

Корисна модель належить до твердого палива на основі пірокарбону, отриманого низькотемпературним піролізом промислових та побутових полімерних відходів та його застосуванням як основного компонента палива. Іншими складовими твердого палива використовували відходи первинної біомаси (сільськогосподарські культури: гречка, соняшник, кукурудза, а також відходи целюлозно-паперової промисловості: гофрокартон).

Корисна модель може бути використана при вирішенні екологічних питань комплексної переробки різноманітних органічних відходів, а також застосована в теплотехніці в автономних котлах опалення промислових, адміністративних приміщень та житлових будинків.

Відомий спосіб отримання паливних брикетів, що включає попередню підготовку їх складових, а саме змішування подрібненої фракції торфу (розміром ≤ 4 мм) та висушених і подрібнених відходів деревини та/або лузги гречки, рису, соняшника та інших зернових, після чого суміш вологістю 18,0-23,0 % пресується під тиском 80-100 МПа, а отримані брикети охолоджуються повітрям протягом 15-20 хв.

Недоліки такого способу є низькі механічні властивості отриманих паливних брикетів та недостатня їх теплота згоряння.

Відомий спосіб отримання альтернативного твердого палива на основі відходів від утилізації автомобільних шин методом піролізу, що включає попередню підготовку складових паливних брикет, а саме змішування вуглецю, отриманого із відходів автомобільних шин методом піролізу в кількості 88-99,7 % та додаткових інгредієнтів: соди каустичної 0,1-2,0 %, продуктів борошномельно-круп'яного виробництва, подрібненого до дрібнодисперсної фракції 0,1-6,0 % та води 0,1-10,0 % [патент України № 115012 С2, МПК (2010.11), МПК С10В 53/07 (2006.01), опубл. 28.08.2017].

Недоліком такої суміші є додаткове використання каустичної соди та продуктів борошномельно-круп'яного виробництва. Каустична сода зменшує теплоту згоряння паливної суміші, а продукти борошномельно-круп'яного виробництва здорожчують її ціну.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі є паливні брикети, виготовлені на основі пірокарбону, отриманого низькотемпературним піролізом полімерних відходів, де спосіб включає попередню підготовку водно-гофрокартонної суміші та її змішування із отриманим пірокарбоном та деревною тирсою розміром $\leq 2,5$ мм, вологістю 5-20 % мас., витримування її до утворення однорідної шихти та пресування під тиском 80-100 МПа, а отримані паливні брикети вигружали та висушували до постійної ваги [А.П. Ранський, Б.В. Коріненко, О.А. Гордієнко, В.О. Євдокименко. Альтернативна енергетика. Отримання паливних брикетів із пірокарбону термодеструкції полімерних відходів // Вісник Вінницького політехнічного університету. - 2023. - № 1. - С. 13-19].

Недоліком таких паливних брикетів є використання гофрокартону, у якому раніше клеючою основою був клей ПВА, а сьогодні, в основному, для виробництва гофрокартону використовують макулатуру марки МС-2Б-2, де клеючою основою є крохмаль зубоподібної та воскової кукурудзи. Це зужує асортимент і можливості використання відходів сільського господарства при виробництві таких паливних брикет. Крім того, паливні брикети, до складу яких входить гофрокартон (клеюча основа ПВА), мають гірші механічні властивості порівняно з паливними брикетами, до складу яких входить гофрокартон, де клеючою основою є кукурудзяний крохмаль. В найбільш близькому аналозі при розробці паливних брикетів/паливних композицій не використовувались сільськогосподарські відходи: солома і лушпиння гречане, стебла і лушпиння соняху, солома пшениці, що також суттєво скорочує можливості та біоенергетичний потенціал України.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу отримання твердого палива на основі пірокарбону, отриманого низькотемпературним піролізом промислових та побутових полімерних відходів, та додатковому додаванні відходів гофрокартону, виготовленому із макулатури марки МС-2Б-2, де клеючою основою є кукурудзяний крохмаль, сільськогосподарські відходи, наприклад солома гречана, стебла і лушпиння соняху, пшеничної соломи. За рахунок введення нової вихідної сировини, нових технологічних операцій, параметрів, режимів та їх послідовності досягається утворення твердих паливних брикетів, які мають високі механічні властивості та теплоту згоряння, що розширює можливості їх використання та знижує їх собівартість.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі отримання твердого палива, в якому попередньо підготовлюють водно-гофрокартонну суміш, змішують її з пірокарбоном, отриманим низькотемпературним піролізом промислових і побутових полімерних відходів, витримують до утворення однорідної шихти, пресують та висушують, згідно з корисною моделлю, для попередньої підготовки водно-гофрокартонної суміші використовують гофрокартон, виготовлений із макулатури марки МС-2Б-2, де клеючою основою є кукурудзяний крохмаль та відходи сільськогосподарського виробництва.

Присутність у паливних брикетах пірокарбону, отриманого при низькотемпературному піролізі промислових та побутових полімерних відходів, забезпечує високу теплоту згоряння (до 26 МДж/кг), а наявність недеревної рослинної сировини - рослинних залишків сільськогосподарського виробництва, наприклад гречки, соняшнику, пшениці, забезпечує низьку залишкову зольність (Таблиця 1) та високу екологічність процесу згоряння.

Таблиця 1

Біохімічний склад сільськогосподарських відходів для целюлозно-паперової промисловості

Назва		Целюлоза, % мас.	Лігнін, % мас.	Геміцелюлоза, % мас.	Зольність, % мас.
Гречка	стебла	36,0	19,5	32,0	2,8
	лушпиння	39,9	19,5	28,2	0,3
Соняшник	стебла	40,6	20,1	21,3	3,0
	лушпиння	41,0	27,8	24,0	0,4
Пшениця	стебла	45,6	17,1	28,2	6,6
Дерево*	тирса	40-45	30	20-30	0,3-0,8

Примітка: *властивості тирси деревної приведено для порівняння із властивостями недеревної сировини.

Дуже близький біохімічний склад вихідних компонентів твердого палива, що заявляється, передбачає:

- високу упорядкованість полімерних ланцюгів целюлози, геміцелюлози та лігніну за рахунок молекулярних зв'язків граничного шару, що забезпечує високі механічні властивості;
- низьку залишкову зольність продуктів згоряння паливних брикетів та високу екологічність процесу.

Пірокарбон, що утворився при низькотемпературному піролізі поліолефінів (поліпропілену, поліетилену, полістиролу), є енергоємним екологічно чистим твердим паливом, оскільки не містить у своєму складі важких металів, галоген-, нітро- та сульфурвмісних органічних сполук і не потребує додаткового очищення. Пірокарбон є основним енергоємним компонентом твердого палива і може використовуватись як у складі паливних композицій, так і самостійно.

Необхідно зазначити, що сьогодні у виробництві/приклеюванні частин гофрокартону переважно використовують крохмаль зубоподібного та воскового сортів кукурудзи, основними складовими якого є два види полімерів: лінійна амілаза і розгалужений амілопектин. Наведені дані щодо біохімічного складу рослинних залишків (Таблиця 1) вказують на те, що всі складові, як і кукурудзяний крохмаль, мають полімерну будову та дуже близьку полярність поверхні, яка обумовлена наявністю гідроксильних, алкоксильних, карбоксильних, ацетильних фрагментів та альфа-глікозидних зв'язків. В технологічному плані це дозволяє проводити холодне брикетування суміші, відповідно до корисної моделі, без попереднього нагрівання з отриманням паливних брикетів, які мають високі механічні властивості. Це обумовлено тим, що гофрокартон, волокниста сільськогосподарська сировина (залишки гречки, соняшника, пшениці), кукурудзяний крохмаль як наповнювачі паливних брикетів разом з пірокарбоном утворюють армований каркас, який підвищує опір при механічному тиску/пошкодженні паливних брикетів.

Спосіб отримання твердого палива має такі переваги:

- отримання паливних брикетів відповідає основним принципам циркулярної економіки: відходи низки виробництв (целюлозно-паперового, сільськогосподарського) і технологій (піролізної переробки промислових та побутових пластикових відходів) стають вихідною сировиною для отримання затребуваної кінцевої продукції - паливних брикетів;
- виготовлення твердих паливних брикетів не потребує додаткового введення зв'язуючих органічної або неорганічної природи, що суттєво збільшує їх ефективність та збільшує теплоту згоряння;
- за рахунок наявності необхідної кількості крохмалю (лінійна амілаза, розгалужений амілопектин) брикетування проводиться без додаткового нагрівання суміші паливних брикетів перед пресуванням/обробкою вихідної шихти тиском.

Додатково перевагою корисної моделі є простота та доступність технологічного обладнання, доступність вихідної сировини та зацікавленість у її використанні/переробці та економічна ефективність використання отриманої продукції для обігріву як промислових, так і побутових приміщень.

Склади та теплоти згоряння (Q_z , Ккал/кг) деяких досліджених паливних брикетів наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2

Склад та теплоти згоряння деяких досліджених паливних брикетів

Номер прикладу	Склад паливних композицій, %								Q _з , Ккал/кг
	П	ГК	ТД	ГС	ГЛ	СС	СЛ	ПС	
1*	70	15	15	-	-	-	-	-	4968,1
2	60	20	-	20	-	-	-	-	4800,0
3	60	20	-	-	20	-	-	-	4928,4
4	60	20	-	-	-	20	-	-	4828,3
5	60	20	-	-	-	-	20	-	4909,1
6	60	20	-	-	-	-	-	20	4800,2
7	60	20	-	-	10	-	10	-	4895,0
8	60	20	5	-	5	-	5	5	4631,8
9	70	15	-	-	15	-	-	-	5127,4
10	70	15	-	-	-	-	15	-	5077,4

Умовні позначення: П - пірокарбон; ГК - гофрокартон марки МС-2Б-2; ТД - тирса деревна; ГС - гречана солома; ГЛ - гречане лушпиння; СС - стебла соняху; СЛ - соняху лушпиння; ПС - пшениці солома.

Примітка: * приклад 1 із використанням тирси деревної (ТД) приведено для порівняння.

Приведені в Таблиці 2 дані вказують на те, що основною складовою, яка забезпечує висоту теплоти згоряння (4800-5077,4 Ккал/кг), є пірокарбон, тоді як інші складові компоненти забезпечують низьку зольність/екологічність та високі механічні властивості паливних брикетів.

Приклад 1 (найбільш близький аналог). Для виготовлення твердого паливного брикету подрібнений гофрокартон в кількості 15 %, попередньо замочений у воді, подається в змішувач, де ретельно перемішується з тирсою деревною розміром $\leq 2,5$ мм в кількості 15 % та пірокарбоном в кількості 70%. Отримана суміш надходить у накопичувач, з якого вона подається на пресування. Після пресування на гідравлічному пресі МС-500, паливні брикети висушують до постійної маси та пакують.

Приклад 2 (основна методика). Для виготовлення твердого паливного брикету подрібнений гофрокартон в кількості 20 %, попередньо замочений у воді, подається в змішувач, де ретельно перемішується подрібненою до розміру 3-6 мм гречаною соломою в кількості 20 % та пірокарбоном в кількості 60 %. Отримана суміш надходить у накопичувач, з якого вона подається на пресування. Після пресування на гідравлічному пресі МС-500, паливні брикети висушують до постійної маси та пакують.

Інші паливні брикети (№ 3-10), склад яких наведено в Таблиці 2, отримували за подібною технологією.

Таким чином, отримання твердих паливних брикетів дозволить заощадити використання викопних джерел енергії (нафта, газ, кам'яне вугілля) шляхом використання альтернативної енергоємної сировини (відходи целюлозно-паперової, сільськогосподарської галузей та пірокарбону піролізної переробки пластикових відходів), а також розширити сферу їх застосування як альтернативних джерел енергії.