

М. Занько, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, завлабораторії наукових досліджень і випробувань машин для збирання та первинної переробки врожаю, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Теплогенеруючі комплекси ГТКТ (ГК ICK Group), що працюють на подрібненій енергетичній біомасі для зерносушильних комплексів шахтного типу, є альтернативою газоподібного і рідкого палива. Їх використовують у складі нових і діючих зерносушильних комплексів вітчизняного та зарубіжного виробництва (типу Perry, Strahl, M819 і M820, ДСП і ін.) різної продуктивності. Вони орієнтовані на зниження витрат під час сушіння зерна і передбачають застосування теплогенеруючих комплексів ГТКТ TM GRANTECH (теплову потужністю від 0,5 до 10,0 МВт) для підготовки сушильного агента.

Теплогенеруючі комплекси побудовані на базі лінійки теплогенераторів ТГ потужністю від 0,8 до 8,5 МВт, у яких впроваджена технологія вихрового спалювання подрібненого біопалива. Її застосування дає змогу ефективно спалювати біопаливо, отримуючи на виході чистий тепловий агент, що не містить у собі недопалу і твердих часток палива. Залежно від призначення і якості зерна пропонуються два типи теплогенеруючих комплексів ГТКТ:

- ◆ із теплообмінником — для продовольчого та насінневого зерна (агент сушіння — чисте підігріте атмосферне повітря);
- ◆ без теплообмінника — для фуражного зерна (агент сушіння — газоповітряна суміш).

Паливом для теплогенеруючих комплексів ГТКТ є подрібнені рослинні відходи сільського господарства (солома, стрижні качанів кукурудзи, кошики і лушпиння соняшнику, рослинні рештки ріпаку, сої, насіння бур'янів, міскантус, енергетична верба, райграс тощо) і деревопереробки (деревина, щепи, тирса і т. д.), а також гранульоване паливо. Якщо у господарстві немає в наявності власних видів біопалива, можна застосувати готові пелети, але таким чином досягти економії вдасться не більше ніж у два рази.

Теплогенератори «ВЕГА ТГ-500(1000)» (розроблені за сприяння ТОВ «НДІ впровадження промислових технологій») призначені



ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ НА БІОМАСІ: ефективно, продуктивно, економно



ОСОБЛИВОСТІ ГТКТ

- ◆ Можливість автоматичного регулювання температури сушильного агента на вході у зерносушильний комплекс у межах від 60 до 300°C.
- ◆ Високий ступінь автоматизації запобігає небажаному впливу суб'єктивного фактора.
- ◆ Відповідність чинним екологічним, санітарним нормам і вимогам щодо безпеки, у т. ч. пожежної.
- ◆ Розв'язання проблеми утилізації рослинних відходів сільського господарства.
- ◆ Можливість використання на полях господарства попелу як добрива.

Високий ступінь автоматизації теплогенеруючих комплексів дає змогу забезпечити необхідну якість зерна (враховуючи складнощі сушіння олійних культур) і безпеку експлуатації устаткування обслуговуючим персоналом.

насамперед для комплектації нових сушильних комплексів для сушіння зерна, заміни газових пальників у вже встановлених сушильних комплексах, а також обігрівання приміщень різного призначення. Теплогенератор «ВЕГА ТГ-500 (1000)» складається із камери згорання, теплообмінника, вентиляторів і димовідводу. Паливом для нього слугує буре вугілля, торф, тирса, деревна тріска, подрібнені коріння і гілки, гранула, брикет, лушпиння гречки і соняшнику, солома, очерет, а

також різні види відходів і залишків виробництва, таких як: ДВП, МДФ, ДСП, відходи птахофабрик та багато іншого.

Під час горіння палива виділяються гази високої температури. Гарячі гази, отримані в результаті згорання палива у камері теплогенератора, надходять у теплообмінник, де проходять комплексом трубних каналів і через димохід викидаються в атмосферу. Під час проходження газів через теплообмінник основна частина тепла передається тепловому агенту. Теплообмінник обдувається потоком повітря, яке надходить від нагнітального вентилятора. Конструкція теплообмінника спроектована таким чином, щоб він міг віддати максимально можливу температуру топкових газів повітря, що нагнітається вентилятором. Далі повітропроводами теплогенератора нагріте до потрібної температури повітря спрямовується до об'єкта опалювання або сушіння. Температура повітря регулюється автоматикою контролера у межах від 40 до 130°C. Залежно від сфери застосування «ВЕГА ТГ-500» комплектується сучасним контролером управління роботою теплогенератора. Цей пристрій за своєю суттю є мініатюрним комп'ютером із вбудованим програмним забезпеченням, основне завдання якого — інформувати про основні параметри роботи

обладнання і забезпечувати точне та водночас легке управління твердопаливним теплогенератором.

Система управління виконує також аварійне відключення електродвигунів вентиляторів за перевантаження та в разі виникнення різних нештатних ситуацій.



Твердопаливний теплогенератор «ВЕГА ТГ-500»

го виготовлення з отриманої маси паливних брикетів). Використовують її також для розподілення тюків соломи діаметром 1,2; 1,4; 1,8 м на паливні блоки меншого розміру та для подрібнення тюків соломи або насипно-

го сіна на різні фракції під час приготування кормів, матеріалу для підстилки тваринам тощо.

■ Біотеплогенератори ОТД (Дунаєвецький ЛМЗ, ТОВ «Елеваторний Альянс» і AG-Projekt) призначені для спалювання твердого та органічного палива, біовідходів, соломи і подавання теплового агента у зернову сушарку. До його складу входять піч і теплообмінник закритого типу, виготовлені з високоякісної жаростійкої сталі, а також система димоходів та шафа управління установкою. Залежно від моделей сушарок теплогенератори на біопаливі можуть комплектуватися різними типами вентиляторів для подавання гарячого повітря. Опалювальний твердопаливний Дунаєвецький (ОТД) біотеплогенератор використовує такі види палива: пелети деревні, гранули паливні, брикет, тріску деревну, дрова, солому тюковану (подрібнену), сухі органічні відходи від переробки зернових та олійних культур. Витрата енергоносія, залежно від вологості і калорійності, становить 2,2–6 кг на 1 т/%.

До комплексу біотеплогенераторів ОТД входить також січкаря «Дунаївчанка». Вона призначена для подрібнення соломи і сіна (для подальшо-

■ Теплогенератор для зерносушарок (ТОВ «Будпостач») призначений для зерносушильних комплексів продуктивністю від 1 до 50 т/год.

Необхідний температурний режим теплогенератора забезпечує автоматична система регулювання температури горіння. До її складу входять: датчики температури у камері згорання, блок керування теплогенератором, автоматичні регулятори подавання повітря і палива.

Залежно від виставленої користувачем температури, система підтримує автоматичне подавання відповідних обсягів повітря і палива у топку теплогенератора, що сприяє повному спалюванню палива й отриманню максимального коефіцієнта корисної дії (ККД). За потреби дані із датчиків теплогенератора можуть передаватися на пульт керування, де фіксуються всі необхідні параметри: ККД теплогенератора, витрата палива й об'єм виробленого тепла.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА (ТОВ «БУДПОСТАЧ»)

- ◆ Температура повітря на виході може досягати 145°C
- ◆ Автоматичне регулювання температури повітряного потоку
- ◆ Швидкий і якісний вихід на номінальну потужність
- ◆ Автоматичне подавання палива
- ◆ Тривала і разом з тим автономна робота без участі людини
- ◆ Зручне технічне та технологічне обслуговування теплообмінника
- ◆ Можливість переходу на інший вид палива у робочому режимі без потреби переналаштування системи
- ◆ Електронна система управління (програмований контролер)
- ◆ Низький рівень енергоспоживання (порівняно з конкурентами)

■ Твердопаливний теплогенератор мобільної сушарки OZSU (компанія OZSU, Туреччина).

Конструктивно зерносушарки OZSU, що працюють на твердому паливі, за принципом сушіння не відрізняються від сушарок, джерелом тепла в яких є спалювання газу або дизпалива. Відмінність становить теплогенератор, який складається із топки (у нижній частині) і теплообмінника (підігрівача повітря), розташованого над топкою. Подавання палива у топку відбувається автоматично за допомогою гвинтових шнеків. Завдяки теплообміннику в сушарку надходить чисте, без домішок продуктів згорання, повітря. Для підвищення ККД теплогенератора використано триходовий теплообмінник (саме це відрізняє турецький теплообмінник від поширених двоходових). І зерносушарка, і теплогенератор змонтовані на рамі як одне ціле. Тому твердопаливні зерносушарки OZSU транспортуються так само легко, як і сушарки, що працюють на газу і дизпаливі. Теплогенератор обладнано спеціальним пелетним пальником, який забезпечує ефективне спалювання палива у зваженому, псевдозрідженому, стані. Цей теплогенератор має вищий ККД, а пальник за ефективністю рівнозначний газовим пальникам. Замість пелет, як паливо можна використовувати вугілля, бите сухе зерно та інші сипкі матеріали, які піддаються автоматизованому завантаженню у топку для спалювання в теплогенераторі.

■ Компанії «Елеваторний Альянс» («Порцелакінвест») і AG-Projekt розробили дві основні технології підігріван-

Робочі характеристики теплогенераторів «ВЕГА»

Показник	Модель		
	ТГ-500	ТГ-1000	
Номінальна продуктивність, кВт	500	1000	
Паливо	Дрова		
	основне	Тріски, брикет, інше	
альтернативне			
Разове завантаження палива, м ³	1,2	1,5	
Час горіння разового завантаження палива, год	2–6		
Маса теплогенератора, кг	7000	10000	
Температура повітря на виході із теплогенератора, °C	45–120		
Максимальна температура повітря, °C	120		
Споживання електроенергії (система контролю + вентилятор + димохід), кВт	5	7	
Габаритні розміри, мм	довжина	5350	6970
	ширина	2150	2350
	висота	2100	2300
Продуктивність теплогенератора за нагріванням повітря, м ³ /год	24000	40000	

Конструктивна схема сушильного комплексу із застосуванням біотеплогенератора ОТД



Порівняльна вартість отримання 1 Гкал від різних енергоносіїв (за даними ТОВ «Вега Агро»)

Вид палива	Калорійність, Ккал	ККД обладнання, %	Ціна за одиницю палива, грн	Ціна за 1 Гкал, грн
Газ, м³	8050	90	7,2	972,0
Електроенергія, кВт	860	98	1,68	1953
Дизпаливо, дм³	8240	92	20,0	2362,88
Дрова (вологістю 40%), кг	1950	85	0,45	271,00
Пелети (деревні), кг	4200	85	2,50	700,0
Вугілля (антрацит), кг	6000	85	3,00	588,23
Торфбрикет, кг	3900	85	1,45	436,81

Технічні характеристики біотеплогенераторів ОТД

Показник	ОТД 240	ОТД 330	ОТД 500	ОТД 600	ОТД 1000	ОТД 1500	ОТД 2000	ОТД 2500	ОТД 3000	
Теплова потужність, кВт (витрата енергоносія на 1 т/год: пелети — 2,6 кг, тріска — 3, солома — 4–5 кг)	240	330	500	600	1000	1500	2000	2500	3000	
Температура повітря на виході, °С	До 120									
Продуктивність за нагрітим повітрям, м³/год; не менше	11 000	15 000	20 000	27 000	30 000	45 000	60 000	80 000	95 000	
Продуктивність вентилятора димоходу, м³/год	1000	2000	3000	4000	6000	9000	12 000	15 000	17 000	
Витрата палива, кг/год (за калорійності 16,8 МДж/кг)	65	90	120	160	270	400	540	670	800	
Маса, кг	1900	2400	2900	2900	6400	8300	9700	10 200	11 000	
Габаритні розміри, мм	довжина	3600	3900	6300	6500	7100	8400	9200	9600	9700
	ширина	1700	1700	1700	2700	2700	2900	3300	3300	3300
	висота (без димоходу)	2000	2200	2400	2800	2800	3000	3000	3000	3300

ня теплоносія, яким є повітря, використовуючи як паливо біомасу.

Перший варіант — це **печі марки BIO-PAL AG** (теплогенератори), розроблені під спалювання соломи, сіна або рослинних відходів, що залишаються після виготовлення лікарських трав. Модульна конструкція дає змогу зводити печі потужністю від 750 до 1500 кВт для сушіння зернових підігрітим до температури 70°С повітрям.

Другий варіант — **стандартні теплообмінники типу AG**, встановлені у каналі теплого повітря в шахті сушарки. Гарячі гази, що потрапляють у теплообмінник, є результатом згорання у топці різних рослинних решток, дрібної деревини і навіть зерновідходів. Топка за допомогою мотор-редуктора потужністю 0,37 кВт повільно, із певними паузами, обертається, що підвищує ефективність згорання біопалива. Розроблені топки

дають змогу сушити зерноматеріал із потужністю 500, 750, 1000, 2000 або 4000 (2×2000) кВт. Крім топки-котла (одна глибока або дві камери, спроектовані під розміри тюків соломи), до комплексу входять: водоповітряний обмінник, гідроустановка (циркуляційний насос зі зрівняльним баком) і трубна установка для видалення топкових газів.

Принцип роботи теплогенератора. Солома подається у біопіч брикетами (тюками) у формі паралелепіпеда 48×38×60 см через завантажувальний отвір у верхній частині пічної конструкції. Для забезпечення безперервної цілодобової роботи сушарки створюють відповідний запас палива: біля біопечі постійно стоїть причіп із приготованими тюками соломи, а зведений поруч із сушаркою конусний силос об'ємом близько 40–50 м³ заповнений сипкою фракцією біомаси

рослинного походження (лушпиння соняшнику, пелети та ін.), яка подається шнеком через верхній люк топки біопечі. Димові гази від спалювання соломи, соняшникового лушпиння та інших відходів не очищаються, а викидаються через димову трубу прямо в атмосферу. Кількісний склад димових газів залежить від вологості і виду спалюваної сировини.

Сушіння зерна відбувається з допомогою підігрітого повітря, яке нагнітається в шахту сушарки із навколишнього середовища і нагрівається шляхом теплопередачі енергії палаючих газів біопечі через стінки теплообмінника. Контроль режимів сушіння проводиться без участі людини — з допомогою автоматики, розміщеної в спеціальній шафі. Попіл із біопечі і теплообмінника видаляється вручну: з біопечі — через два піддувала, що розміщені під двома ревізійними пря-



Завантаження рулона соломи у піч марки BIO-PAL AG

Порівняльні характеристики біопалива за спалювання в теплогенераторі (за даними «Елеваторний Альянс» («Порцелакінвест»))

Вид палива	Енергія спалювання, МДж/кг (*МДж/м³)	Вміст продуктів згорання залежно від виду палива, %		Рівень викиду оксиду вуглецю (CO ₂), кг/ГДж
		сірка	попіл	
Гранули із дерева	17,5-19	0,1	1	0
Гранули із соломи	14,5-17	0,2	4,1-7	0
Солома (вологістю до 20%)	9-10,6	0,2	4,2-9	0
Тріски із дерева	10	0	1-1,5	0
Тирса із дерева	10	0	1-1,5	0
Природний газ*	35-38	0	0	57
Пропан/бутан (70/30%)*	101-110	0	0	160

Характеристики соломи за спалювання в теплогенераторі

Показник	Значення показника
Прийнятна вологість палива (співвідношення пропан/бутан у суміші)	20%
Виділювана енергія за спалювання 1 кг (1 м ³)	9 МДж = 2,5 кВт х год
Потрібна кількість сировини для отримання 1 МВт енергії	400 кг
Теоретична добова витрата палива для сушарки з двома біопечами потужністю 2 x 2 МВт	19 200 кг
Витрата енергоносія на зняття 1% вологості з 1 т зерна, кг	3,5–4
Середні показники викидів за леткими речовинами (CO, NO, NO ₂ , сажа) на 1 кВт, г	0,786
Середньодобове газоутворення, кг	До 60

могутніми отворами, через які за потреби оператор має можливість за допомогою кочерги перевертати палаючі тюки соломи. Попіл, що збирається усередині печі, під колосниковою чавунною обертовою решіткою, вигрібається скребком на довгій ручці. Попіл із теплообмінника, куди подається гаряче повітря, до складу якого входять продукти згорання рослинної біомаси, вигрібається скребком через ревізійний отвір, розташований на бічній стороні сушарки (з протилежного боку від місця розташування біопечі). За добу роботи теплогенератора кількість попелу становить 1–1,3 м³.

■ **Теплогенератор (приватна компанія «Техно-Т», м. Ніжин)** продуктивністю від 700 до 1900 кВт/год працює за принципом спалювання із пневматичним піддуванням у топку різних сипких відходів: вугільної крихти, торфу, тріски, тирси, курячої підстилки та інших виробничих відходів вологістю до 45%. Усередині він обкладений вогнетривкою цеглою. Теплогенератор комплектується іскрогасником, який 100%-во уловлює іскри і затримує 70% попелу; бункером — дозатором палива; системою датчиків для запобігання займанню — із функцією миттєвого гасіння; пультом керування із частотними перетворювачами. Застосовують на сушільних комплексах різного призначення.

■ **Теплогенератор із передтопкою (компанія «Крігер»)** працює на використанні твердого біопалива, зокрема відходів після збирання кукурудзи — стрижнів кукурудзяних качанів та їхніх обгортки.

Принцип його роботи: з допомогою автоматичної системи подавання палива надходить у топку — на колосникову решітку, яка сконструйована таким чином, щоб забезпечити якісне та повне спалювання палива вологістю до 55%. За спалювання матеріалу у передтопці створюється температура до 1100...1200°C. Гарячі газоподібні продукти згорання проходять очищення від твердих зважених часток (до 130 мг/м³) і потрапляють у повітронегрівач. Цей елемент теплогенератора має форму циліндра і складається із зовнішньої обшивки і перфорованої камери, що виготовлена із жаростійкого матеріалу. В камері згорання гарячі газоподібні продукти змішуються зі свіжим повітрям в обсязі 100 000 м³/год. Ця енергія спрямовується безпосередньо до сушарки. Рівень паливної ефективності — близько 100%.

Використання як палива кукурудзяних стрижнів та обгортки качанів потребує спеціальної технології збирання кукурудзи — в качанах. Компанія «Крігер» спільно з іноземною компанією «Дорф» пропонує особливу технологію сушіння зернових, яка включає повний цикл робіт, починаючи від збирання культури на полі до отримання висушеного зерна. Її суть полягає у тому, що для сушіння зерна як паливо використовуються кукурудзяні стрижні та обгортки качанів після збирання кукурудзи спеціальною технікою. За цією технологією стиглу кукурудзу збирають разом із качанами в обгортках. Така технологія збирання — без вимолочування зерна безпосередньо в полі — достатньо високопродуктивна: до 50–60 га/день. Далі в стаціонарних умовах відбувається відокремлення зерна кукурудзи від стрижнів і обгортки. Зерно подається в сушарку, а кукурудзяні стрижні і листостеблова маса використовуються як паливо. З огляду на те, що для сушіння зерна кукурудзи до оптимальної вологості потрібно спалити тільки 30% загальної маси кукурудзяних відходів (стрижнів та обгортки качанів), то решта цього палива може бути використана для отримання теплової або електричної енергії.

Плюси застосування твердопаливних теплогенераторів. Найголовніша перевага використання твердо-



паливного котла — це економія газу. У період енергетичної кризи, коли ціни на постачання газу досить нестабільні, таке рішення є дуже доцільним. Тим більше, що багато котлів здатні спалювати матеріали, що мають практично копійчану ціну: лушпиння і стебла соняшнику, солому, тирсу. Особливо цей варіант актуальний для сільськогосподарських підприємств, оскільки дає можливість із користю переробляти виробничі відходи. Ще один плюс, який дає спалювання біомаси, — висока тепловіддача. Її енергетичний вихід нічим не поступається вугільному — 75%, а обходиться таке паливо значно дешевше. За їхнього використання важливо приділяти належну увагу правильній підготовці біопалива для котла, тобто видаленню зайвої вологості. Звісно, кінцевий результат значною мірою залежить від характеристик і можливостей обраної установки.

ВИСНОВКИ

У зерновиробництві України все більшого поширення набуває використання зерносушарок та зерносушільних комплексів, у яких для отримання теплового повітря застосовують теплогенератори, що працюють на біопаливі. Їхнє застосування особливо актуальне в умовах високої вартості традиційних енергоносіїв — природного газу та дизельного палива. У складі ділянок теплогенерації вони здатні забезпечити теплову потужність від 1 до 10 МВт та сушіння зерна зерновими сушарками широкого модельного ряду різних виробників залежно від потужності — від 100 до 900 т/добу зерна кукурудзи (за зняття вологості від 35 до 15%) або іншого зерна. Продуктивність твердопаливних теплогенераторів визначається конструкційними особливостями та модульним способом комплектації. За нинішніх умов, що склалися із забезпеченням сільськогосподарського виробництва України традиційними енергоносіями — дизельним паливом та природним газом, доцільно терміново нарощувати обсяги застосування сушарок, які працюють на біопаливі.