

6. Чернышов, А. С. Развитие рынка услуг, национального оператора ФГУП «Почта России» [Текст] / А. С. Чернышов, И. И. Дерен // Журнал TERRA ECONOMICUS, 2012. – С. 135–140.

#### References

1. Shelikhov Centuries, Shnyreva, N. N., Gaverdovskaya, P. (2011). postal. Academy, 192.

2. Matsnev, C. N., Tikhonov, A. F., Mr. A. F. (1985). Organization, planning and control of the postal enterprises. Moscow: Radio and communication, 320.

3. Evstratov, C. I. (1999). Organizational-economic development of postal services in the region . Rostov n/a, 25.

4. Mohn, V. G. (2003). Optimization Meri postovogo ZV ASCO Ukraine. Odes, 24.

5. Verhova, G. V. (2005). System analysis, control and automation of technological processes in the systems of the postal service. St. Petersburg, 25.

6. Chernyshov, A. S., Derain, I. I. (2012). Market Development services, the national operator of the FSUE "Russian Post". Journal of TERRA ECONOMICUS 2/2 (10), 135–140.

*Дата надходження рукопису 19.03.2015*

**Котенко Анатолій Миколайович**, доктор технічних наук, кафедра Управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: dtnkot@mail.ru

**Пархоменко Олександр Олександрович**, аспірант, кафедра Спеціалізовані комп'ютерні системи. Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: parhomenko88@icloud.com

УДК 007.51: 519.8(075.8)

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40445

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ХИЖАК-ЖЕРТВА З ВРАХУВАННЯМ ПРОСТОРОВИХ ФАКТОРІВ ТА ФАКТОРУ ОПОРУ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЇ

© О. В. Маєвський, І. А. Пількевич, Ю. Б. Бродський

*В статті розглянуто питання вдосконалення математичної моделі взаємодії хижак-жертва з урахуванням просторових факторів і фактора опору середовища існування популяцій. Обґрунтовано фізичну інтерпретацію пропонуємої математичної моделі та її зв'язок з дифузійними процесами, які можливо описати за допомогою моделі дифузії Еренфестів, яка призводить до формування ланцюга Маркова. Для подальшого використання запропонованої математичної моделі динаміки популяцій, проведено її ідентифікацію та виконано оцінку адекватності шляхом порівняння відносних похибок результатів моделювання*

**Ключові слова:** узагальнена математична модель, випадкові блукання, процеси дифузії, ланцюг Маркова, опір середовища існування

*The article gives coverage to refinement upon the mathematical model of predator-prey interaction taking into account the areal factors and resistant factor of habitats of populations. It is grounded the physical interpretation of proposed mathematical model and its connection with diffusion process, which could be described with the Ehrenfests diffusion model that lead to formation of Markov chain.. For further use of proposed mathematical model of population dynamics, it is made its identification and the estimation of adequacy by comparing the relative error of simulation results*

**Keywords:** generalized mathematical model, random walk, diffusion processes, Markov chain, resistance of habitat

### 1. Вступ

Як відомо, в екології дослідження більшості процесів призводить до необхідності розв'язання багатофакторних задач, що являє собою складну математичну проблему.

Однією із таких задач є дослідження розвитку і взаємодії популяцій, а саме закономірностей зростання їх чисельності в умовах середовища існування.

Динаміка чисельності (щільності) популяцій різних видів має дуже важливе значення для людини, оскільки тварини і рослини служать об'єктами її гос-

подарської діяльності і часто виступають причиною різноманітних збитків. Тому уміння проводити якісну оцінку динаміки популяцій необхідне для прогнозування можливості виникнення небажаних ситуацій з метою внесення своєчасних коректив.

Крім того, вивчення закономірностей динаміки кількості тварин необхідне для створення наукових основ їх раціонального використання. Розв'язування вказаних задач потребує застосування математичних методів, удосконалення відомих та побудову нових математичних моделей.

**2. Постановка проблеми**

Серед моделей динаміки популяцій в математичній екології найбільше розповсюдження отримала логістична функція Ферхюльста (1838 р.), яку застосовують для опису як поведінки популяцій, так і їх взаємодії (наприклад, в моделі Лоткі-Вольтерра) [1].

Однак, в реальних умовах проживання, навіть для однорідного простору існування завжди характерні явища скупчення чи розрідження особин популяції.

Відома математична модель [2], що враховує просторові фактори впливу на динаміку чисельності популяцій представлена системою диференціальних рівнянь (1).

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (\alpha - cz)x + D_x \frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}; \\ \frac{dz}{dt} = (-\beta + \gamma x)z + D_z \frac{\partial^2 z}{\partial \eta^2}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $t$  – час;  $\eta$  – просторова координата;  $x(t, \eta)$  і  $z(t, \eta)$  – „щільність” жертви та хижаків на одиницю площі;  $\alpha, c, \beta, \gamma, D_x, D_z$  – сталі величини, які характеризують внутрішні властивості популяції.

Періодичні та асимптотичні розв’язки системи (1) досліджувались Чоу і Тамом (1976).

Система (1) представляє собою одновимірну модель з урахуванням просторових факторів. Очевидно, двовірна і трьохвірна математична модель матиме аналогічний вигляд з додатковими компонентами „дифузійного типу” по відповідним вимірам.

Фізичну картину явища дифузії [3] при вивченні динаміки чисельності популяцій можливо представити за допомогою моделі дифузії Еренфестів [4], з подальшим розрахунком перехідних ймовірностей, формуванням матриці переходів та отриманням ланцюга Маркова [5].

Для більш повномасштабного відображення процесів, описаних за допомогою математичної моделі (1), пропонується врахування факторів опору середовища існування популяції.

**3. Літературний огляд**

Як показують спостереження, в процесі розвитку популяцій тварин, особини з яких вона формується демонструють хаотичну поведінку, яку можливо описати як випадкові переміщення (блукання) малих частинок в одно або двовірному просторі.

Теорія випадкових блукань детально висвітлена в [13], дослідження процесів дифузії в [3, 13], вивчення можливості застосування дифузійних явищ в біологічних проблемах та в процесах розвитку популяцій [2, 14, 15].

**4. Вдосконалення математичної моделі з врахуванням просторових факторів**

При формуванні теоретичного підходу до математичного моделювання динаміки популяцій пропонується використовувати основи конструктивної теорії, яка потребує використання загального теоретичного ядра. В якості такого ядра доцільно викорис-

товувати положення загальної теорії систем [6]. Однак до теперішнього часу єдині знання в теорії систем формувалися в якісній формі категорії „властивості”, що ускладнювало перехід до кількісних параметрів. Використання енергетичної оцінки „властивостей” дозволило в кількісній формі побудувати теоретичну основу математичної моделі динаміки популяцій.

Енергетичний підхід до аксіоматики системи полягає у формуванні базису незалежних змінних, який повинен забезпечити абстрактну форму поведінки об’єктів різної природи. Поведінка об’єктів розглядається з позицій руху субстанції у полі цієї субстанції. При описі динаміки популяцій абстрактна форма руху розглядається як потік енергії в енергетичному полі [7].

Енергетичне рівняння стану системи відображає її енергетичний обмін з середовищем на основі законів функціонування систем. У замкненій щодо енергетичного обміну сукупності систем виконується закон збереження енергії.

Перехід від енергетичних величин [8, 9] загального диференційного рівняння системи до кількісних змінних дає загальне нелінійне диференційне рівняння екологічної системи для кількості популяцій:

$$\left( a_1 + \frac{1}{N} \right) \frac{dN}{dt} + \frac{1}{a_0} N - \phi = 0, \quad (2)$$

звідки отримаємо узагальнену математичну модель динаміки популяцій [10, 11] у вигляді диференційного рівняння:

$$(1 + a_1 N) \frac{dN}{dt} = \phi N - \frac{N^2}{a_0}, \quad (3)$$

де  $N$  – кількість особин в популяції;  $\phi$  – потенціал експонентного росту;  $a_0, a_1$  – параметри втрат, що стримують експонентне зростання кількості особин в популяції.

Використовуючи викладений енергетичний підхід, пропонується математична модель взаємодії хижак-жертва з врахуванням як просторових факторів, так і фактору опору середовища існування (4):

$$\begin{cases} (1 + a_1 x) \frac{dx}{dt} = (\alpha - cz)x + D_x \frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}; \\ (1 + b_1 z) \frac{dz}{dt} = (-\beta + \gamma x)z + D_z \frac{\partial^2 z}{\partial \eta^2}, \end{cases} \quad (4)$$

де  $t$  – час;  $\eta$  – просторова координата;  $x(t, \eta)$  і  $z(t, \eta)$  – „щільність” жертви та хижаків на одиницю площі;  $\alpha, c, \beta, \gamma, D_x, D_z$  – сталі величини, які характеризують внутрішні властивості популяції;  $a_1, b_1$  – коефіцієнти опору середовища існування популяцій.

Можливість практичного використання моделі (4) передбачає вирішення задач ідентифікації параметрів та перевірки адекватності.

Задачею ідентифікації є визначення значень робочих параметрів моделі на основі даних спостережень за реальною системою. При цьому тип моделі передбачається відомим. Ця задача зазвичай ставиться в формі мінімізації функціонала відхилення траєкторії моделі від траєкторії системи, що досліджується.

Оцінка адекватності пропонованої математичної моделі проведена для моделювання динаміки чисельності основних видів мисливських тварин на прикладі взаємодії популяцій зайця (жертва) та лисиці (хижак) шляхом порівняння результатів моделювання з даними, отриманими в результаті експериментального визначення кількості особин зазначених видів тварин (Україна, Північні регіони Житомирської області, а саме Олевський та Овручський райони).

**5. Апробація результатів досліджень**

Використовуючи статистичні дані чисельності досліджуваних популяцій на територіях Олевського та Овручського районів (форма 2ТП мисливство), проведена ідентифікація та оцінка адекватності математичних моделей (1) і (4).

В результаті переміщення особин виникають своєрідні коливання щільності особин та території існування від однієї точки ареалу до іншої, але в межах, які властиві конкретним видам популяцій (заєць: 1–6 особин на 1 км<sup>2</sup>, лисиця: 1–3 особини на 4 км<sup>2</sup> на територіях досліджуваних районів) [12].

Вихідні дані для проведення ідентифікації математичних моделей (1) і (4) представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані для проведення ідентифікації математичних моделей

Моделі, роки Популяції	Запропонована математична модель			Існуюча математична модель	
	2001 (0)	2002 (1)	2003 (2)	2002 (0)	2003 (1)
Жертва	$x_{00} = 3,3$	$x_{10} = 3,565$	$x_{20} = 3,00$	$x_{00} = 3,565$	$x_{10} = 3,00$
	$x_{01} = 3,1$	$x_{11} = 4,565$	$x_{21} = 3,646$	$x_{01} = 4,565$	$x_{11} = 3,646$
	$x_{02} = 3,8$	$x_{12} = 3,00$	$x_{22} = 4,8$	$x_{02} = 3,00$	$x_{12} = 4,8$
	$x_{03} = 5,1$	$x_{13} = 5,5$	$x_{23} = 5,8$	$x_{03} = 5,5$	$x_{13} = 5,8$
	$x_{04} = 4,7$	$x_{14} = 5,0$	$x_{24} = 6,00$	$x_{04} = 5,00$	$x_{14} = 6,00$
Хижак	$z_{00} = 0,46$	$z_{10} = 0,4672$	$z_{20} = 0,32$	$z_{00} = 0,4672$	$z_{10} = 0,32$
	$z_{01} = 0,5$	$z_{11} = 0,4782$	$z_{21} = 0,45$	$z_{01} = 0,4782$	$z_{11} = 0,45$
	$z_{02} = 0,13$	$z_{12} = 0,3$	$z_{22} = 0,33$	$z_{02} = 0,3$	$z_{12} = 0,33$
	$z_{03} = 0,14$	$z_{13} = 0,4$	$z_{23} = 0,38$	$z_{03} = 0,4$	$z_{13} = 0,38$
	$z_{04} = 0,0351$	$z_{14} = 0,41$	$z_{24} = 0,5$	$z_{04} = 0,41$	$z_{14} = 0,5$

За результатами ідентифікації існуючої математичної моделі (1), робочі параметри мають наступні значення:

$$\alpha = 1,417; \beta = -0,03;$$

$$c = 3,247; \gamma = -0,01;$$

$$D_x = 46,454; D_z = 43,264.$$

Відповідно за результатами ідентифікації запропонованої математичної моделі (4), робочі параметри дають такі значення:

$$a_1 = -0,261; b_1 = -6,65;$$

$$\alpha = -0,04; \beta = -0,074;$$

$$c = -0,228; \gamma = -0,013;$$

$$D_x = 21,747; D_z = 7,102.$$

Результати розрахунків щільності особин на 1 км<sup>2</sup> з кроком 20 км по відповідним рокам наведено в табл. 2.

Результати моделювання отримані за допомогою запропонованої математичної моделі дають значення щільностей популяцій в досліджуваних точках, які значно більше наближені до щільностей, які спостерігаються для такого виду популяцій, що свідчить про більш адекватний опис процесу розподілу особин на території їх існування.

Середня похибка результатів моделювання для популяцій хижака та жертви за допомогою математичної моделі (1) становить  $\delta_{\sum ep} = 58,42\%$ .

Середня похибка результатів моделювання для популяцій хижака та жертви за допомогою математичної моделі (4) становить  $\delta_{\sum ep} = 10,45\%$ .

Порівняння відносних середніх похибок результатів моделювання для двох видів популяцій (хижак та жертва) в досліджуваних точках  $x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$  за допомогою математичних моделей (1) і (4) демонструють перевагу, в точності до 5.6 разів, розрахунків, виконаних при застосуванні математичної моделі (4) у порівнянні з результатами моделювання отриманих за допомогою математичної моделі (1).

Таблиця 2

Результати розрахунків щільності особин на 1 км<sup>2</sup> з кроком 20 км

Роки	2004 (0)	2005 (1)	2006 (2)	2007 (3)
Жертва (експеримент)	$x_{00} = 3,0$	$x_{10} = 3,0$	$x_{20} = 4,13$	$x_{30} = 3,28$
	$x_{01} = 4,5$	$x_{11} = 3,5$	$x_{21} = 5,0$	$x_{31} = 3,95$
	$x_{02} = 5,0$	$x_{12} = 5,12$	$x_{22} = 6,1$	$x_{32} = 4,1$
	$x_{03} = 3,5$	$x_{13} = 4,3$	$x_{23} = 5,22$	$x_{33} = 5,2$
Хижак (експеримент)	$z_{00} = 0,3$	$z_{10} = 0,35$	$z_{20} = 0,631$	$z_{30} = 0,371$
	$z_{01} = 0,43$	$z_{11} = 0,41$	$z_{21} = 0,352$	$z_{31} = 0,522$
	$z_{02} = 0,035$	$z_{12} = 0,033$	$z_{22} = 0,025$	$z_{32} = 0,23$
	$z_{03} = 0,03$	$z_{13} = 0,1$	$z_{23} = 0,253$	$z_{33} = 0,25$
Існуюча модель (жертва)	$x_{01} = 4,5$	$x_{11} = 4,477$	$x_{21} = 6,109$	$x_{31} = 3,95$
	$x_{02} = 5,0$	$x_{12} = 11,285$	$x_{22} = 22,871$	$x_{32} = 4,1$
Існуюча модель (хижак)	$z_{01} = 0,43$	$z_{11} = 0,367$	$z_{21} = 0,328$	$z_{31} = 0,522$
	$z_{02} = 0,035$	$z_{12} = 0,076$	$z_{22} = 0,104$	$z_{32} = 0,23$
Запропонована модель (жертва)	$x_{01} = 4,5$	$x_{11} = 3,315$	$x_{21} = 5,658$	$x_{31} = 3,95$
	$x_{02} = 5,0$	$x_{12} = 5,881$	$x_{22} = 6,665$	$x_{32} = 4,1$
Запропонована модель (хижак)	$z_{01} = 0,43$	$z_{11} = 0,431$	$z_{21} = 0,429$	$z_{31} = 0,522$
	$z_{02} = 0,035$	$z_{12} = 0,031$	$z_{22} = 0,027$	$z_{32} = 0,23$

## 6. Висновки

Отже, середня похибка оцінки динаміки популяцій запропонованої математичної моделі взаємодії хижак-жертва (4) менша ніж середня похибка математичної моделі взаємодії хижак-жертва (1) на прикладі досліджуваних популяцій. Тому, ми вважаємо доцільним використання компонентів, які враховують опір середовища існування і вдосконалюють відому математичну модель.

## Література

1. Богобожий, В. В. Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник [Текст] / В. В. Богобожий, К. Р. Чурбанов, П. Р. Палій, В. М. Шмандій. – К. : Центр навч. л-ри, 2004. – 216 с.
2. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов [Текст]: уч. пос. / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 302 с.
3. Рейф, Ф. Статистическая физика [Текст] / Ф. Рейф. – Н. : Наука, 1977. – 311 с.
4. Ehrenfest, P. Über zwei bekannte Einwände gegen das Boltzmannsche H-Theorem [Text] / P. Ehrenfest, T. Ehrenfest // Physikalische Zeitschrift. – 1907. – Vol. 8. – P. 311–314.
5. Мантуров, О. В. Курс высшей математики [Текст] / О. В. Мантуров. – М.: Высшая школа, 1991. – 251 с.
6. Добровольський, В. В. Основи теорії екологічних систем [Текст]: навч. підруч. / В. В. Добровольський. – К.: ВД «Професіонал», 2005. – 272 с.
7. Тимонін, Ю. О. Універсальна модель систем: методологічний аспект [Текст] / Ю. О. Тимонін, Ю. Б. Бродський, І. Г. Грабар // Вісн. ЖНАЕУ: наук.-теорет. ВБ. – 2009. – № 1. – С. 358–366.
8. Тимонін, Ю. О. Концептуальний базис інженерії бізнесу [Текст] / Ю. О. Тимонін // Економіка і управління. – 1999. – № 1(2). – С. 74–79.
9. Тимонін, Ю. О. Принципи енергетичної взаємодії систем [Текст] / Ю. О. Тимонін // Вісн. ЖІТІ. – 1999. – № 9. – С. 150–155.

10. Моделювання і прогнозування динаміки чисельності парнокопитних у мисливських господарствах радіоактивно забрудненої території Житомирської області: звіт про НДР (пром.ж.) [Текст] / ЖНАЕУ, Мін. Аграрної політики та продовольства України; наук.кер. І. А. Пількевич. – ДР № 0111U009694. – Житомир, 2011. – 84 с.

11. Маєвський, О. В. Обґрунтування якості узагальненої логістичної моделі динаміки популяцій [Текст] / О. В. Маєвський, І. А. Пількевич, В. І. Котков // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 1, № 4 (55). – С. 63–66. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4145/3908>

12. Настанова з упорядкування мисливських угідь [Текст] / К. : Вид-во Держкомлісу України, 2002. – 113 с.

13. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложение. Т. 1 [Текст] / В. Феллер; пер. Ю. В. Прохорова. – М. : Мир, 1984. – 527 с.

14. Колмогоров, А. Н. Исследование уравнения диффузии, соединённой с возрастанием вещества, и его применение к одной биологической проблеме [Текст] / А. Н. Колмогоров, Н. Г. Петровский, Н. С. Пискунов // Бюл. МГУ. Сер. А. Математика и механика. – 1937. – Т. 1, № 6. – С. 1–16.

15. Vandermeer, J. On the resolution of chaos in population models [Text] / J. Vandermeer // Theoretical population biology. – 1982. – Vol. 22, Issue 1. – P. 17–27. doi: 10.1016/0040-5809(82)90033-8

## References

1. Bogobožij, V. V., Čurbanov, K. R., Monger, P. R., Šmandij, V. M. (2004). Principles of modeling and forecasting in Ecology: tutorial. Center for educational I-RI, 216.
2. Rizničenko, G. Y., Rubin, A. B. (1993). Mathematical models of biological productive processes: Teaching aid. Moscow: Ed-vo MGU, 302.
3. Rafe, F. (1977). Statistical physics. N.: Science, 311.
4. Ehrenfest, P., Ehrenfest, T. (1907). Über zwei bekannte Einwände gegen das Boltzmannsche H-Theorem, Physikalische Zeitschrift, 8, 311–314.

5. Manturov, O. (1991). Higher mathematics course. Moscow.: "Vysšaâ shkola", 251.
6. Dobrovolsky, V. (2005). Basical theory of ecological systems. Kiev: PUBLISHING HOUSE «Pro», 272.
7. Timonin, Y. O., Brodsky, Y. B., Grabar, I. G. (2009). Universal model of systems: methodological aspect. Vis. ŽNAEU: of Sciences.-teoret. UK, 1, 358–366.
8. Timonin, Y. O. (1999). Conceptual basis of business engineering. Economics and management, 1 (2), 74–79.
9. Timonin, Y. O. (1999). Principles of energy interactions of systems. Visn. ZITI, 9, 150–155.
10. Modeling and forecasting the dynamics of artiodactyl in hunting farms of radioactively contaminated territory of Zhytomyr region: report of the GDR (2011). ZNAEU, Myn. Agrarian policy of Ukraine; Sciences. Coeur. and a. Pilkevich. DR № 0111U009694. Zhytomyr, 84.
11. Majewski, O. V., Pilkevich, I. A., Kotkov, V. I. (2012). Substantiation of generalized logistic model of dynamics of populations. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 1/4 (55), 63–66. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4145/3908>
12. Guidelines on the arrangement of hunting grounds (2002). Kiev: Publishing House of Deržkomlisu Ukraine, 113.
13. Feller, V. (1984). Introduction to probability theory and its application. Vol. 1. Moscow: Mir, 527.
14. Kolmogorov, A. N., Petrovskij, N. G., Piskunov, N. S. (1937). Study of diffusion equation, connected with the increase of substance and its application to a biological problem. Newsletter. The moscow state university. Ser. A. mathematics and mechanics, 1 (6), 1–16.
15. Vandermeer, J. (1982). On the resolution of chaos in population models. Theoretical population biology, 22 (1), 17–27. doi: 10.1016/0040-5809(82)90033-8

Дата надходження рукопису 20.03.2015

**Маєвський Олександр Володимирович**, аспірант, кафедра моніторингу навколишнього природного середовища, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

E-mail: eko\_univer@i.ua.

**Пількевич Ігор Анатолійович**, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних систем, Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій, пр. Миру, 22, м. Житомир, Україна, 10004

E-mail: igor.pilkevich@mail.ru.

**Бродський Юрій Борисович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

E-mail: yu.brodskiy@mail.ru

УДК 621.315

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40239

## ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНУ ГАЛУЗЬ УКРАЇНИ

© М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, С. А. Попадченко

*Проанализированы особенности внедрения технологий Smart Grid в электроэнергетическую отрасль Украины с целью "интеллектуализации" электрических сетей и представлены принципиальные изменения по сравнению с существующим состоянием энергосистемы при внедрении технологий Smart Grid, что значительно повысит эффективность функционирования отрасли в целом. Так же обоснована необходимость поддержки внедрения технологий Smart Grid в электроэнергетическую отрасль Украины на законодательном уровне*

**Ключевые слова:** "интеллектуализация", Smart Grid, мощность, отрасль, сеть, технологии, электроэнергетика, электроэнергия, энергосистема, эффективность

*The features of introduction of Smart Grid technologies are analysed in electric power industry of Ukraine with the purpose of "intellectualization" of electric networks and fundamental changes are presented as compared to the existent state of grid at introduction of Smart Grid technologies that will promote efficiency of functioning of industry considerably. The necessity of introduction support of Smart Grid technologies is similarly proved for electric power industry of Ukraine at legislative level*

**Keywords:** "intellectualization", Smart Grid, power, industry, network, technologies, electric power industry, electric power, electric power system, efficiency

### 1. Вступ

Розвиток електроенергетичної галузі шляхом впровадження технологій Smart Grid може бути успішно реалізовано за наявності:

– різних типів потужностей, що генеруються;

– розгалуженої конфігурації розподільних систем;

– розвиненої системи диспетчерського управління;

– вагової частки джерел відновлюваної енергії;