

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СУШІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Я. Д. Ярош, к.т.н., доцент, Житомирський національний агроекологічний університет

У статті зроблено огляд типів палива, що використовуються для сушіння сільськогосподарських матеріалів. Проведено порівняльний аналіз техніко-економічних та екологічних факторів використання різних типів палива для сушарок. Проведені аналітичні дослідження доводять ефективність застосування біопалива в процесах післязбиральної доробки сільськогосподарської сировини та вказують на необхідність подальшого удосконалення технічних засобів для очищення продуктів горіння біомаси. Встановлено, що розробка технічних рішень з метою адаптації сушильних агрегатів до наявної сировинної бази потребує подальшого дослідження.

Ключові слова: сушіння, біомаса, ефективність, очищення, піроліз, циклон, фільтр.

Постановка проблеми. В Україні піддається сушці близько 30% всього зерна, а в окремі роки до 70%, особливо у північних регіонах нашої країни [1]. На сьогодні в Україні в більшості випадків використовують сушарки, у яких енергоносіями для виконання процесу сушіння є викопні види палива та електроенергія. Причому переважна більшість сушарок працюють на природному газі. На сьогодні економічні реалії спонукають сільськогосподарське виробництво шукати шляхи до зменшення використання викопних видів палива за рахунок: а) підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві; б) розробки та удосконалення технічних засобів для використання

відновлюваних джерел енергії, зокрема біопалива.

Аналіз результатів останніх досліджень

Використання біопалива дозволяє в 3-6 разів знизити грошові витрати та паливо для сушіння сільськогосподарських матеріалів [2, 3]. В Україні та за кордоном топки для спалювання біомаси, потужність яких становить зазвичай 2...500 кВт, знаходять все більш ширше застосування і використовуються в процесах післязбиральної обробки сільськогосподарських матеріалів (СГМ).

Для порівняльного аналізу різних видів палива наведені значення енергоємності різних видів палива згідно [2] відображено на рис 1.

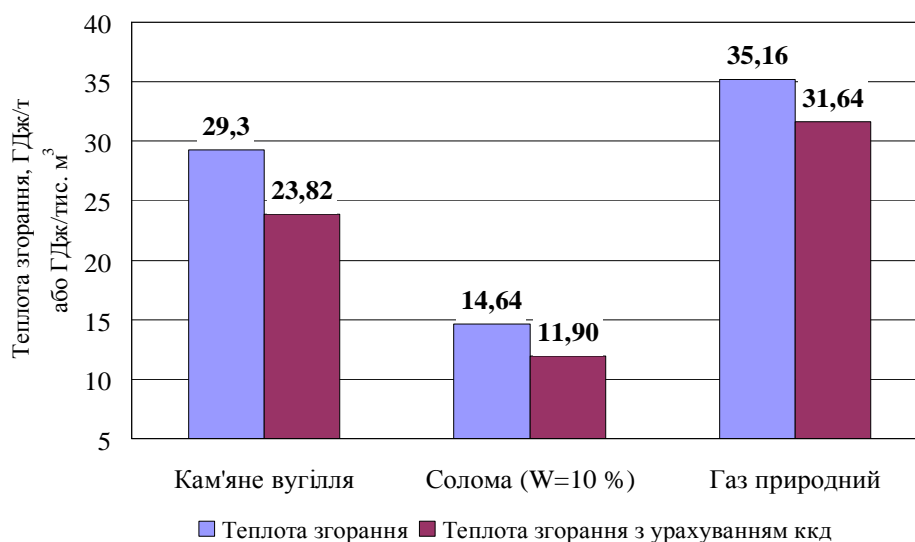


Рис.1. Питома енергоємність різних видів палива [2]

В роботі [4] проведено оціночне порівняння вартості гікакалорії тепла отриманого від спалювання різних типів енергоносіїв станом на початок 2016 року, що відображено в таблиці 1. З врахуванням питомої вартості гікакалорії тепла (табл.1.), отриманого від спалювання традиційних не відновлювальних видів енергоносіїв (природний газ, мазут, дизпаливо, антрацит та ін.), економічні реалії спонукають виробників перехо-

дити від традиційних викопних енергоносіїв до відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Це призвело до розробки нового сушильного обладнання яке використовує для нагріву теплоагента теплоту від спалювання біопалива (пелет, рулонів (тюків) із соломи зернових колосових культур і міскантуса, лушпиння соняшнику, тирси, дерев'яних трісок, дров та інших агровідходів) [1].

Таблиця 1. Оціночне порівняння вартості гікакалорії тепла отриманого від спалювання різних типів енергоносіїв станом на початок 2016 року

Вид палива	Калорійність, Ккал	ККД обладнання,%	Ціна за одиницю палива, грн..	Ціна за 1 Гкал, грн..
Газ	8050 м ³	90	7,188 грн/м ³	892
Електроенергія	860/кВт	98	1,49 грн./кВт	1732
Дизпаливо	8240/ дм ³	92	17 грн./дм ³	2063
Вугілля (Антрацит)	6000/кг	85	3,3 грн./кг	550
Пелети (деревина)	4200/кг	85	2 грн./кг	476
Пелети (солома)	4400/кг	85	1,66 грн./кг	377
Торфобрикети	3900/кг	85	1,6 грн./кг	410

Так, наприклад, компанія МЕРУ здійснила власну оцінку ефективності використання різних

видів палива теплогенераторів сушарок, що відображено в таблиці 2.

Таблиця 2. Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплогенераторів фірми МЕРУ при різних видах палива [1]

Вид палива	ККД (%)
Електроенергія	97,0
Газ	87,1
Гранули деревинні	86,0
Дизельне паливо	81,6
Деревина суха тирса	80,5
Мазут	72,6
Кам'яне вугілля	56,1
Дрова	49,5
Торф	38,6
Сира деревина тирса	35,1

Як походить з проаналізованих даних (рис.1, табл. 1, 2) спалювання біомаси в сушильних агрегатах являється ефективним способом зниження витрат на післязбиральну обробку СГМ.

На сьогодні в багатьох країнах світу широко використовують біомасу з однорічним циклом

відновлювання [3]. В середньому Україна виробляє близько 50 млн т зернових та приблизно таку ж кількість соломи, а 20-40% від цієї кількості може використовуватись для виробництва енергії [4]. Результати досліджень в роботі [5] показують, що енергетичний потенціал по біомасі в Україні

складає 23,1 млн. тон умовного палива в рік (див. | табл. 3)

Таблиця 3. Енергетичний потенціал по біомасі в Україні [5]

Вид палива	Енергетичний потенціал млн. т у. п/рік
Солома зернових культур	5,6
Стебла і качани кукурудзи	2,4
Стебла і лушпиння соняшнику	2,3
Біогаз з гною та орган. відходи	1,6
Деревне паливо та відходи	2,0
Паливні брикети з твердих побутових відходів	1,9
Рідкі палива (біодизель, біоетанол)	2,2
Енергетичні плантації (верба, тополя)	5,1
Разом	23,1

Світові лідери у виробництві сушильної техніки, зокрема Kepler Weber, Petkus, Farm Fans, QED, Meyer, Antti, Мері виготовляють сушарки, котрі здатні працювати на різних типах палива.

Крім того, в ряді випадків спалювання біомаси є набагато більш екологічно дружнім процесом в порівнянні зі спалюванням традиційних видів палива. Так, наприклад, містить мікродомішки токсичних речовин і урану в набагато більшій концентрації ніж земна кора [6]. При спалюванні біомаси виділяється в 10-20 разів менше сірки та

в 3-5 разів менше золи, ніж при спалюванні вугілля. З точки зору емісії вуглекислого газу біопаливо є нейтральним так як кількість виділеного вуглекислого газу рівна кількості поглинутого вуглекислого газу біомасою під час росту.

В роботі [7] зроблено порівняльну оцінку фізичних і хімічних властивостей біопалива та вугілля з позиції впливу процесу спалювання видів палива на навколишнє середовище (див. табл. 4)

Таблиця 4. Деякі фізичні і хімічні властивості біопалива і вугілля [7]

Властивості	Біопаливо	Вугілля
Розмір частинок (мм)	3	100
Вміст С (%)	43-54	65-85
Вміст О (%)	35-45	2-15
Вміст S (%)	максимум 0,5	0,5-0,75
Вміст SiO ₂ (%)	23-49	40-60
Вміст K ₂ O (%)	4-46	2-6
Вміст Fe ₂ O ₃ (%)	1.5-8.5	8-18

Але на фоні бурхливого розвитку сушарок СГМ, в яких відбувається спалювання біомаси, виникає необхідність очищення та знепилювання (відбуваються втрати золи) димових газів сушильної установки. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище використовуються різноманітні очисні установки.

Метою дослідження є комплексна оцінка використання різних видів палива для сушіння СГМ та визначення ефективних способів очищення та знепилювання газів сушильної установки.

Результати досліджень. В літературних джерелах [8,9] негативний вплив продуктів спалювання біомаси на оточуюче середовище розділяють на 2 складові: газоподібні і тверді викиди в атмосферу та зола, яку слід утилізувати. При сталюванні біомаси утворюється основна зола (осідає на підтопки) і летуча частина золи. Шкідливими газоподібними викидами вважаються викиди сірки (SO₂), азота (NOx¹¹) угарний газ (CO), вуглеводні і вуглекислий газ (CO₂) [8]. Для уловлювання летючої золи використовується різне обладнання: мультициклони, скрубери, тканинні та електрофільтри [9]. Способи очищення газоподібних продуктів спалювання біомаси можна поділити на 2 типи [10]: сухі (циклони, мультициклони, сухі електрофільтри, тканинні фільтри та ін.); вологі (скрубери, електроосаджуючі скрубери та ініші).

три та ін.); вологі (скрубери, електроосаджуючі скрубери та ініші).

Найбільш широко використовуваними для очищення від золи є мультициклони. Мультициклони (рис.2.) здатні знижувати рівень летючої золи до ~150 мг/Нм³ [8]. У зв'язку з простотою і дешевизною обладнання мультициклони широко використовуються у котельнях. Циклони і мультициклони вловлюють частинки з аеродинамічним діаметром більше 10 мкм. Але створення надлишково тиску і високих температур дозволяє ефективно (ефективність 70%) очищувати газ від частинок з аеродинамічним розміром 2-5 мкм [10]. Водночас існує альтернатива циклонам у вигляді ударних сепараторів [11] та агломераторів [12]. Спеціальні циклони здатні працювати при температурах порядку 1000°C [13].

Тканинні фільтри забезпечують рівень вмісту золи на рівні 10-50 мг/Нм³ [8]. Але тканинні фільтри потребують постійної регенерації з іншої сторони температура газів, що проходять очищення, має бути не більше ~ 180°C, в деяких випадках (вологі фільтри) ~250°C [14,15]. Тканинні фільтри можуть бути використанні як другий щабель очищення після мультициклонів.

В останні роки значна увага приділяється використанню фільтрів з керамічним пористим фільтруючим елементом (найчастіше на основі Вісник Сумського національного аграрного університету

карбиду кремнію та різних композитних керамік), такі фільтри здатні затримувати до 99.99% частинок розміром менше 100 мкм рис.3 [16]. При цьому у таких фільтрах робоча температура може сягати 400 °С.

Також як другий щабель очищення широке використання знайшли електрофільтри та комбіновані апарати які включають в себе електрофільтр та тканині фільтри [13-20]

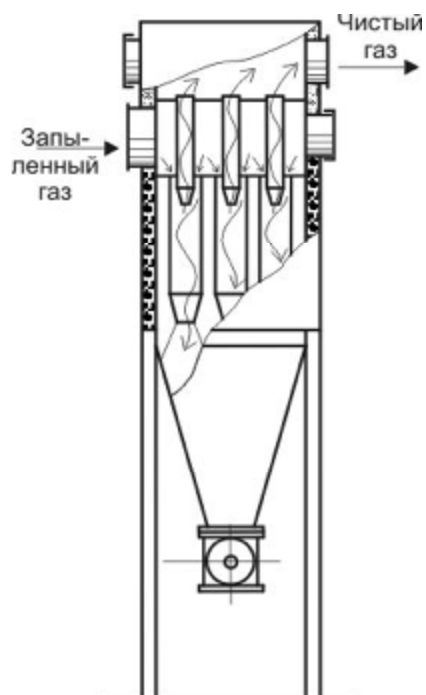


Рис. 2. Мультициклон

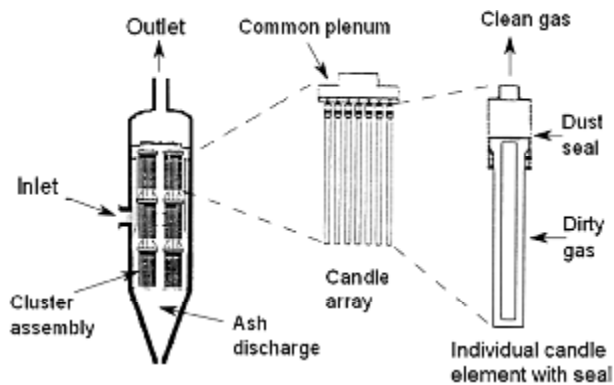


Рис.3. Фільтр з керамічним фільтруючим елементом [20]

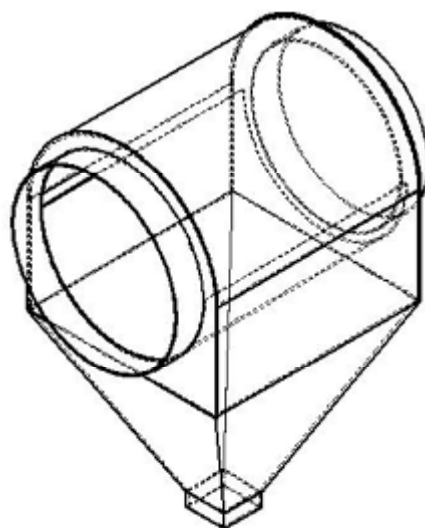


Рис. 4. Газохід із замкнутим контуром

Одним з ефективних та відносно дешевих прикладів систем очищення є використання відцентрових апаратів із замкнутими контурами [8]. За даними [8] знепилювання викидів в атмосферу циклонами в 3-5 разів дешевше, ніж при використанні рукавних фільтрів та електрофільтрів. В пропонуваній системі очищення [8] у горизонтальному газоході із замкнутим контуром - прямолинійному циклоні (рис 45.) закручений транзитний потік димових газів знепилюється.

За рахунок того, що у центральній області даного газоходу сильно закручується транзитний потік виникає поворотна течія, котра сприяє переходу зольних часток з транзитного до циркулюючого потоку. Підвищення в циркулюючому потоці концентрації золи прискорює коагуляцію її часток і виділення їх агрегатів в пилезбірнику [8].

Висновки.

Ефективне використання біопалива для сушіння СГМ є перспективним шляхом до зниження енергетичної залежності підприємств та суттєвого зниження витрат на післязбиральну обробку, зокрема на сушіння. Більшість світових виробників сушарок адаптують с ушарки до різних видів палива в т.ч. для біопалив. Спалювання біопалива є більш дружнім до навколишнього середовища процесом ніж спалювання деяких викопних видів палива, зокрема вугілля. Разом з тим емісія газоподібних і твердих включень при спалюванні біопалива є вищою ніж при спалюванні природного газу. Ця обставина та екологічні нормативи вимагають удосконалення існуючих та розробки нових технічних засобів для ефективного використання біопалива в процесах післязбиральної обробки СГМ.

Список використаної літератури:

1. Відповідність зерносушарок фірми МЕРУ вимогам технічних регламентів безпеки машин та низьковольтного електричного обладнання / Г. О. Тетівник, С. П. Твердохліб, О. В. Єсіпов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. -

2015. - Вип. 156. - С. 287-294.

2. Кухарець С.М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. Механіко-технологічні основи: монографія / С.М. Кухарець – Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 192 с.

3. Кухарець С. Н. Обеспечение рационального использования сырья для получения биотоплив в агропромышленном комплексе / С. Н. Кухарець, Г. А. Голуб, С. В. Драгнев // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 69–75.

4. Голуб Г. А. Ефективність функціонування багатопрофільного сільськогосподарського підприємства / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212, ч. 2. – С. 35–44.

5. Пазюк В. М. Сучасні зерносушарки та заходи з їх енергетичного вдосконалення / В. М. Пазюк, О. Д. Пазюк, В. В. Савчук. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2015. – №2. – С. 57–61.

6. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества [Электронный ресурс] // Ядерная физика в интернете – Режим доступа до ресурсу: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm>.

7. A review on biomass as a fuel for boilers / [R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas та ін.]. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – №15. – С. 2262–2289.

8. Знепилювання газових викидів сушильної установки / О. О. Буров, О. І. Буров, Л. В. Винограденко // Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. - 2014. - Вип. 74. - С. 115-119.

9. Справочник потребителя биотоплива [под. ред. Виллу Вареса]:Таллинский технический университет / Вилу Варес, Юло Касък, Пеэтер Муйсте, Тыну Пиху, Сулев Соосаар. – Таллинн, 2005. – 184 с.

10. Darcovich K, Jonasson K A, Capes C E. Developments in the control of fine particulate air emissions. Advanced Powder Technology 1997; 8(3): 179–215.

11. Atimtay AT. Cleaner energy production with integrated gasification combined cycle systems and use of metal oxide sorbents for H₂S cleanup from coal gas. Clean Technol Environ Pol 2001;2(4):197e208.

12. Cummer KR, Brown RC. Ancillary equipment for biomass gasification. Biomass Bioenergy 2002;23(2):113e28.

13. Tsai P P, Schreuder-Gibson H, Gibson P. Different electrostatic methods for making electret filters. Journal of Electrostatics 2002; 54 (3–4):333–41.

14. Seville JPK. Gas cleaning in demanding applications. 1st ed., vol. xv. London ; New York: Blackie Academic & Professional; 1997. 308 pp.

15. Peukert W. High temperature filtration in the process industry. Filtrat Separ 1998;35(5):461e4.

16. A review on methods of flue gas cleaning from combustion of biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews 29 (2014) 854–864. Renu Singh, Ashish Shukla.

17. Ji JH, Bae G N, Kang S H, Hwang J. Effect of particle loading on the collection performance of an electret cabin air filter for sub micron aerosols. J ournal of Aerosol Science 2003; 34:1493–504.

18. Nifuku M, Zhou Y, Kisiel A, Kobayashi T, Katoh H. Charging characteristics for electret filter materials. Journal of Electrostatics 2001;51–52:200–5.

19. A review of cleaning technologies for biomass-derived syngas. biomass and bioenergy 52 (2013) 54-84. Patrick J. Woolcock*, Robert C. Brown

20. Sharma SD, Dolan M, Park D, Morpeth L, Ilyushechkin A, McLennan K, et al. A critical review of syngas cleaning technologies-fundamental limitations and practical problems. Powder Technol 2008;180(1e2):115e21.

Я.Д. Ярош Проблемы использования возобновляемых источников энергии для сушки сельскохозяйственных материалов

В статье сделан обзор типов топлива, используемых для сушки сельскохозяйственных материалов. Проведен сравнительный анализ технико-экономических и экологических факторов использования различных типов топлива для сушилок. Проведенные аналитические исследования доказывают эффективность применения биотоплива в процессах послеуборочной доработки сельскохозяйственного сырья и указывают на необходимость дальнейшего совершенствования технических средств для очистки продуктов горения биомассы. Установлено, что разработка технических решений с целью адаптации сушильных агрегатов имеющейся сырьевой базы требует дальнейшего исследования.

Ключевые слова: сушка, биомасса, эффективность, очистка, пиролиз, циклон, фильтр.

Y. Yarosh Problems renewable energy for drying agricultural materials

This article reviews the types of fuel used for drying agricultural materials. A comparative analysis of the technical, economic and environmental factors using different types of fuel dryers. Analytical studies demonstrate efficacy of biofuels in the process of post harvest handling of agricultural raw materials and

indicate the need for further improvement of means for cleaning the combustion products of biomass. It was established that the development of technical solutions to adapt the drying units to the existing resource base requires further study.

Keywords: *drying, biomass, efficiency, purification, pyrolysis, cyclone, filter.*

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.