

УДК 620.92:66.045.3:624.131.6

Н.О.Маслова, Г.Г.Дідківська, канд.техн.наук (Ін-т відновлюваної енергетики НАН України, Київ),
І.В.Мазур (Національний авіаційний університет, Київ),
М.С.Теймуразян (Національний технічний університет України "КПІ", Київ)

Енергетичний потенціал та енергетична ефективність виробництва та використання паливного біоетанолу

Обчислено перспективні обсяги виробництва паливного біоетанолу на існуючих спиртових заводах України у найближчі роки. Оцінено енергетичний потенціал біоетанолу, який можливо отримати з використанням перспективних обсягів виробництва. Розраховано енергетичну ефективність виробництва та використання біоетанолу в якості моторного біопалива.

Рассчитаны перспективные объемы производства топливного биоэтанола на существующих спиртовых заводах Украины в ближайшие годы. Оценен энергетический потенциал биоэтанола, который возможно получить с использованием перспективных объемов производства. Рассчитана энергетическая эффективность производства и использования биоэтанола в качестве моторного биотоплива.

Вступ. Одним із шляхів скорочення споживання в Україні традиційних видів моторного палива є виробництво та використання моторного біопалива у вигляді біоетанолу та його сумішей з бензином. Найбільше застосування у якості моторного біопалива знайшов абсолютний біоетанол, який вміщує не менше 99,5% основної речовини. Задача видалення з етилового спирту води і доведення його до 99,5% основної речовини вирішується методами ректифікації: азеотропної, екстрактивної, соляної, вакуумної, а також гібридними способами видалення, які застосовують ректифікацію з розшаруванням, адсорбцією, мембранним розділенням.

У 2010 році у світі використовувалось 3,785 млрд дал/рік паливного біоетанолу [1]. В Україні виробничі потужності існуючих спиртових заводів дають змогу виробляти 58,3 млн дал етилового спирту на рік, а потреби в ньому на внутрішньому ринку становлять 22 млн дал на рік [2]. Окрім того, 5,3 млн дал етанолу йде на експорт [2]. Таким чином, перспективні обсяги виробництва етанолу на існуючих спиртових заводах становлять близько 31 млн дал на рік. Ці обсяги цілком можливо довести до кондицій абсолютного біоетанолу, що має 99,5% основної речовини, і використати як моторне біопаливо.

На даний час в Україні планується виробляти

паливний біоетанол на 12 спиртових заводах. Для цього передбачено переоснащення цих спиртових заводів новітнім обладнанням та модернізацію існуючого на цих заводах технологічного процесу виробництва таким чином, щоб отримувати абсолютний біоетанол (99,5%), який у подальшому буде використовуватись як моторне біопаливо.

Виконаємо оцінку енергетичного потенціалу абсолютного паливного біоетанолу, який можливо отримати на існуючих в Україні потужностях спиртових заводів. При цьому під енергетичним потенціалом біоетанолу будемо розуміти кількість енергії (в тоннах умовного палива), яку можна отримати при спалюванні заданих об'ємів біоетанолу.

При проведенні оцінки енергетичного потенціалу об'ємів біоетанолу, що можуть бути отримані на існуючих спиртових заводах України, приймемо наступне:

1. Оцінка енергетичного потенціалу виконується для двох випадків:

а) енергетичний потенціал обчислюється для перспективних обсягів виробництва біоетанолу на всіх існуючих спиртових заводах (31 млн дал, або 244,9 тис. т);

б) енергетичний потенціал обчислюється для переоснащених та передбачених для переоснащення 12 спиртових заводів (таблиця 1).

2. Паливний біоетанол виробляється з меляси цукрових буряків та зерна кукурудзи.

Таблиця 1. Перелік існуючих спиртових заводів, на яких виробляється або планується виробництво паливного біоетанолу [2]

№	Підприємство	Річна потужність, тонн
<i>Заводи, що виробляють паливний біоетанол</i>		
1	Барський спиртовий комбінат (Вінницька обл.)	7000
2	Гайсинський спиртовий завод (Вінницька обл.)	7000
3	Лохвицький спиртовий комбінат (Полтавська обл.)	14000
4	Лужанський експериментальний завод (Чернівецька обл.)	8000
Разом		36000
<i>Заводи, на яких планується виробництво паливного біоетанолу</i>		
1	Тростянецький спиртовий завод (Вінницька обл.)	24000
2	Каменецький спиртовий завод (Черкаська обл.)	14000
3	Івашківський спиртовий завод (Харківська обл.)	12600
4	Наумівський спиртовий завод (Сумська обл.)	12600
5	Трипільський спиртовий завод (Київська обл.)	12600
6	Коростишівський спиртовий комбінат (Житомирська обл.)	21500
7	Хоростківський спиртовий завод (Тернопільська обл.)	42100
8	Жовтневий спиртовий завод (Полтавська обл.)	12600
Разом		152000
Всього		188000

При перерахунку 31 млн дал спирту в кілограми враховано, що 1 дал має 10 літрів, а густина біоетанолу дорівнює 790 кг/м³. Нижча теплота згоряння біоетанолу становить 27 МДж/кг, а нижча теплота згоряння умовного палива – 29,3 МДж/кг. Тоді маємо:

$$\begin{aligned}
 M^{біоет} &= V \cdot \rho = 31 \text{ млн дал} \cdot 790 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \\
 &= 310 \text{ млн л} \cdot 790 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 310 \text{ тис. м}^3 \cdot 790 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = (1) \\
 &= 2,449 \cdot 10^8 \text{ кг} = 244,9 \text{ тис. т/рік.}
 \end{aligned}$$

Враховуючи викладене, маємо:

- для існуючих спиртових заводів:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{M^{біоет} \cdot Q_{н,біоет}^p}{Q_{н,у.п.}^p} = \\
 &= \frac{2,449 \cdot 10^8 \text{ кг} \cdot 27 \text{ МДж/кг}}{29,3 \text{ МДж/кг}} = \\
 &= 225,6 \text{ тис. т у.п./рік,}
 \end{aligned} \tag{2}$$

де $M^{біоет}$ – виробництво біоетанолу з одиниці маси; $Q_{н,біоет}^p$ та $Q_{н,у.п.}^p$ – відповідно нижча теплота згоряння біоетанолу та умовного палива.

- для переоснащених та передбачених для переоснащення спиртових заводів згідно з формулою (1) маємо:

$$\begin{aligned}
 E_2 &= \frac{188 \text{ тис. т} \cdot 27 \text{ МДж/кг}}{29,3 \text{ МДж/кг}} = \\
 &= 173,2 \text{ тис. т у.п./рік.}
 \end{aligned}$$

Слід зазначити, що величина продуктивності існуючих, але не працюючих спиртових заводів України (31 млн дал/рік, або 244,9 тис. т/рік) складається з величини продуктивності переоснащених або передбачених для переоснащення спиртових заводів (188 тис. т/рік) та величини продуктивності спиртових заводів, поки що не запланованих для реконструкції та переоснащення, та становить:

$$\begin{aligned}
 M_3 &= 244,9 \text{ тис. т/рік} - 188 \text{ тис. т/рік} = \\
 &= 56,9 \text{ тис. т/рік.}
 \end{aligned}$$

Оцінимо скорочення обсягів споживання бензину в Україні за рахунок впровадження паливного біоетанолу. Зазначену оцінку виконаємо для обсягів виробництва паливного біоетанолу на існуючих потужностях спиртових заводів і для обсягів виробництва паливного біоетанолу на вже переоснащених та передбачених для переоснащення 12 спиртових заводів (таблиця 1). При цьому використаємо таку формулу:

$$M_{бенз.}^{скор.} = \frac{M^{біоет.} \cdot Q_{н,біоет.}^p}{Q_{н,бенз.}^p}, \tag{3}$$

де $M_{бенз.}^{скор.}$ – скорочення споживання бензину; $M^{біоет.}$ – виробництво біоетанолу; $Q_{н,біоет.}^p$ та $Q_{н,бенз.}^p$ – нижча теплота згоряння біоетанолу та бензину. Нижча теплота згоряння бензину дорівнює 45 МДж/кг [3].

Підставляючи у формулу (2) числові значення, отримуємо:

- для існуючих потужностей спиртових заводів:

$$M_{бенз.,1}^{скор.} = \frac{2,449 \cdot 10^8 \text{ кг} \cdot 27 \text{ МДж/кг}}{45 \text{ МДж/рік}} = 146940000 \text{ кг} = 146,94 \text{ тис. т бензину/рік.}$$

- для переоснащених та передбачених для переоснащення спиртових заводів:

$$M_{бенз.,2}^{скор.} = \frac{188 \text{ млн дал} \cdot 27 \text{ МДж/рік}}{45 \text{ МДж/рік}} = 112,8 \text{ тис. т бензину/рік.}$$

Враховуючи те, що у 2012 році в Україні було спожито 4,2 млн т бензину, можна констатувати, що за рахунок впровадження паливного біоетанолу можливо скоротити використання бензину: при виробництві біоетанолу на всіх існуючих потужностях спиртзаводів – на 7,34%, при виробництві біоетанолу тільки на переоснащених та передбачених для переоснащення спиртзаводах – на 5,64%. Підкреслимо, що в 7,34% скорочення споживання бензину за рахунок введення в експлуатацію всіх наявних потужностей спиртзаводів входять 5,64% скорочення за рахунок організації виробництва на переоснащених та передбачених для переоснащення спиртових заводах.

На основі отриманих результатів обчислимо зменшення обсягів викидів вуглекислого газу у навколишнє середовище завдяки використанню паливного біоетанолу. Для цього використаємо залежність, отриману в роботі [3]:

$$M_{CO_2} = 3,67 \cdot n \cdot M_{бенз.}, \quad (4)$$

де M_{CO_2} – маса вуглекислого газу, що утворюється при повному спалюванні бензину; n – кількість вуглецю в робочій масі 1 кг бензину. Визначається на основі хімічних аналізів, і згідно з роботою [3] дорівнює 0,85; $M_{бенз.}$ – маса бензину, що зменшена завдяки впровадженню біоетанолу. Тоді, згідно із залежністю (4), маємо:

- для існуючих потужностей спиртових заводів:

$$M_{CO_2}^I = 3,67 \cdot 0,85 \cdot 146,94 \text{ тис. т} = 458 \text{ тис. т } CO_2/\text{рік.}$$

- для переоснащених та передбачених для переоснащення спиртових заводів:

$$M_{CO_2}^2 = 3,67 \cdot 0,85 \cdot 112,8 \text{ тис. т} = 352 \text{ тис. т } CO_2/\text{рік.}$$

Безумовно, для стабільного виробництва визначеної вище кількості паливного біоетанолу потрібно розвивати сировинну базу, тобто визначити і вирощувати енергетичні культури, які дають можливість отримати максимальну кількість біоетанолу з 1 га сільгоспугідь та відвести під ці культури відповідну кількість площі орних земель. На даний час в Україні, як і в усьому світі, у якості сировини для отримання паливного біоетанолу використовують переважно цукрову тростину, зерно кукурудзи, зернові культури, цукровий буряк та інші енергетичні культури. При виборі для вирощування енергетичної культури враховується врожайність цієї культури, вихід біоетанолу з 1 га площі, яка обробляється, витрати на посівний матеріал, безпосередньо на вирощування, збирання та зберігання, а також можливість використання відходів, що залишаються після виробництва паливного біоетанолу, на інші цілі (наприклад, на корми для тварин). У таблиці 2 наведено відомості стосовно виходу біоетанолу з 1 га площі різних сільськогосподарських культур, що вирощуються в Україні.

Таблиця 2. Вихід біоетанолу з 1 га площі сільгоспугідь [4]

Енергетична культура	Середня врожайність, ц/га	Вихід біоетанолу з 1 га, л
Пшениця	20	600
Кукурудза	48	1200
Картопля	120	960
Цукровий буряк	450	4050
Сорго	250	2000
Цукрова тростина	560	4500
Топінамбур:		
Коренеплоди	400	4000
Стебла	500	2500

Аналізуючи відомості, наведені у таблиці 2, можна стверджувати, що однією із перспективних культур для отримання паливного етанолу є топінамбур. Детальну інформацію про цю культуру можна отримати з роботи [5]. Топінамбур краще

від інших культур може бути використаний для отримання біоетанолу за такими показниками:

- висока врожайність (на сьогодні досягнуто рекордну врожайність топінамбура по зеленій масі – 2000 ц/га, по коренеплодах – 1500 ц/га) [4];
- вихід біоетанолу з 1 га навіть при середній врожайності становить 6500 л;
- топінамбур можна вирощувати у всіх областях України [5];
- висока морозостійкість (коренеплоди можуть зимувати у ґрунті при температурі до мінус 40°C без втрат своїх якостей до весни, що значно розширює період завантаження переробних заводів, доводячи його до цілорічного);
- відходи, що лишаються після отримання біоетанолу, можуть використовуватись у багатьох галузях народного господарства;
- висока екологічна цінність. Один гектар топінамбура поглинає у 1,5-2,0 рази більше CO₂, ніж один гектар лісу [4, 5]. Крім того, завдяки можливості використання стебел культури як сировини для целюлозно-паперової промисловості, 1 га її плантації зберігає 5 га лісу.

Що ж стосується використання відходів топінамбура, то вони застосовуються як корм для тварин, для виробництва целюлози, паливних брикетів, органічних добрив, біогазу.

Таким чином, агропромислового комплексу України доцільно розглянути можливості широкого використання у якості сировини для виробництва біоетанолу такої культури як топінамбур.

Далі оцінимо комплексну енергетичну ефективність виробництва та використання паливного біоетанолу. Показником комплексної енергетичної ефективності пропонується використати загальний коефіцієнт виробництва та використання енергії η_e у процесі отримання та споживання паливного біоетанолу. Цей коефіцієнт враховує витрати енергії, що мають місце на всіх етапах виробництва та використання моторного палива (біоетанолу). Перелічимо ці етапи:

- отримання сировини (посів культури, вирощування, збирання, зберігання);
- перетворення сировини в паливо (для біоетанолу – це бродіння, перегонка, випаровування);

- розподіл палива та його доставка до споживача (доставка до місця споживання, організація заправки, сфери використання);

- безпосереднє використання палива для руху транспортного засобу (енергія, що витрачається на подолання сил інерції та динамічного опору руху транспортного засобу).

Тоді формула для оцінки загального коефіцієнта ефективності виробництва та використання енергії палива матиме вигляд [6–8]:

$$\eta_e = \eta_{\text{вироб.}} \cdot \eta_{\text{вик.}} \quad (5)$$

де $\eta_{\text{вироб.}}$ – коефіцієнт корисного використання енергії при виробництві палива; $\eta_{\text{вик.}}$ – коефіцієнт корисного використання енергії при використанні палива;

$$\eta_{\text{вироб.}} = \frac{Q_{\text{н, пал.}}^p}{Q_{\text{н, сир.}}^p + Q^{\text{заг.}}} \quad (6)$$

де $Q_{\text{н, пал.}}^p$ – нижча теплота згоряння палива (біоетанолу). Як показано вище, для біоетанолу вона дорівнює 27 МДж/кг; $Q_{\text{н, сир.}}^p$ – нижча теплота згоряння сировини. У цьому випадку сировиною є зерно кукурудзи, нижча теплота згоряння якого становить 17 МДж/кг; $Q^{\text{заг.}}$ – кількість теплоти, що витрачається на виробництво палива. Для біоетанолу, згідно з роботою [9], $Q^{\text{заг.}} = 70,3$ МДж/рік.

$$\eta_{\text{вик.}} = \frac{0,55 E_m + 0,45 E_{ш}}{Q_{\text{н, пал.}}^p (0,55 F_m + 0,45 F_{ш})} \quad (7)$$

де E_m – кількість енергії, яка необхідна для руху транспортного засобу в межах міста; $E_{ш}$ – кількість енергії, яка необхідна для руху транспортного засобу шосейними дорогами; F_m та $F_{ш}$ – питомі витрати палива, необхідні для отримання енергії на переміщення транспортного засобу в межах міста та шосейними дорогами, відповідно. Слід зазначити, що формула (7) запозичена з робіт [6–8], а питомі витрати палива, необхідні для отримання енергії на переміщення транспортного засобу шосейними дорогами та в межах міста, запозичені з роботи [7] і наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Кількість енергії та питомі витрати палива при переміщенні транспортного засобу [7]

Маса транспортного засобу, кг	Енергія, МДж		Питомі витрати палива з теплою згоряння 41 МДж/кг, кг	
	В умовах міста, E_m	Шосейні дороги, $E_{ш}$	В умовах міста, E_m	Шосейні дороги, $E_{ш}$
907	6,756	4,074	0,7	0,4
1134	7,643	4,864	0,81	0,46
1361	8,535	5,65	0,91	0,52
1588	9,431	6,441	1,01	0,58
1814	10,321	7,232	1,13	0,64
2041	11,215	8,018	1,24	0,7
2268	12,107	8,808	1,33	0,74

Слід підкреслити, що наведену в таблиці 3 кількість енергії E_m та $E_{ш}$ розраховано теоретично згідно з методикою, яка детально викладена у роботах [7, 8]. Ця методика ґрунтується на розрахунках кількості енергії, необхідної для переміщення інерційної маси транспортного засобу при спротиві сил опору коливанню, інерції та силі аеродинамічного опору. При цьому витрати палива, необхідні для отримання цієї кількості енергії, визначаються за допомогою спеціальних емпіричних формул, придатних для палива з нижчою теплою згоряння 41 МДж/кг. Тому при подальших дослідженнях вважається, що при використанні формули (4) для оцінки коефіцієнта енергетичної ефективності застосування палив з іншою теплою згоряння ці палива спалюють в умовах, ідентичних умовам спалювання палива, використаного при дослідженнях у роботі [7]. Це дає змогу застосувати в розрахунках поправочний коефіцієнт K , який дорівнює:

$$K = \frac{Q_{н,екс}^p}{Q_n^p} \tag{8}$$

Тоді залежність (6) для рідкого біопалива можна записати так:

$$\eta_{виск.} = \frac{0,55 E_m + 0,45 E_{ш}}{Q_{н,нал.}^p (F_m + F_{ш}) \cdot K} \tag{9}$$

де $Q_{н,екс}^p$ – нижча теплота згоряння палива, використаного в роботі [7]; Q_n^p – нижча теплота

згоряння рідкого моторного біопалива. Інші умовні позначення ті ж, що й раніше.

Аналіз формул (7) та (9) свідчить, що за розглянутих вище умов коефіцієнт енергетичної ефективності застосування палива є величиною, яка характеризує конкретний двигун. Зміна двигуна дещо змінить витрати палива, але майже не змінить коефіцієнт $\eta_{виск.}$. Згідно з етапами робіт [6, 7] при зміні маси двигуна у 2 рази коефіцієнт $\eta_{виск.}$ змінюється в абсолютному значенні лише на 0,003%.

Використовуючи залежності (5), (6) та (9) та дані таблиці 3, розраховано загальний енергетичний коефіцієнт ефективності виробництва та використання деяких видів рідкого моторного біопалива. Результати розрахунків наведені у таблиці 4.

Як приклад розрахунків за формулами (5)–(9) наведемо алгоритм обчислення загального енергетичного коефіцієнта ефективності виробництва та використання біоетанолу для транспортного засобу масою 1361 кг. Тоді, підставляючи в залежності (5)–(9) числові значення величин, отримуємо:

$$\eta_{виск.} = \frac{0,55 \cdot 8,535 \text{ МДж} + 0,45 \cdot 5,65 \text{ МДж}}{27 \text{ МДж/кг} (0,91 + 0,52) \cdot \frac{41 \text{ МДж/кг}}{27 \text{ МДж/кг}}} = 0,123, \text{ або } 12,3 \%$$

$$\eta_{вироб.} = \frac{27 \text{ МДж/кг}}{17 \text{ МДж/кг} + 70,3 \text{ МДж/кг}} = 0,31, \text{ або } 31 \%$$

$$\eta_e = 0,31 \cdot 0,123 = 0,038, \text{ або } 3,8 \%$$

Порівняємо обчислену величину загального коефіцієнта ефективності виробництва та використання енергії різних видів біопалива з величиною цього коефіцієнта, отриманою в роботі [10]. Для цього складемо таблицю 4.

Порівняння свідчить, що величина загального енергетичного коефіцієнта ефективності виробництва та використання енергії рідких біопалив, які можна виробляти в Україні, міститься в межах 3,8%-8,84%. Це дещо нижче від значення цього коефіцієнта для традиційного рідкого палива (9,17%-9,9%), що пояснюється меншою теплотворною здатністю рідких біопалив.

Таблиця 4. Загальні енергетичні коефіцієнти ефективності виробництва та використання енергії при отриманні органічного палива

№	Паливо	Загальний коефіцієнт ефективності виробництва та використання енергії органічного палива, %	
		Згідно з цим дослідженням	Згідно з роботою [10]
1	Бензин	9,9	7,8
2	Біоетанол	3,8	4,7
3	Біометанол	7,8	8,0
4	Газохол	9,5	-
5	Традиційне дизпаливо	9,17	-
6	Олія ріпакова	8,84	-
7	Олія соняшникова	7,77	-
8	Олія соєва	8,4	-
9	Біодизель	7,44	-
10	Природний газ	-	9,9
11	Скrapлений газ	-	5,4
12	Водень	-	5,1
13	Аміак	-	3,8
14	Гідрид MgNOH _x	-	7,2

Висновки. Оцінено обсяг виробництва в Україні паливного біоетанолу на існуючих спиртових заводах, який становить 31 млн дал на рік. Розраховано його енергетичний потенціал, який дорівнює 225,6 тис. т у.п./рік. Обчислено скорочення викидів CO₂ за рахунок використання у двигунах

внутрішнього згоряння зазначеного енергетичного потенціалу, що становить 458 тис. т CO₂/рік.

1. Показано, що для виробництва паливного біоетанолу в Україні доцільно використовувати таку сільськогосподарську культуру, як топінамбур.

2. Доведено, що коефіцієнт загальної ефективності виробництва та використання енергії паливного біоетанолу становить 3,8%.

1. *Radler Marilyn* Ethanol and oil markets // Oil and gas – 2010. – № 13. – Р. 17.

2. *Демчак І.М.* Розвиток біоенергетики в Україні www.ABBYV.com.

3. *Забарний Г.М., Кудря С.О., Кондратюк Г.Г., Четверик Г.О.* Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України. – Київ: ІВЕ НАН України, 2006. – 226 с.

4. *Рейнгарт Э.С., Кочнев Н.К., Пономарев А.Г., Звягинцев П.С.* К вопросу о выборе сырья для производства этанола в России // Биоэнергетика. – 2008. – № 4 (13). – С. 48–51.

5. *Топінамбур. Вирощування та використання.* Інститут землеробства УААН. – Київ, 1992. – 21 с.

6. *Кондратюк Г.Г.* Технології виробництва рідкого біопалива та його енергетична ефективність // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 3–4. – С. 90–96.

7. *Перспективные автомобильные топлива.* Транспорт. – М., 1982. – 285 с.

8. *Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В.* Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Химия, 1989. – 211 с.

9. *Бойле Д.* Био-энергия: технология, термодинамика, издержки. – М.: Агропромиздат, 1987. – 149 с.

10. *Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е.* Перспективные топлива для автомобилей. – М.: Транспорт, 1979. – 270 с.

ХІ МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ЕНЕРГЕТИКА В ПРОМИСЛОВОСТІ-2013

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА І ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ • ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА В ЕНЕРГЕТИЦІ
 ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ • АСУ ТП, КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ І ДІАГНОСТИКА • КАБЕЛЬ. АРМАТУРА. ДРОТИ

ХІ МІЖНАРОДНИЙ ФОРУМ
ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ:
СЬОГОДЕННЯ ТА МАЙБУТНЄ



МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
 Україна, 02660
 Київ, Броварський пр-т, 15
 М "Лівобережна"
 тел./факс: (044) 201-11-57
 e-mail: nsilova@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua



ОРГАНІЗАТОРИ:
 Міністерство енергетики
 та вугільної промисловості України
 Міжнародний виставковий центр

Офіційне видання форуму: 
 Технічний партнер: 

24-26
вересня