енергоносіїв, енергоефективність та екологічна гармонізація. При цьому підвищення рівня енергоефективності є стратегічним пріоритетом зниження енергоємності будь-якої економічної системи. Одним з основних рушійних мотивів розвитку енергетичного простору у 2020–2040 роки стане запобігання глобальним змінам клімату. Ключову роль в ефективно-му вирішенні актуальних проблем енергетики, включаючи задоволення зростаючого попиту, підвищення енергоефективності та безпеки енергопостачання, разом з підвищенням якості навколишнього природного середовища відіграватимуть інноваційні технології, спрямовані на розвиток розумних електромереж (SMART GRID), технологій інтелектуальних систем обліку та розрахунків (SMART METERING), управління попитом (Demand Response), пристроїв акумулювання енергії тощо [6].

Серед чинників, що визначають необхідність докорінної перебудови в енергетичній сфері, можна виокремити такі [7].

1) Чинники технологічного прогресу та підвищення ступеня надійності систем енергопостачання. Вони пов'язані з появою та розвитком нових технологій, загальною тенденцією підвищення рівня автоматизації та збільшенням частки відновлювальних джерел енергії.

2) Чинники, пов'язані з новими вимогами з боку різних суб'єктів енергетичного простору, а саме підвищення вимог до якості послуг, гнучкості та адап-

тивність до змін умов функціонування енергетичного ринку, прозорість взаємовідносин між різними учасниками.

Основні фактори, що визначають можливість впровадження концепції SMART GRID, та пов'язані з ними ризики для національної економіки можна систематизувати таким чином [8].

1) Фінансові чинники, якими є брак фінансових ресурсів, досить тривалий період окупності інвестиції. Незважаючи на переваги концепції розумних мереж, уряди країн мають володіти значним фінансовим потенціалом.

2) Економічні чинники, якими є ринкова невизначеність, відсутність довгострокової політики та регуляторів, відповідальних за вільні ринкові тарифи. Необхідно розробити відповідні стандарти та бізнесові моделі, які сприяють розвитку розумних мереж, задля формування універсальних регуляторів та отримання прибутку.

3) Правові чинники, якими є відсутність досконалого правового поля, здійснення політики щодо запровадження розумних мереж, як правило, на основі традиційної правової парадигми та не відповідних сучасності методах регулювання. Правові процедури необхідно здійснювати відповідно до запитів сьогодення, оскільки розумні технології є відображенням сучасного стану попиту на енергію.

4) Соціальні чинники, якими є низька обізнаність з боку населення, небажання громадянської інсталювати розумні технології. Необхідно спрямовувати дії на навчання населення та підвищувати його зацікавленість у розумних технологіях шляхом роз'яснення економічних та технологічних переваг.

5) Технологічні чинники, якими є брак інфраструктури, технологічна недосконалість, низька координація між інтегрованими структурами. Виникає необхідність установа додаткових потужностей, таких як досконала комунікаційна інфраструктура, сенсори, розумні електронні пристрої, системи розподілу енергетичного продукту, кібербезпекові прилади, розумні лічильники. Рішення мають прийматися з урахуванням вимог ринку та новітніх технологій. Виникає необхідність комплексної інтегрованої системи,

що гарантуватиме ефективну взаємодію між усіма учасниками енергетичного ринку.

6) Кіберчинники, якими є потенційні загрози з боку вірусів, шкідливих програм, кібератак. Існує потреба у безпечній комунікації та гарантії захисту персональних даних кінцевих користувачів.

Пропонуємо конкретизувати наше дослідження щодо оцінювання впливу фінансових, ресурсних та часових факторів на ефективність інтелектуальних енергомереж.

Обсяг світових інвестицій у розбудову енергетики на базі впровадження розумних технологій до 2030 року оцінюється у 16 трильйонів доларів [9]. Сума коштів, необхідних для розвитку енергосистеми Євросоюзу (включаючи розширення мереж, розвиток відновлюваних джерел енергії та заходів з підвищення енергоефективності) до кінця 2020 року, оцінюється Єврокомісією приблизно в 1 трлн. євро, майже половину з яких передбачається спрямувати на розвиток розумних електричних мереж. При цьому 200 млрд. євро має бути спрямовано на розбудову нових транспортних енергетичних зв'язків. За підрахунками Європейської Комісії половину від необхідної суми інвестицій можна залучити на енергетичному ринку. Задля покриття дефіциту інвестиційних ресурсів країнам ЄС доведеться залучати приватні капіталовкладення [10].

Інформація щодо стану інвестиційного забезпечення проектів з розвитку енергетики на базі технологій SMART GRID у Європейському Союзі наведена в табл. 1.

Ресурсні чинники ефективності енергетичних мереж представлені передусім інформаційними технологіями. Відповідно до концепції SMART GRID серед пріоритетних напрямів розвитку інформаційних технологій в енергетиці у найближчі роки можна виділити такі [11].

1) Широке впровадження на нових і модернізованих точках вимірювання інтелектуальних вимірювальних приладів (SMART METERING), тобто розумних лічильників з функцією дистанційного керування профілем навантаження вимірюваної лінії.

Таблиця 1

Інвестиції в проєкти SMART GRID у країнах-членах ЄС [10]

Країна	Обсяг інвестицій, млн. євро	Тип інвестиційного проєкту, що переважає
Італія	2 153	Інтелектуальні лічильники
Німеччина	229	Інтегровані системи
Фінляндія	221	Інтелектуальні лічильники
Франція	195	Інтелектуальні лічильники
Іспанія	158	Інтегровані системи та автоматизація передавання
Данія	140	Розумні лічильники, автоматизація розподілу, інтегровані системи
Австрія	128	Інтегровані системи
Нідерланди	114	Інтелектуальні лічильники
Мальта	87	Інтелектуальні лічильники
Бельгія	60	Інтегровані системи
Португалія	19	Інтегровані системи, домашні прилади
Ірландія	17	Інтелектуальні лічильники, домашні прилади
Норвегія	13	Інтегровані системи

2) Установка на кожному масивному об'єкті, приєднаному до електромережі (житловому районі, офісному центрі, фабриці тощо), удосконалених автоматизованих інформаційно-вимірвальних систем (AIBC), що працюють у режимі реального часу.

3) Створення широкої мережі інтегрованих комунікацій на базі різноманітних ліній зв'язку, зокрема ВОЛЗ, супутникових, GPRS, ВЗ-зв'язку по ЛЕП. Кожна AIBC має бути підключена як мінімум по двох незалежних каналах зв'язку.

4) Запровадження в енергокомпаніях автоматизованих систем (АС) управління виробничою діяльністю.

5) Створення інтегрованих інтерфейсів до AIBC та АС управління виробничою діяльністю для автоматичного обміну даними з АС інших учасників ринку. При цьому мають бути визначені протоколи обміну й стандарти інформаційної безпеки для всіх категорій учасників ринку.

Сумарний еколого-економічний ефект від використання розумних мереж наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Вигоди від застосування розумних мереж на 1 жителя на рік [9]

Ефект	Оцінка
Пряма економічна вигода, дол.	39,69–101,57
Поліпшення надійності мережі, %	25
Скорочення викидів CO <sub>2</sub> , фунтів	55–592
Непряма економічна вигода, дол.	49,35–53,08

Ринок технологій SMART GRID у світі перебуває на етапі становлення. При цьому розвиток і модерні-

зація енергетичної інфраструктури в кожному регіоні має свої особливості й підходи. Найбільш масштабні програми та проекти у цьому напрямі розроблені та здійснюються у США, Канаді та країнах Євросоюзу, а також Китаї, Південній Кореї та Японії. Прийнято рішення про реалізацію аналогічних програм і проектів у низці інших великих держав (Індія, Бразилія, Мексика). Зокрема, до кінця 2020 року Китай передбачає досягти рівня оснащення сучасними системами обліку енергоресурсів на рівні 90–95%, США – 50–60%. У період після 2020 року стовідсоткове оснащення смарт-лічильниками планується запровадити у США, Китаї, Бразилії, Японії та більшості країн ЄС [11].

Економічна ефективність реалізації програм у сфері систем інтелектуального обліку підтверджена значною кількістю реалізованих проектів у цьому напрямі. Їх аналіз, проведений консультантами "J'son & Partners Consulting" стосовно країн ЄС, і зіставлення вигід та витрат від впровадження систем інтелектуального обліку на прикладі електроенергії дають змогу зробити такі висновки [11]:

– питомі витрати на оснащення 1 точки обліку істотно варіюються в розрізі країн ЄС і складають від 94 до 766 євро на точку обліку;

– питомі вигоди від оснащення 1 точки обліку також істотно варіюються в розрізі країн ЄС і складають від 18 до 654 євро на точку обліку;

– для більшості проаналізованих країн сукупні вигоди від впровадження смарт-обліку електроенергії перевищують сукупні витрати.

Інформація щодо оцінювання ефективності впровадження систем смарт-обліку електроенергії у деяких країнах ЄС наведена в табл. 3.

Таблиця 3

### Оцінка ефективності впровадження систем смарт-обліку електроенергії у країнах ЄС [11]

Країна	Сукупні інвестиції, млн. євро	Сукупні вигоди, млн. євро	Витрати на оснащення 1 точки обліку, євро	Вигоди від оснащення 1 точки обліку, євро
Австрія	3 195	3 539	590	654
Чехія	4 367	2 735	766	499
Данія	310	322	225	233
Естонія	110	191	155	269
Фінляндія	692	–	210	–
Франція	4 500	–	135	–
Німеччина	14 466	16 968	546	493
Греція	1 733	2 443	309	436
Ірландія	1 040	1 212	473	551
Італія	3 400	6 400	94	176
Латвія	75,6	4,44	302	18
Литва	254	128	123	82
Люксембург	35	40	142	162
Мальта	20	–	77	–
Нідерланди	3 340	4 108	220	270
Польща	2 200	2 330	167	177
Португалія	640	1 316	99	202
Румунія	712	552	99	77
Словаччина	69	71	114	118
Швеція	1 500	1 677	288	323

Таблиця 4

## Вплив часового фактору на функції енергосистеми [12]

Традиційна енергосистема	Перспективна енергомережа SMART GRID
Одностороння комунікація	Двостороння комунікація
Централізована генерація	Розподілена генерація
Переважно радіальна структура	Переважно мережева структура
Реакція на аварію	Реакція у ході процесу
Робота обладнання до відмови	Самомоніторинг і самодіагностика, що продовжує термін роботи обладнання
Відновлення вручну	Автоматичне відновлення («самолікування мереж»)
Схильність до системних аварій	Адаптивний захист та автоматика ділення мережі
Ручне та фіксоване виділення мережі	Адаптивне виділення
Перевірка обладнання на місці	Віддалений моніторинг обладнання
Обмежений контроль перетікання	Управління перетіканнями
Недоступна або запізнена інформація про ціну для споживача	Ціна в реальному режимі часу

Таблиця 5

## Майбутні переваги для США від реалізації SMART GRID [12]

Джерело ефективності	Енергосистема сьогодні	Майбутня енергосистема на базі концепції SMART GRID
Частка відновлювальних джерел енергії	Менше 13%	Більше 30%
Рівень використання генерації споживачів	Менше 1%	Більше 10%
Рівень використання активів магістральних мереж	50%	80%
Рівень використання активів розподільчих мереж	30%	80%
Рівень залучення споживача	47%	90%

Роль часового фактору та його вплив на функції енергосистеми представлено в табл. 4.

У більшості індустріально розвинутих країн світу як основоположний підхід до вирішення внутрішніх проблем функціонування енергетики прийнято перехід на шлях її інноваційного розвитку. Такий підхід передбачає радикальну зміну системи поглядів на роль енергетики та її місце у сучасному й майбутньому суспільстві. В табл. 5 наведено дані стосовно очікуваних переваг від реалізації технологій SMART GRID у США.

**Висновки.** У рамках реалізації концепції SMART GRID мають бути враховані вимоги всіх суб'єктів енергетичного простору, зокрема держави, генеруючих, мережевих і енергозбутових компаній, споживачів та виробників обладнання. Відповідно до цього визначено ключові цінності нової енергетики, а саме доступність; надійність та якість енергозабезпечення; економічність; ефективність використання всіх видів ресурсів і технологій під час виробництва, передавання, розподілу та споживання енергії; зниження негативного тиску на навколишнє середовище. Розвиток інтелектуальних мереж має спиратися на більш ефективне використання енергетичних ресурсів, що є комплексним підходом з точки зору сполучення екологічних та економічних інтересів у системі глобального енергетичного простору. Квантитативний аналіз впливу чинників на ефективність впровадження енергетичних реформ на базі концепції SMART GRID формує напрям подальших досліджень.

**Бібліографічний список:**

1. Олійник Д.І. Міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку на основі побудови SMART GRID. *Стратегічні пріоритети*. 2017. № 3. С. 87–96.
2. Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції SMART GRID в електроенергетичних системах. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 1. С. 7–20.
3. Іванець С.А., Красножон О.В. Розвиток електроенергетики на основі концепції «інтелектуальних» електричних мереж SMART GRID. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2013. № 1. С. 167–178.
4. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. *Технічна електродинаміка*. 2012. № 5. С. 52–67.
5. Шевчук О.А., Борданова Л.С., Наухацька Т.А. Оптимізація енергоефективності економіки за допомогою технологічної концепції SMART GRID. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2019. № 1. С. 400–414.
6. ДП «НЕК Укренерго». Стан і перспективи розвитку технологій «інтелектуальних» електромереж, управління попитом та систем режимного управління в умовах розвитку поновлюваних джерел енергії у зарубіжній енергетичній сфері. Київ, 2018. 122 с.
7. Биконя О.С. Шляхи впровадження Smart Grid в країнах світу. *Економічний вісник Донбасу*. 2012. № 1. С. 217–222.
8. Smart Grids : веб-сайт. URL: <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/smart-grids> (дата звернення: 12.03.2020).
9. Smart Grid. Economic and Environmental Benefits. A Review and Synthesis of Research on Smart Grid Benefits and Costs. URL: <https://smartenergycc.org/wp-content/uploads/2013/10/SGCC-Econ-and-Environ-Benefits-Full-Report.pdf> (дата звернення: 15.04.2020).

10. Оцінка стану та реалізації концепцій розвитку «інтелектуальних» електромереж у світовій практиці. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/3.-Smart-Grid.pdf> (дата звернення: 17.05.2020).
11. Smart Grid. Умные сети. Интеллектуальные сети электроснабжения. URL: <http://www.tadviser.ru> (дата звернення: 18.05.2020).
12. Решетова Р.Ж., Саквина М.А. Основные положения концепции «интеллектуальные сети» (Smart Grid). URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C82/020.pdf> (дата звернення: 18.05.2020).

### References:

1. Oliynyk D.I. (2017). Mizhnarodnyy dosvid vysokotekhnolohichnoho ekonomichnoho rozvytku na osnovi pobudovy SMART GRID [International experience of high technological economic development based on construction SMART GRID]. *Strategic Priorities*, no. 3, pp. 87–96.
2. Denysyuk S.P. (2014). Tekhnolohichni oryentyry realizatsiyi kontseptsiyi SMART GRID v elektroenerhetychnykh systemakh [Guidelines of technological concepts of SMART GRID in power system]. *Energy: Economics, Technology, Ecology*, no. 1, pp. 7–20.
3. Ivanets S.A., Krasnozhon O.V. (2013). Rozvytok elektroenerhetyky na osnovi kontseptsiyi “intelektualnykh” elektrychnykh merezh SMART GRID [Development of electric power industry on the basis of the concept of “intelligent” electric networks SMART GRID]. *Bulletin of Chernihiv State Technological University*, no. 1, pp. 167–178.
4. Stogniy B.S., Kyrylenko O.V., Denysyuk S.P. (2012). Evolyutsiya intelektualnykh elektrychnykh merezh ta yikhni perspektyvy v Ukraini [The evolution of intelligent electrical networks and their prospects in Ukraine]. *Technical electrodynamics*, no. 5, pp. 52–67.
5. Shevchuk O.A., Bordanova L.S., Naukhatska T.A. (2019). Optymizatsiya enerhoefektyvnosti ekonomiky za dopomohoyu tekhnolohichnoyi kontseptsiyi SMART GRID [The economy energy efficiency optimization using SMART GRID technological concept]. *Economic Bulletin of NTUU “KPI”*, no. 1, pp. 400–414.
6. SE “NEK Ukrenergo” (2018). Stan i perspektyvy rozvytku tekhnolohiy “intelektualnykh” elektromerezh, upravlinnya popytom ta system rezhymnoho upravlinnya v umovakh rozvytku ponovlyuvanykh dzherel enerhiyi u zarubizhniy enerhetychniy sferi [Status and prospects of development of technologies of “intelligent” power grids, demand management and regime management systems in the conditions of development of renewable energy sources in the foreign energy sphere]. *Report*, 122 p.
7. Bykonya O.S. (2012). Shlyakhy vprovadzhennya Smart Grid v krayinakh svitu [Ways to implement Smart Grid in the world]. *Economic Bulletin of Donbass*, no. 1, pp. 217–222.
8. Smart Grids. Available at: <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/smart-grids> (accessed: 12.03.2020).
9. Smart Grid Economic and Environmental Benefits. A Review and Synthesis of Research on Smart Grid Benefits and Costs. Available at: <https://smartenergycc.org/wp-content/uploads/2013/10/SGCC-Econ-and-Environ-Benefits-Full-Report.pdf> (accessed: 15.04.2020).
10. Otsinka stanu ta realizatsiyi kontseptsiy rozvytku “intelektualnykh” elektromerezh u svitoviy praktytsi [Assessment of the state and implementation of concepts for the development of “intelligent” power grids in world practice]. Available at: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/3.-Smart-Grid.pdf> (accessed: 17.05.2020).
11. Smart Grid. Umnyye seti. Intellektualnyye seti elektrosnabzheniya [Smart Grid. Smart networks. Intelligent power networks]. Available at: <http://www.tadviser.ru> (accessed: 18.05.2020).
12. Reshetova R.Zh., Sakvina M.A. Osnovnyye polozheniya kontseptsii “intelektualnyye seti” (Smart Grid). Available at: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C82/020.pdf> (accessed: 18.05.2020).