

УДК 631.1

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.242-248>

В.О. Шейченко, д-р техн. наук, ст. наук. співр., **І.А. Дудніков**, доц., канд. техн. наук
Полтавська державна аграрна академія, Полтава, Україна
e-mail: vsheychenko@ukr.net.

В.В. Шевчук, канд. техн. наук, ст. наук. співр., **М.В. Шевчук**, асп.
Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна
e-mail: shevchuk16111@ukr.net., shevchuk_m2011@ukr.net.

Зерно кукурудзи – фактор зменшення енергетичної залежності України

Встановлено економічну доцільність використання зерна кукурудзи в якості енергетичного матеріалу для виробництва теплової енергії за умов, коли вартість двох тонн зерна кукурудзи не перевищує вартості 1000 м³ природного газу. Для бюджетних організацій та промислового споживача економічно доцільно використовувати для потреб отримання теплової енергії зерно кукурудзи замість природного газу. Відмічено, що для відмічених категорій споживачів у 2014 року вартість теплової енергії, виробленої із газу в 1,91 рази перевищувала показники енергії, отриманої із зерна кукурудзи, у 2015 р. – у 1,32 рази, у 2016р – 1,08 рази, у 2017р. – 1,17 рази, у 2018 р. – 1,19 рази відповідно.

Відмічено, що для населення та підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення, за умов цін на природний газ у 2016-2018рр. економічно не доцільно використовувати зерно кукурудзи для отримання теплової енергії.

природний газ, зерно кукурудзи, спалювання зерна, питома теплота згорання, тепла енергія

В.А. Шейченко, д-р техн. наук, ст. наук. сотр., **І.А. Дудніков**, доц., канд. техн. наук
Полтавская государственная аграрная академия, Полтава, Украина

В.В. Шевчук, канд. техн. наук, ст. наук. сотр., **М.В. Шевчук**, аспирант
Уманский национальный университет садоводства, Умань, Украина

Зерно кукурузы - фактор уменьшения энергетической зависимости Украины

Установлено экономическую целесообразность использования зерна кукурузы в качестве энергетического материала для производства тепловой энергии в условиях, когда стоимость двух тонн зерна кукурузы не превышает стоимости 1000 м³ природного газа. Для бюджетных организаций и промышленного потребителя экономически целесообразно использовать для нужд получения тепловой энергии зерно кукурузы вместо природного газа. Отмечено, что для отмеченных категорий потребителей в 2014 году стоимость тепловой энергии, произведенной из газа в 1,91 раза превышала показатели стоимости энергии, полученной из зерна кукурузы, в 2015 - в 1,32 раза, в 2016 - 1,08 раза, в 2017. - 1,17 раза, в 2018 - 1,19 раза соответственно.

Отмечено, что для населения и предприятий Теплокомуненерго, которые производят тепловую энергию для нужд населения, в условиях цен на природный газ 2016-2018г. экономически не целесообразно использовать зерно кукурузы для получения тепловой энергии.

природный газ, зерно кукурузы, сжигание зерна, удельная теплота сгорания, тепловая энергия

Постановка проблеми. За останні роки навколо питань формування тарифів на природний газ ведуться суспільно зацікавлені дискусії. Багато експертів відмічає економічну не привабливість тарифів, що стримує розвиток економіки і унеможлиблює конкурентоспроможність вітчизняного товаровиробника.

Забезпечення в таких умовах енергетичної незалежності України є важливим фактором соціально-політичної та економічної стабільності розвитку народного господарства, створення належних умов для її населення. Залежність від постачання природного газу та його висока вартість набули загрозливих масштабів як для промисловості, так і для держави в цілому. За таких умов вартість імпортного природного газу та принципи формування його ціни, політико-економічні перекося та виклики пов'язані з її формуванням, є деструктивними чинниками для економіки України, суттєво дестабілізують внутрішню ситуацію і актуалізують проблему енергетичної безпеки. Саме тому пошук альтернативних джерел енергії та нетрадиційних варіантів вирішення проблеми енергетичної незалежності набуває особливої ваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На превеликий жаль Україна до цього випробування підійшла не зовсім підготовленою, не зважаючи на певні кроки, започатковані ще Законом України “Про енергозбереження” від 01.07. 1994 року та прийнятими у різні періоди Законами та нормативними документами. Варто відмітити, що у вирішенні проблеми зменшення обсягів використання природного газу здійснено значний обсяг робіт. Є певні позитивні досягнення і в сегменті теплозабезпечення. Відомий досвід Національного наукового центру “ Інститут механізації та електрифікації сільського господарства ” (ННЦ “ІМЕСГ”), який із 2011 року опалює свої будівлі не зерновою частиною урожаю (соломою), а дослідне господарство інституту “Оленівське” успішно модернізувало зерносушарку, яка теж працює на соломі. Найвища ефективність досягається за умов спалювання не зернової частини ріпаку, сої тощо. Впровадження зазначених технічних рішень дозволило інституту щорічно економити більше ніж півтора млн.грн, а дослідному господарству – понад 250 тис. грн. Аналогічний позитивний досвід накопичено і в інших інститутах мережі Національної академії аграрних наук України та закладах вищої освіти. Проте в умовах значного скорочення тваринницької галузі постало гостро питання внесення органічних добрив, обсяги яких протягом двох останніх десятиліть скоротились в десять разів. За таких умов актуальним стало використання соломи для удобрення ґрунту. Вивчаючи це протиріччя представники аграрної науки прийшли до компромісного рішення, а саме: тільки до 20% урожаю не зернової його частини можна використовувати для вирішення задач не сільськогосподарського характеру, в тому числі і для опалення будівель. Решту соломи доцільно використовувати для удобрення ґрунту, виконавши для цього всі необхідні технологічні операції [1-2].

На особливу увагу заслуговує заміщення природного газу біогазом, виробленого як з використанням гною, так і продукції рослинництва [3-5]. Перспективним також є виробництво деяких видів синтез газу і переведення систем опалення на тверді види палива рослинного походження [6, 7]. В найближчі роки планується значно збільшити площі вирощування спеціальних енергетичних культур, серед них з часом знайдуть своє місце і генетично модифіковані [8 – 11].

Безумовно успіх буде досягнуто за умов забезпечення комплексності робіт та міжвідомчої їх координації. Впевнені, що наша держава здійснює вагомі і успішні кроки щодо досягнення енергетичної незалежності, проте для їх реалізації потрібен час, який на жаль вимірюється роками.

Постановка завдання. Дослідження здійснюються з метою економічного обґрунтування використання зерна кукурудзи в якості енергетичної сировини для виробництва теплової енергії різними категоріями споживачів (бюджетні організації,

промислові споживачі, населення та підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення) України.

Виклад основного матеріалу. На нашу думку, в умовах сучасних викликів доцільно розглянути можливість заміщення природного газу, який використовується на енергетичні потреби, на зерно кукурудзи. Такі проекти були започатковані фермерами США та Канаді ще на початку минулого століття. У важкі економічні часи вони спалювали зерно кукурудзи, таким чином вирішуючи питання тепло забезпечення власних будівель. У часи Великої Депресії, коли ціна на ринку кукурудза була дуже низькою і фермери не мали коштів, необхідних для придбання палива, цей спосіб набув ще більшого поширення. Зараз значна частина фермерів в аграрно- та промислово розвинутих державах світу успішно реалізує проекти отримання теплової енергії спалюванням зерна кукурудзи [1-2].

У нашій державі розрізняють декілька категорій споживачів природного газу. Серед них: бюджетні організації, населення, промислові споживачі та підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення. Кожна із відмічених груп характеризується власною ціною на природний газ, що змінюється на протязі календарного року. У наших дослідженнях використані дані ціни на газ НАК "Нафтогаз України", встановлені на кінець року, що досліджується. Ціну на газ прив'язано до курсу долара. Інформаційним джерелом визначення ціни на газ слугували таблиці "Динаміка цін на природний газ ресурсу НАК "Нафтогаз України" для різних категорій споживачів.

Аналіз сільськогосподарського виробництва засвідчує стійку тенденцію збільшення площ посівів та обсягів виробництва кукурудзи на зерно, як у нашій державі, так і за кордоном. Якщо у 2000 році з площі 1,279 млн. га в Україні збирали 3,848 млн. т, 2005 р. з 1,66 млн. га – 7,167млн. т, 2010р. з 4,372 млн. га – 11,953 млн. т, у 2013р. відповідно з 4,827 млн. га зібрали здавалося рекордний врожай 30,9 млн. т. У наступні роки ці показники тільки зростали досягнувши у 2018 році валового виробництва зерна 35,8 млн. т з площі 4,564 млн. га. Тобто за період із 2000 р. по 2018 рр. відбулося збільшення обсягів виробництва зерна кукурудзи у 9,3 рази. Експортні поставки цієї культури за 2013-2014 маркетинговий рік становили 20 млн. т (64% від вирощеного у 2013 році врожаю). У 2018 році було встановлено новий рекорд за обсягами експортних поставок кукурудзи – 21,4 млн т, що на 10% перевищує показники 2017 року і у 5,2 рази більше ніж у 2010 році. За прогнозами експертів такі тенденції будуть зберігатися.

За енергетичним еквівалентом весь валовий збір зерна кукурудзи урожаю 2018 р. в Україні оцінюється на рівні $601,44 \times 10^9$ МДж ($35,8 \times 10^9$ кг x 16,8 МДж/кг). Такому значенню за енергетичним еквівалентом зерна кукурудзи відповідає обсяг природного газу $17,95$ млрд.м³. За показником питомої теплоти згорання природний газ перевищує аналогічний показник зерна кукурудзи майже у 2 рази (у 1,995 раза). Питома теплота згорання природного газу становить $33,5$ МДж/м³, кукурудзи на зерно 16,8 МДж/кг. На підставі цього можна зробити висновок, що за умови, коли вартість двох тонн зерна кукурудзи не перевищує вартості 1000 м³ природного газу, економічно доцільно використовувати зерно кукурудзи в якості енергетичної сировини для виробництва теплової енергії. Тобто замість спалювання імпортного, із великим проблемами доставленого на нашу територію природного газу, використовувати зерно кукурудзи.

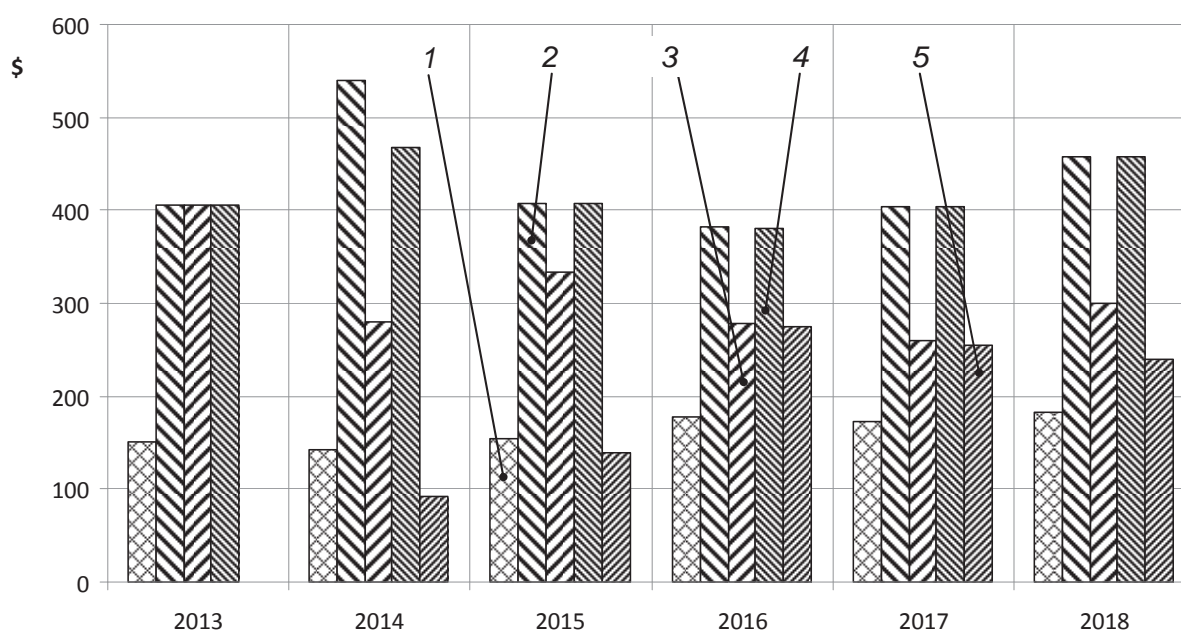
Проаналізуємо дану пропозицію стосовно різних категорій споживача у нашій державі. В подальших розрахунках будемо використовувати підхід, який базується на припущеннях відносно оцінки ефективності спалювання безпосередньо зерна

кукурудзи у порівнянні із варіантом продажу за ринковими цінами зерна кукурудзи обсягом 20 млн. т, купівлі за отримані кошти відповідних обсягів природного газу і його спалювання для отримання теплової енергії (табл. 1).

Таблиця 1 – Змінення обсягів виробництва і ціни зерна кукурудзи

Показники	Одиниці вимірювання	Значення показників за роками					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
Посівна площа	тис. га	4825	4691	4123	4252	4481	4564
Урожайність	ц/га	64	61,6	57,1	66,0	55,1	78,4
Валове виробництво зерна	тис. т	30900	28497	23328	28074	24669	35810
Ціна зерна на біржах України	грн./т	1210	1850	3300	4400	4600	5200
	дол./т	151,4	142,3	153,5	177,4	172,3	182,5
Курс (жовтень), грн/\$			13	21,5	24,8	26,7	28,5

Аналізуючи ціну на газ для бюджетних організацій і промислових споживачів відмітимо, що у 2013 році вона складала 405 дол. США за тисячу м³, у 2014 році 539,8 дол. США за тисячу м³, у 2018 р. – 458,21 дол. США за тисячу м³ (рис. 1).



1 - зерно кукурудзи, 2 - бюджетні організації, 3 - промислові споживачі, 4 - населення, 5 - підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення

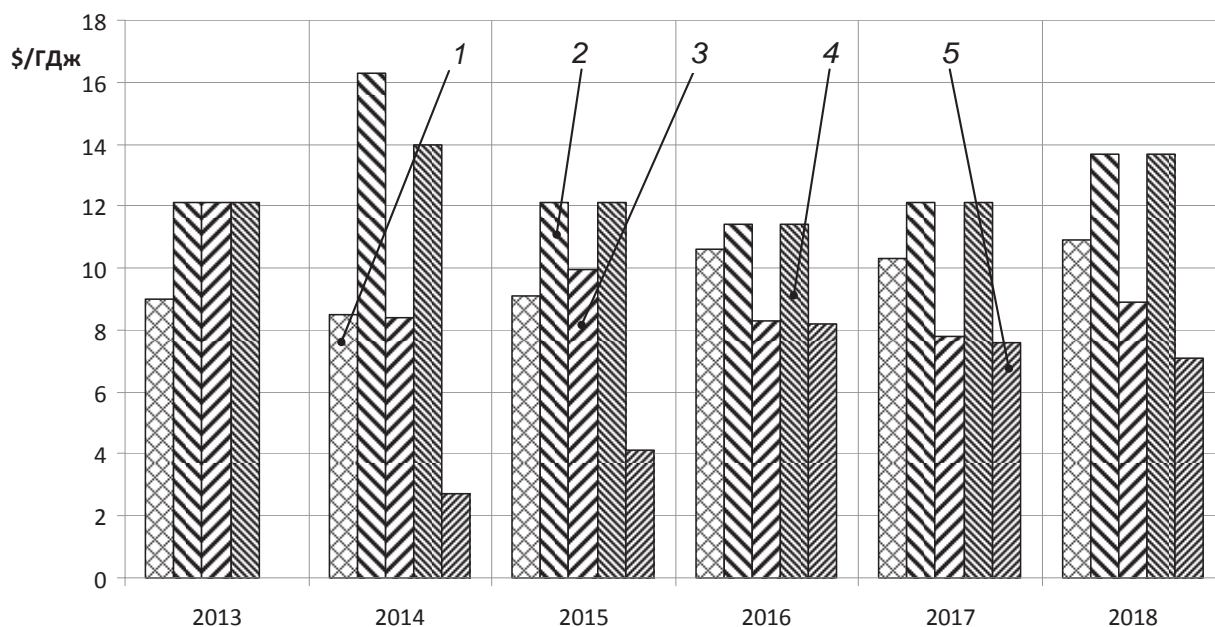
Рисунок 1 – Діаграма змінення вартості зерна кукурудзи (\$/т) і природного газу (\$/м³) для різних категорій споживачів України

Джерело: розроблено авторами

Для бюджетних організацій та промислового споживача встановлено, що за умов цін 2014 року вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 8,5 \$/ГДж, із газу – 16,3 \$/ГДж (1,91 рази більше), у 2015 р. із зерна кукурудзи складала 9,1 \$/ГДж, із газу – 12,1 \$/ГДж (1,32 рази більше), у 2016р. із зерна

кукурудзи складала 10,6 \$/ГДж, із газу – 11,4 \$/ГДж (1,08 рази більше), у 2017р. із зерна кукурудзи складала 10,3 \$/ГДж, із газу – 12,1 \$/ГДж (1,17 рази більше), у 2018 р. вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 10,9 \$/ГДж, із газу – 13,7 \$/ГДж (1,19 рази більше). За весь період, що проаналізовано, економічно доцільно використовувати для потреб отримання теплової енергії зерно кукурудзи замість газу (рис. 2).

Встановлено, що за умов цін 2014 року для населення вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 8,5 \$/ГДж, із газу – 8,4 \$/ГДж, у 2015 р. із зерна кукурудзи складала 9,1 \$/ГДж, із газу – 9,96 \$/ГДж, у 2016р. із зерна кукурудзи складала 10,6 \$/ГДж, із газу – 8,3 \$/ГДж, у 2017р. із зерна кукурудзи складала 10,3 \$/ГДж, із газу – 7,8 \$/ГДж, у 2018 р. вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 10,9 \$/ГДж, із газу – 8,9 \$/ГДж (рис.2). Встановлено, що для цієї категорії споживача економічно доцільно використовувати зерно кукурудзи для отримання теплової енергії тільки в умовах цін 2015 року. В інші періоди такі дії економічно не доцільні.



1 - зерно кукурудзи, 2 - бюджетні організації, 3 - промислові споживачі, 4 - населення, 5 - підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення

Рисунок 2 – Діаграма змінення вартості теплової енергії виробленої із зерна кукурудзи та природного газу для різних категорій споживачів, \$/ГДж

Джерело: розроблено авторами

Для підприємств "Теплокомуненерго", що виробляють теплову енергію для потреб населення, встановлено, що за умов цін 2014 року вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 8,5 \$/ГДж, із газу – 2,73 \$/ГДж, у 2015 р. із зерна кукурудзи складала 9,1 \$/ГДж, із газу – 4,1 \$/ГДж, у 2016р. із зерна кукурудзи складала 10,6 \$/ГДж, із газу – 8,2 \$/ГДж, у 2017р. із зерна кукурудзи складала 10,3 \$/ГДж, із газу – 7,6 \$/ГДж, у 2018 р. вартість теплової енергії, виробленої із зерна кукурудзи складала 10,9 \$/ГДж, із газу – 7,1 \$/ГДж. Встановлено, що для цієї категорії споживача економічно не доцільно використовувати зерно кукурудзи для отримання теплової енергії (рис. 2).

Висновки.

1. Встановлено економічну доцільність використання зерна кукурудзи в якості енергетичного матеріалу для виробництва теплової енергії за умов, коли вартість двох тонн зерна кукурудзи не перевищує вартості 1000 м³ природного газу.

2. Встановлено, що для бюджетних організацій та промислового споживача економічно доцільно використовувати для потреб отримання теплової енергії зерно кукурудзи замість природного газу. Відмічено, що у 2014 року вартість теплової енергії, виробленої із газу в 1,91 рази перевищувала показники енергії, отриманої із зерна кукурудзи, у 2015 р. – у 1,32 рази, у 2016р – 1,08 рази, у 2017р. – 1,17 рази, у 2018 р. – 1,19 рази відповідно.

3. Встановлено, що для населення та підприємств Теплокомуненерго, що виробляють теплову енергію для потреб населення, за умов цін на природний газ у 2016-2018рр. економічно не доцільно використовувати зерно кукурудзи для отримання теплової енергії.

Список літератури

1. Адамчук В.В., Шейченко В.О. Кукурудзяна альтернатива. *Газета Урядовий кур'єр*. від 11 липня 2014р.
2. Адамчук В.В., Шейченко В.О. Фактор зменшення енергетичної залежності. *Журнал Аграрний тиждень*. серпень 2014р., №14, с.19-21.
3. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / під заг. ред. Д. Шпаара. Київ.: Альфа-стевія ЛТД. 2009. 396 с
4. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації) / Черенков А.В. та ін. Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2012. 31 с.
5. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / В.Д. Гречкосій, М.Д. Дмитришак, Р.В. Шатров та ін. Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. 288 с.
6. Технологія вирощування кукурудзи на зерно / В.М. Кабанець та ін. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2012. 20 с.
7. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси. Узгоджена Головою Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, 2013. URL: http://www.journal.esco.co.ua/industry/2013_11/art225.pdf (дата звернення: 15.08.2019)
8. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення: практичний посібник / під заг. ред. Тормосова Р.Ю. Київ: ТОВ «Поліграф плюс», 2015. 208 с.
9. Справочник потребителя біотоплива / под. ред. Виллу Вареса. Таллін: Таллінський технічний університет, 2005. 183 с.
10. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ №7. Біоенергетична асоціація України, 2014. 33 с.
11. Sustainable Corn Stover Harvest for Biofuel Production / Mark Jeschke and Andy Heggenstaller URL: http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/industrialbiotechnology/documents/IB-PDF_01_Pioneer_Crop_Insights.

References

1. Adamchuk, V.V. & Shejchenko, V.O. (2014). Kukurudziana al'ternatyva [The Corn Alternative]. *Hazeta Uriadovyy kur'ier – The Government Courier Newspaper*. (July 11, 2014) [in Ukraine].
2. Adamchuk, V.V. & Shejchenko, V.O. (2014). *Faktor zmenshennia enerhetychnoi zalezhnosti. [Factor for reducing energy dependence]. Zhurnal Ahrarnyj tyzhden'– Agrarian Week*. (August 2014, №14, p.19-21) [in Ukraine].
3. Shpaara, D. (Eds).(2009). *Kukurudza. Vyroschuvannia, zbyrannia, konservuvannia i vykorystannia. [Growing, harvesting, canning and use]*. Kyiv.: Al'fa-stevia LTD [in Ukraine].

4. Cherenkov, A.V., Tsykov, V.S., Dziubets'kyj, B.V., Shevchenko, M.S. et al. (2012). *Intensyfikatsiia tekhnolohij vyroschuvannia kukurudzy na zerno – harantiia stabilizatsii urozhajnosti na rivni 90-100 ts/ha (praktychni rekomendatsii) [Intensification of corn cultivation technologies for grain - guarantee of crop stabilization at 90-100 c / ha (practical recommendations)]*. Dnipropetrovs'k: DU Instytut sil's'koho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy [in Ukraine].
5. Hrechkosij, V.D., Dmytryshak, M.D. & Shatrov, R.V. (2012). *Kompleksna mekhanizatsiia vyrobnytstva zerna [Complex mechanization of grain production]*. Kyiv: TOV «Nilan-LTD» [in Ukraine].
6. Kabanets', V.M., Sobko, M.H., Dubovyk I.I. et al. (2012). *Tekhnolohiia vyroschuvannia kukurudzy na zerno [Technology of corn cultivation for grain]*. Sad: Instytut sil's'koho hospodarstva Pivnichnoho Skhodu [in Ukraine].
7. Methods of generalized estimation of technically achievable biomass energy potential. Agreed by the Head of the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, 2013. Retrieved from http://www.journal.esco.co.ua/industry/2013_11/art225.pdf [in Ukraine].
8. Tormosova, R.Yu. (Eds.). (2015). *Bioenergy projects: from idea to implementation*. Kyiv: TOV «Polihraf plus» [in Ukraine].
9. Villu, Varesa (Eds.). (2005). *Biofuel Consumer Directory*. Tallinn: Tallin: Tallinskij tehničeskij universitet [in Russian].
10. Geletukha, G.G. & Zhelezna, T.A. (2014). Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine. Analytical note BAU №7. Bioenergy Association of Ukraine, 2014. - 33 p. [in Ukraine].
11. Mark, Jeschke & Andy, Heggenstaller. Sustainable Corn Stover Harvest for Biofuel Production. www.dupont.com. Retrieved from http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/industrialbiotechnology/documents/IB-PDF_01_Pioneer_Crop_Insights [in English].

Viktor Sheychenko, DSc., Senior Researcher, **Ihor Dudnikov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci. *Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine.*

Vitalii Shevchuk, PhD tech. sci., Senior Researcher, **Mykhailo Shevchuk**, post-graduate *Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine*

Maize Grain - a Factor for Reduction of Ukraine's Energy Dependence

The article is devoted to solving the urgent problem of ensuring the energy independence of Ukraine through the use of renewable energy sources of vegetable origin. The conditions of economic feasibility of using corn grain as energy material for heat production by different categories of consumers - budget organizations, industrial enterprises, population and enterprises of Teplocomunenergo, which produce heat for the needs of the population of Ukraine, are considered and investigated.

Based on the analysis of the energy equivalent of corn and natural gas, it can be concluded that, provided that the cost of two tonnes of grain does not exceed the value of 1000 m³ of gas, it is economically feasible to use corn grain as energy raw material for heat production. Analyzing this proposal for different categories of consumers in Ukraine, we used an approach based on assumptions regarding the evaluation of corn grain combustion efficiency compared to the 20 million tonne corn grain market, the purchase of the corresponding natural gas combustion, and generation of thermal energy. Based on the calculations, the corn and natural gas cost changes diagrams are presented and the cost of heat produced from corn and natural gas for different categories of Ukrainian consumers. It has been found that it is economically feasible to meet the needs of budgetary organizations and industrial enterprises to obtain corn grain heat instead of gas. At the same time, it is economically expedient for the population to use corn grain for heat only in 2015 prices. In other periods, such actions are not economically feasible.

The economic feasibility of using corn grain as an energy material for thermal energy production has been established, provided that the cost of two tons of corn grain does not exceed the value of 1000 m³ of natural gas. It has been found that it is economically feasible for budget organizations and industrial consumers to use corn grain instead of natural gas for heat energy. It was noted that in 2014, the value of heat produced from gas was 1.91 times higher than the energy obtained from corn, in 2015 - 1.32 times, in 2016 - 1.08 times, in 2017. - 1.17 times, in 2018 - 1.19 times, respectively.

natural gas, corn grain, grain burning, specific heat of combustion, thermal energy

Одержано (Received) 08.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 04.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019