

НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

БІЛЕЦЬ ДАР'Я ЮРІЙВНА

УДК 66.092–977

**ГАЗИФІКАЦІЯ ПОЛІДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ
КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ**

05.17.07 – Хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів
161 – Хімічні технології та інженерія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технологій переробки нафти газу, та твердого палива Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України

- Науковий керівник** доктор технічних наук, професор
Мірошниченко Денис Вікторович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» (м. Харків),
завідувач кафедри технологій переробки нафти газу,
та твердого палива
- Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор
Пиш'єв Сергій Вікторович,
Національний університет «Львівська політехніка»
(м. Львів), професор кафедри хімічної технології
переробки нафти та газу
- кандидат технічних наук
Шмельцер Катерина Олегівна,
Державний університет економіки і технологій
(м. Кривий Ріг), доцент кафедри хімічних технологій
та інженерії

Захист відбудеться «11» лютого 2021 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.084.05 в Національній металургійній академії України за адресом: 49600, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 4.

Факс: +38(0562)47-44-27, e-mail: d0808405-nmetau@metal.nmetau.edu.ua

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національної металургійної академії України за адресом: 49600, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 4.

Автореферат розіслано «___» грудня 2020 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.084.05,
к.т.н., доц.

М.С. Чемеринський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З огляду на те, що горючі гази є найзручнішим для використання різновидом палива, найдоцільніше отримувати саме їх за переробки коксохімічних побічних продуктів. Найбільший ступінь перетворення органічної маси сировини в горючі гази досягається за використанням технології газифікації. Проте в Україні щороку утворюється значна кількість побічних продуктів (зокрема й технологічних процесів переробки вугілля), котрі за хімічним складом є перспективною сировиною для газифікації, але внаслідок свого фізичного стану (неплавкість, неподібнюваність, висока адгезія, тощо) не можуть бути піддані кваліфікованій переробці з суто технологічної точки зору внаслідок налипання на робочі поверхні, неможливості транспортування технологічним трактом тощо). Здебільшого подібні матеріали відносяться до досить стійких дисперсних систем.

Пошук нового, ефективного та безпечного для довкілля способу переробки подібних побічних продуктів є актуальним питанням, вирішення котрого сприятиме розширенню виробництва енергоресурсів, у зв'язку з чим це і стало темою дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку (газифікація твердого палива) кафедри «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» НТУ «ХП» та виконувалась згідно Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» № 848–VIII редакція від 03.07.2020 р. Зміст дисертаційної роботи відповідає напрямку Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (розпорядження від 18 серпня 2017 р. № 605–р). За участі здобувача виконано науково-дослідну роботу «Розроблення науково-технічних основ зберігання і підготовки окисненого вугілля до коксування» (№ ДР 0119U002570).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вирішення важливого науково-практичного завдання – розробці технології отримання штучних горючих газів шляхом газифікації побічних коксохімічних продуктів.

Для досягнення цієї мети слід було вирішити наступні задачі: дослідити вплив складу полідисперсних систем на їх поведінку при підготовці до газифікації (час висипання, кут природного укосу та насипну густину при випусканні з бункеру, а також залипання при змішуванні); встановити кількісні залежності впливу витрати повітря та температури на значення констант швидкості та енергії активації, виходу твердого залишку, сконденсованих та газоподібних продуктів при газифікації полідисперсних систем; розробити принципову технологічну схему газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження, яка може бути рекомендована до впровадження; визначити оптимальний розмір вуглецевої насадки для електроконвертору, а також її витрату при газифікації; встановити теплоту згоряння отриманого газу, та зіставити її з теплотою

згоряння газу, отриманого від газифікації за методом Lurgi; розрахувати економічну доцільність впровадження результатів дослідження.

Об'єктом дослідження є процес газифікації полідисперсних систем (ПДС) кам'яновугільного походження.

Предметом дослідження є полідисперсні системи кам'яновугільного походження, кам'яновугільні фуси (КФ), шкаралупа волоського горіху (Ш), буре вугілля (БВ), тверді, рідкі та газоподібні продукти, які отримані в результаті їх газифікації.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи було використано експериментальні та розрахункові методи. Визначення властивостей вихідних матеріалів здійснювали за допомогою сучасних стандартизованих методів визначення показників технічного (W^d , A^d , S_t^d , V^{daf}), елементного (C^{daf} , H^{daf} , N^{daf} , S_t^d , O^{daf}) та ситового аналізів, а також визначення найвищої теплоти згоряння (Q_s^{daf}). Визначення компонентного складу отриманого газу (H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_4 та C_2H_6) виконано за допомогою газового хроматографу «Кристалл-2000». Визначення складу сконденсованих продуктів виконано за допомогою газового хроматографу-масспектрометру Shimadzu GCMS-QP2020. Для визначення фізичних показників ПДС: насипної густини (BD), часу їх висипання (τ) з бункеру та куту природного укусу (ϕ) були використані відомі міжгалузеві методи. Обробка отриманих експериментальних даних, розрахунки, побудова графічних та розробка математичних залежностей і проведення статистичного аналізу отриманих результатів досліджень здійснювалась з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів. На підставі виконаних досліджень отримано наступні найбільш важливі результати:

1. Вперше запропоновано для здійснення газифікації висококонсистентних, неплиних, неподрібнюваних дисперсних систем з високою адгезійною здатністю перевести їх в фізико-хімічний стан полідисперсної системи шляхом введення у них двох типів компонентів твердої дисперсної фази: дрібнодисперсного, низької механічної міцності (БВ) та спорідненого за походженням з метою підвищення загальної консистентної системи і зниження липкості; та крупнодисперсного високої механічної міцності (Ш) для надання системі крихкості та сипучості;

2. Вперше досліджено поведінку полідисперсних систем під час змішування та їх фізичні показники (насипна густина (BD), час висипання (τ) з бункеру, кут природного укусу (ϕ)) в залежності від їх складу;

3. Експериментально доведено, що кінетичні криві процесу газифікації полідисперсних систем в інтервалі температур від 400 до 500 °С та витраті окиснювача (повітря) від 0,0005 до 0,004 м³/хв проходять 3 основні стадії;

4. Розроблено математичні та графічні залежності впливу витрати повітря від 0,0005 до 0,004 м³/хв та температури від 400 до 500 °С на значення констант швидкості та енергії активації, виходу твердого залишку,

сконденсованих та газоподібних продуктів газифікації полідисперсних систем;

5. Встановлено компонентний склад основних парогазових продуктів при газифікації полідисперсних систем.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Визначено оптимальний розмір вуглецевої насадки (коксу) для електроконвертору з точки зору витрати електроенергії та її витрату в процесі газифікації;

2. Розроблено графічні та математичні залежності впливу кількості побічного продукту в полідисперсних системах на кількість залиплої маси при підготовці ПДС у масозмішувачі;

3. Досліджено зміну гранулометричного складу вивчених сумішей під час їх змішування та визначено стійкість до механічного впливу наповнювачів (Ш та БВ);

4. Розроблена принципова технологічна схема газифікації полідисперсних систем, яку можна буде рекомендувати до впровадження на коксохімічних виробництвах;

5. Проведено розрахунок матеріального балансу на прикладі шарової газифікації за технологією Lurgi для Ш+КФ та БВ+КФ. Порівняно вміст основних компонентів генераторного газу CO , H_2 , CH_4 , C_mH_n , CO_2 , які отримані дослідним (компоненти в газі після електроконвертора) та розрахунковим шляхом (на прикладі технології Lurgi) і встановлено, що запропонована перспективна принципова технологічна схема газифікації полідисперсних систем є ефективною, оскільки можна отримати газ із теплотою згоряння в 1,62 рази вищу газу, отриманий за Lurgi із Ш+КФ та в 2,47 рази вищий газу із БВ+КФ;

6. Пропонований спосіб переробки в'язких органічних матеріалів коксохімічного походження захищено патентом України № 136361 UA МПК С10J 3/00 «Спосіб отримання генераторного газу» та включено до збірки «Інноваційні розробки університетів і наукових установ МОН України» (2018 р.);

7. Виконана економічна оцінка впровадження пропонованого способу газифікації полідисперсних систем;

8. Матеріали роботи впроваджені в навчальний процес на кафедрах «Хімічної технології переробки нафти і газу» Національного університету «Львівська політехніка», «Металургійного палива та вогнетривів» Національної металургійної академії України та «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Особистий внесок здобувача. Здобувачем було проведено аналіз науково-технічної інформації за темою дисертаційної роботи. Визначена загальна постановка завдання та принциповий шлях його вирішення. Разом з науковим керівником обговорено та сформульовано мету, об'єкт та предмет дослідження, створена двоступенева лабораторна установка для газифікації

полідисперсних систем кам'яновугільного походження, узгоджено методи досліджень та планування експериментальних дослідів. Здобувачем виконано експериментальні дослідження, проведені розрахунки, побудовані графічні та математичні залежності.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації обговорювались і отримали позитивні відгуки на 14 міжнародних та всеукраїнських науково-технічних заходах: вебінар на тему «Можливості співробітництва в галузі альтернативної енергетики між Україною та Великобританією» (Харків, Україна, 2014 р.); XII Міжнародна науково-технічна конференції «АВІА–2015» (Київ, Україна, 2015 р.); XXIV та XXVII Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, Україна, 2016 р., 2019р.); Всеукраїнська науково-практична конференції «Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність» (Херсон, Україна, 2017 р., 2019 р.); Всеукраїнська науково-практична конференції «Майбутній науковець – 2017» та «Майбутній науковець – 2019» (Сєверодонецьк, Україна, 2017 р., 2019 р.); I, II та III Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні технології переробки паливних копалин» (Харків, Україна, 2018р., 2019 р., 2020 р.); XXIII Міжнародна науково-технічна конференція «Технологія–2020» (Сєверодонецьк, Україна, 2020 р.); X Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості» (Львів, Україна, 2020р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 21 наукову роботу, з яких: 7 статей у наукових фахових виданнях (з них 2, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus), 1 патент на корисну модель та 13 тез доповідей на міжнародних конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літератури та додатків. Повний обсяг дисертації складає 165 сторінок, з яких 55 рисунків по тексту, 38 таблиць по тексту, 206 найменувань використаних літературних джерел на 25 сторінках, додатки на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальний опис роботи за напрямом теми дисертації: доведено актуальність теми, обґрунтовані мета та основні завдання роботи, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, показано наукову новизну та практичну цінність отриманих даних та їх апробацію.

У першому розділі подано огляд українських та зарубіжних досліджень, присвячених способам застосування та переробки побічних продуктів, які утворюються під час виробництва коксу.

Визначено, що утворені побічні продукти, як правило, утилізуються наступним чином: повернення в шихту; використання в якості дорожнього покриття; розробка антикорозійних захисних матеріалів на їх основі; отримання пічних і котельних палив, паливних брикетів, штучних газів.

Огляд методів переробки та утилізації відходів та побічних продуктів коксохімічного виробництва показує актуальність розробки більш енергоефективної їх переробки. Тому проведено аналіз наукових робіт присвячених газифікації висококонсистентних, в'язких, неплинних, неподрібнюваних, пастоподібних з домішкою твердих частинок матеріалів, як одному з головних напрямів переробки побічних продуктів.

Встановлено, що кам'яновугільні фуси є складною гетерогенною системою, специфічні властивості якої зумовлені високим (до 50 %) вмістом твердої дисперсної фази в рідкому дисперсійному середовищі. Зокрема, для фусів характерна висока в'язкість, що робить неможливим використання для їх переробки традиційних технологій газифікації твердого або рідкого палива. Тому запропоновано змінити співвідношення твердої та рідкої фаз в перероблюваному матеріалі шляхом додавання до фусів твердого наповнювача в такій кількості, щоб змінити співвідношення фаз і щоб в'язкість рідкої дисперсної фази не заважала переробці матеріалу, властивості якого в цьому випадку визначатимуться, головним чином, природою та кількістю твердої фази, та як наслідок отримати полідисперсну систему кам'яновугільного походження.

У другому розділі визначено комплекс стандартизованих методів для дослідження обраних об'єктів та розглянуті їх фізико-хімічні властивості (таблиця 1 та 2).

Таблиця 1

Характеристика твердих наповнювачів

Твердий носій	Технічний аналіз, %				Елементний склад, %				Найвища теплота згоряння, МДж/кг	Нища теплота згоряння, МДж/кг
	W_t^r	A^d	S_t^d	V^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	N^{daf}	O^{daf}_d	Q_s^{daf}	Q_i^r
Буре вугілля – проба № 1	9,3	8,9	4,44	61,0	68,99	5,70	0,59	20,28	28,15	22,00
– проба № 2	9,4	39,8	2,74	71,0	67,56	6,95	0,89	21,86	32,79	17,04
Шкаралупа волоського горіха	7,6	2,3	0,09	79,9	52,52	5,98	0,19	41,22	20,99	17,57

Таблиця 2

Характеристика усередненої проби кам'яновугільних фусів

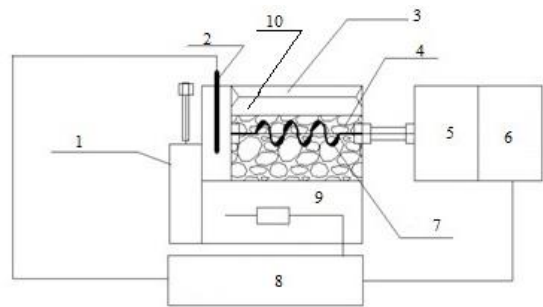
Технічний аналіз, %				Елементний склад, %				Масова частка твердої фази, %	Температура застигання, °C
W^a	A^d	S_t^d	V^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	N^{daf}	O^{daf}		
10,2	3,9	0,3	56,6	94,03	4,28	1,29	0,1	39	32

Наведена характеристика необхідного обладнання для вирішення завдань, які поставлені перед здобувачем: універсальний двовалковий масозмішувач з двома Z-подібними лопатями (рис. 1); двоступенева лабораторна установка для газифікації полідисперсних систем

кам'яновугільного походження (рис. 2); газовий хроматограф «Кристалл-2000» для визначення складу отриманих газоподібних продуктів; газовий хроматограф-маспектрометру Shimadzu GCMS-QP2020 для визначення складу отриманих сконденсованих продуктів; апарат для визначення насипної густини (BD) полідисперсних систем та індивідуальних зразків та часу їх висипання (τ) з бункеру; лабораторний апарат для визначення кута природного укосу (ϕ) полідисперсних систем та індивідуальних зразків.



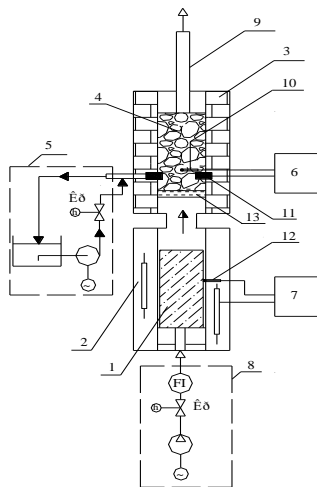
а)



б)

Рисунок 1 – Світлина (а) та блок-схема (б) лабораторного пристрою для приготування полідисперсних систем

1 – механізм завантаження; 2 – термопара ТХК в захисній гільзі; 3 – люк для завантаження; 4 – сировина; 5 – редуктор; 6 – електропривід; 7 – Z-подібні лопаті; 8 – блок управління та регулювання температурою; 9 – електрообігрів; 10 – реактор.



а)



б)

Рисунок 2 – Технологічна схема (а) та світлина (б) двоступеневої лабораторної установки для газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження

1 – перфорований стакан; 2 – піч; 3 – електроконвертор; 4 – вуглецева насадка; 5 – блок водяного охолодження; 6 – блок управління електроконвертором; 7 – блок управління печі; 8 – блок подачі окиснювача; 9 – патрубок для відбору газу; 10 – термопара ТХА; 11 – графітові електроди; 12 – термопара ТХК; 13 – сітчаста діафрагма; Кр – регулюючий кран; ФІ – витратомір.

В результаті дослідження конструктивних та технологічних параметрів роботи головного елементу двоступеневої лабораторної установки для газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження – електроконвертора, призначеного для переробки продуктів коксохімічного виробництва з отриманням з них генераторного газу, визначено, що оптимальною по відношенню до витрат електроенергії є крупність коксу 10–13 мм (рис. 3).

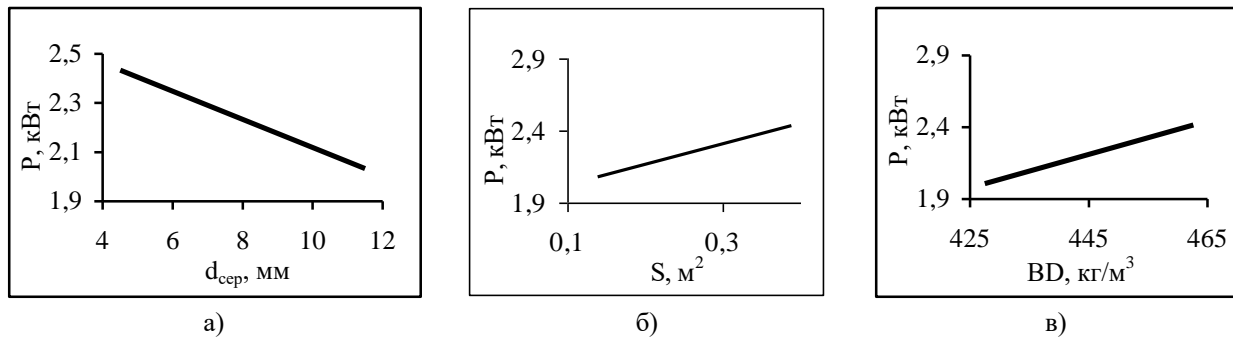


Рисунок 3 – Графічна залежність споживної потужності (P) від середнього діаметру $d_{сep}$ (а), площі (S) та насипної густини BD (в) вуглецевої насадки.

Витрата вуглецевої насадки (коксу) в процесі газифікації становить приблизно 0,575 % від маси конвертованої сировини.

У третьому розділі наведено дослідження, щодо визначення оптимального масового співвідношення наповнювача та кам'яновугільних фусів в ПДС для отримання сипкучої, транспортабельної суміші, яка не буде злежуватися, налипати до транспортуючих агрегатів та їх деталей при завантаженні. Дослідження виконувались наступним чином: наважку з певним масовим вмістом наповнювача, який попередньо було подрібнено до 100 % вмісту класу 3–5 мм, та КФ завантажували крізь люк в реактор. Температура суміші у масозмішувачі під час досліду становила 20 та 60 °С. Обігрів застосовувався для більш ретельного перемішування коксохімічного побічного продукту з наповнювачем. Герметично закривали реактор та включали електродвигун, який за допомогою редуктора обертає Z-образні лопаті. Витримували 10 хв, після чого розвантажували та визначали масу отриманої ПДС після досліду, а також масу, яка налипла на частини пристрою (ЗМ – залипла маса). Таким чином було приготовлено ПДС зі Ш та БВ2 з різним масовим вмістом КФ. Щоб не допускати накопичення в реакторі залиплої маси можливо додавати до 30 % КФ до Ш і до 15 % КФ до Б (рис. 4 та 5).

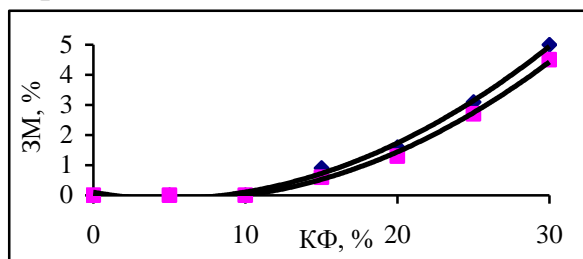


Рисунок 4 – Графічна залежність кількості залиплої маси від вмісту КФ у суміші Ш+КФ за 20 °С (◆) та 60 °С (■)

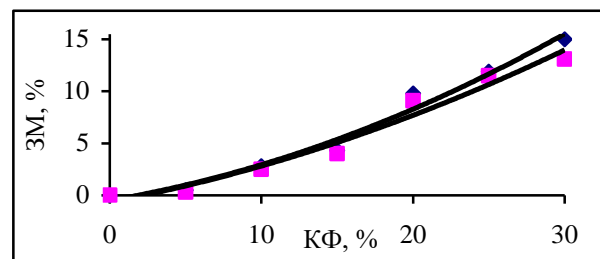


Рисунок 5 – Графічна залежність кількості залиплої маси від вмісту КФ у суміші БВ2+КФ за 20 °С (◆) та 60 °С (■)

Встановлено, що під час змішування відбувається суттєва зміна гранулометричного складу досліджених полідисперсних систем (рис. 6 та 7).

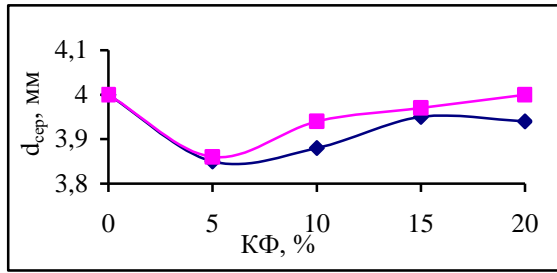


Рисунок 6 – Графічна залежність зміни середнього діаметру $d_{сер}$ наповнювача від вмісту КФ у суміші Ш+КФ 20 °C (—◆—) та 60 °C (—■—)

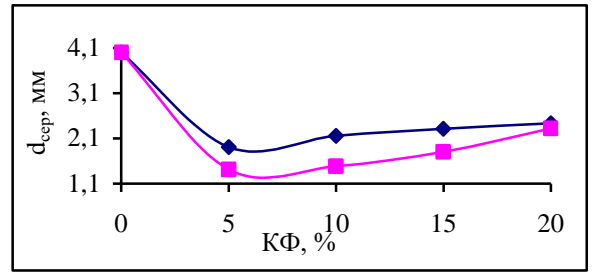
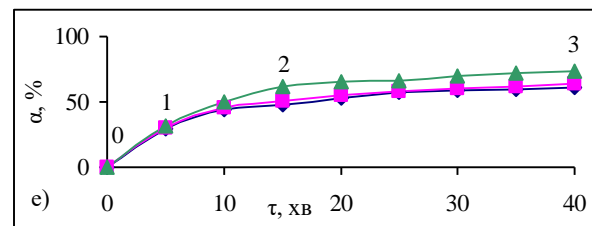
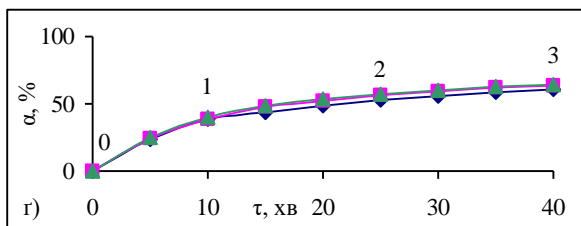
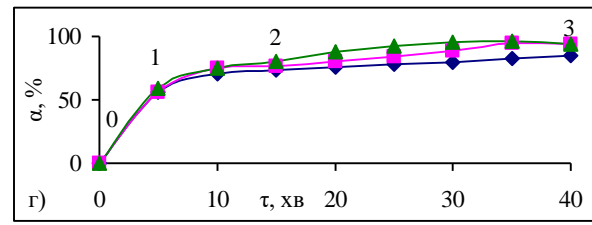
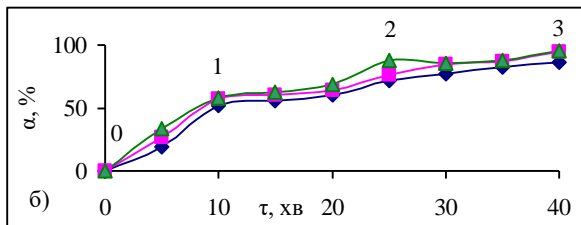
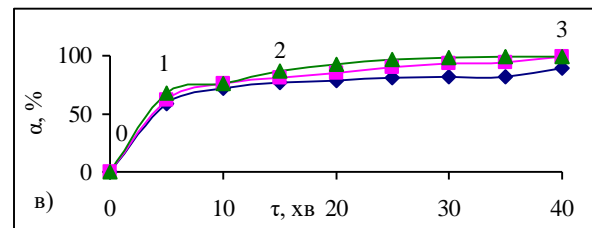
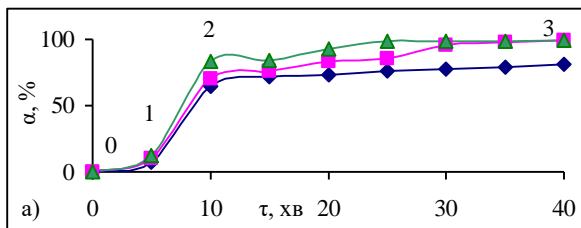


Рисунок 7 – Графічна залежність зміни середнього діаметру $d_{сер}$ наповнювача від вмісту КФ у суміші БВ2+КФ за 20 °C (—◆—) та 60 °C (—■—)

По-перше, збільшення вмісту КФ у ПДС призводить до зростання середнього діаметру часток, тобто відбувається їх агломерація. По-друге, Ш більш стійка до механічного впливу порівняно з БВ, що підтверджується значно більшим вмістом класу <1 мм у БВ2+КФ (18,50–41,50 %), порівняно з Ш+КФ (0,03–0,16 %) після масозмішувача.

Доведено, що ПДС Ш+КФ та БВ2+КФ при їх випусканні з бункеру ведуть себе по різному. Час висипання, кут природного укоса та насипна густина Ш+КФ лінійно змінюються під впливом зростання кількості КФ та температури змішування. Залежності показників для БВ2+КФ від вмісту в них КФ та температури змішування більш складні і не описуються лінійними або поліноміальними залежностями.

У четвертому розділі досліджено кінетичні характеристики процесу газифікації та фактори, що впливають на них (температура, витрата повітря, природа сировини). Встановлено, що процес газифікації ПДС в інтервалі температур від 400 до 500 °C та витраті окиснювача (повітря) від 0,0005 до 0,004 м³/хв має 3 стадії (рис. 8), які відрізняються значеннями константи швидкості.



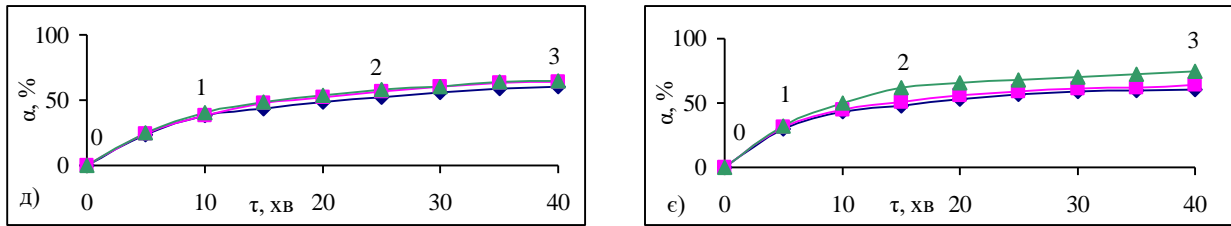


Рисунок 8 – Графічна залежність ступеню переходу органічної маси наважки в газоподібні продукти в залежності терміну перебування її в печі: а) Ш за $t=400\text{ }^{\circ}\text{C}$; б) Ш+КФ за $t=400\text{ }^{\circ}\text{C}$; в) Ш за $t=500\text{ }^{\circ}\text{C}$; г) Ш+КФ за $t=500\text{ }^{\circ}\text{C}$; р) БВ за $t=400\text{ }^{\circ}\text{C}$; д) БВ+КФ за $t=400\text{ }^{\circ}\text{C}$; е) БВ за $t=500\text{ }^{\circ}\text{C}$; є) БВ+КФ за $t=500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витрата окиснювача для а-г: \blacklozenge $0,0005\text{ м}^3/\text{хв}$; \blacksquare $0,001\text{ м}^3/\text{хв}$; \blacktriangle $0,002\text{ м}^3/\text{хв}$; для г-є: \blacklozenge $0,002\text{ м}^3/\text{хв}$; \blacksquare $0,003\text{ м}^3/\text{хв}$; \blacktriangle $0,004\text{ м}^3/\text{хв}$.

На рис. 9 (а, б) наведено графічні залежності константи швидкості для першої (k_{0-1}) та другої (k_{1-2}) стадії газифікації від витрати повітря для процесу газифікації Ш при $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так само було визначено кінетичні показники для індивідуальних зразків та ПДС. Результати усіх досліджень наведено в дисертаційній роботі.

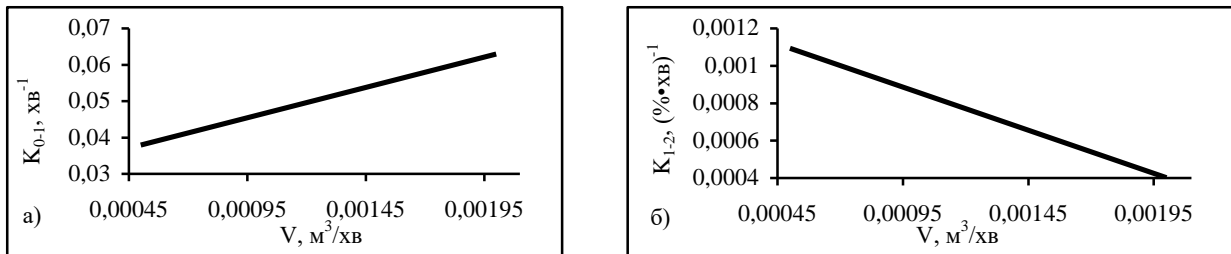
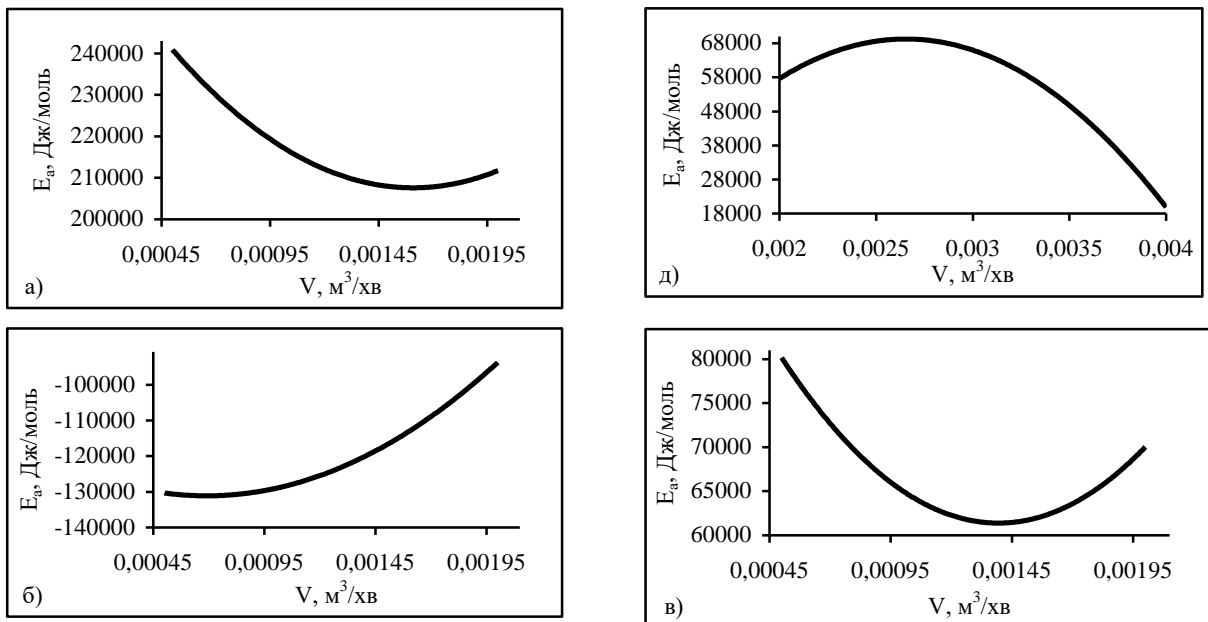


Рисунок 9 – Графічна залежність константи швидкості від витрати окиснювача на відрізу: а) 0–1; б) 1–2

Було розраховано значення енергії активації процесу газифікації для досліджуваних матеріалів на відрізках 0–1 та 1–2 при температурі $400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 10 а-є). Слід зазначити, що на значення E_a впливає не тільки витрата повітря, а також і наявність КФ в порівнянні з вихідним наповнювачем.



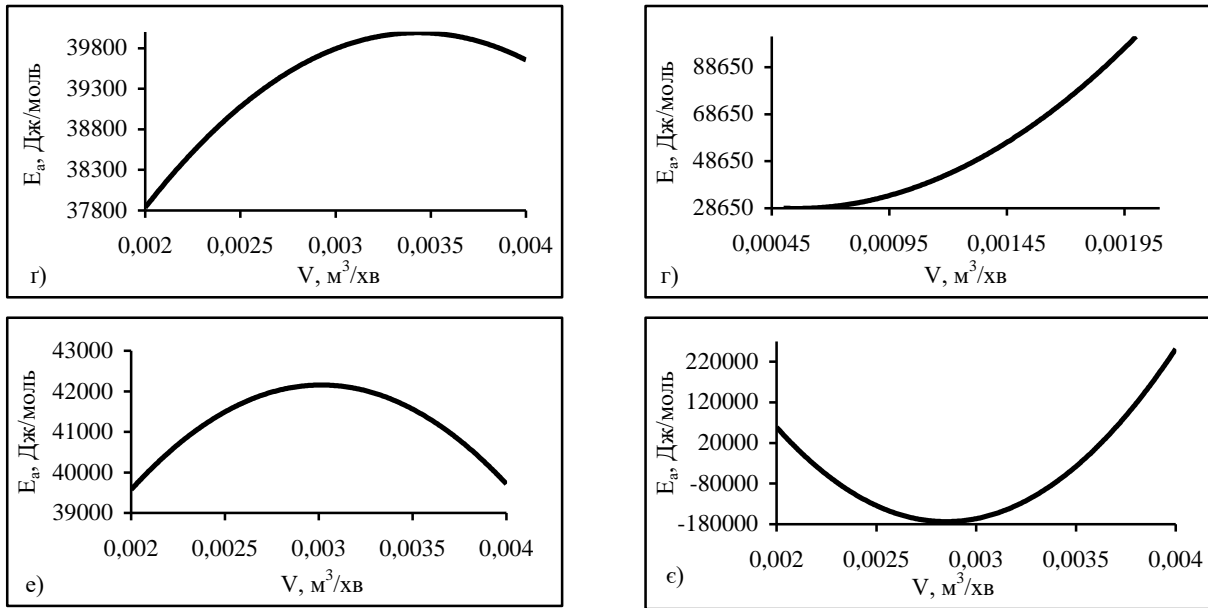


Рисунок 10 – Графічна залежність E_a від витрати повітря: а) на відрізку 0–1 за 400–500 °С для Ш; б) на відрізку 1–2 за 400–500 °С для Ш; в) на відрізку 0–1 за 400–500 °С для Ш+КФ; г) на відрізку 1–2 за 400–500 °С для Ш+КФ; д) на відрізку 0–1 за 400–500 °С для БВ; е) на відрізку 1–2 за 400–500 °С для БВ; ж) на відрізку 0–1 за 400–500 °С для БВ+КФ; з) на відрізку 1–2 за 400–500 °С для БВ+КФ.

Дослідження матеріального балансу проводили на лабораторному устаткуванні, яке складає перший ступінь двоступеневої лабораторної установки для газифікації ПДС. Умови проведення експерименту: в розігріту піч ставили наважку дослідного зразку масою 20 г та витримували 40 хв.; температура печі становила 400 або 500 °С. Витрата повітря (V) складала від 0,0005 до 0,004 м³/хв. По закінченні досліду охолоджений залишок та сконденсовані продукти виймали та зважували. Результати визначення матеріального балансу наведено рис. 11 (а-д), 12 (а-д).

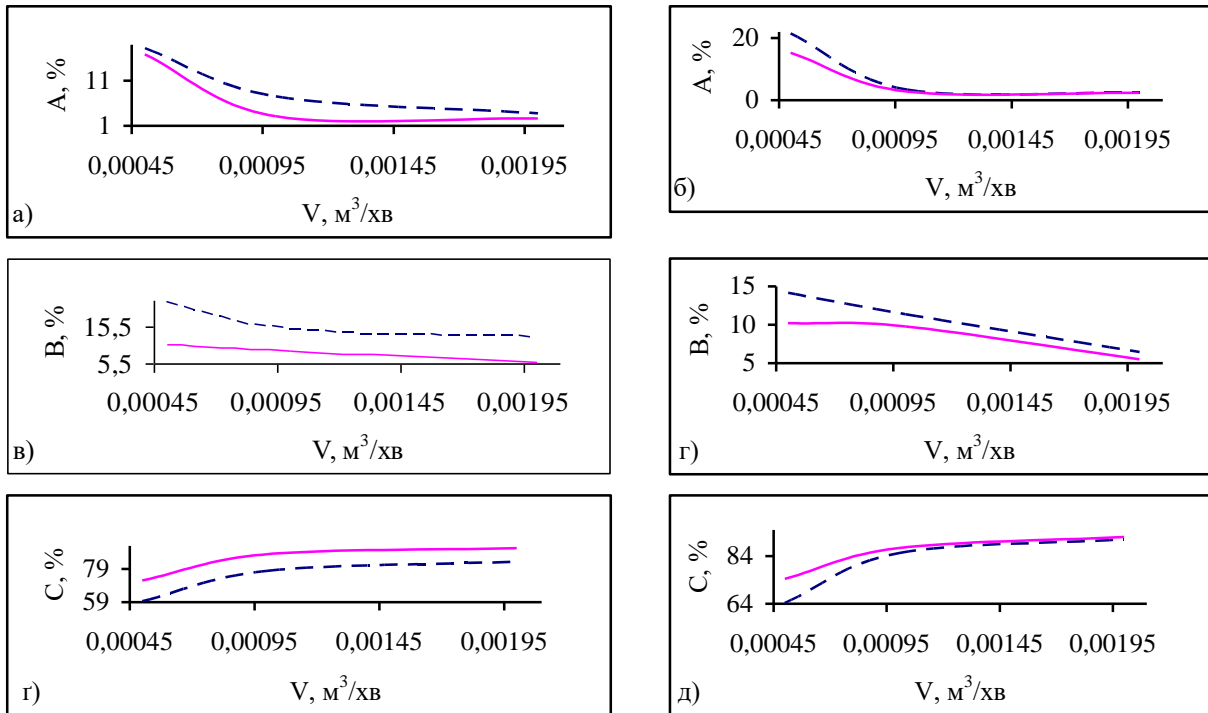


Рисунок 11 – Графічна залежність виходу твердого залишку А, сконденсованих В та газоподібних С продуктів від витрати окиснювача V при газифікації ПДС: Ш+КФ – а), в), г); Ш – б), г), д) за 400 (---) та 500 °С (—)

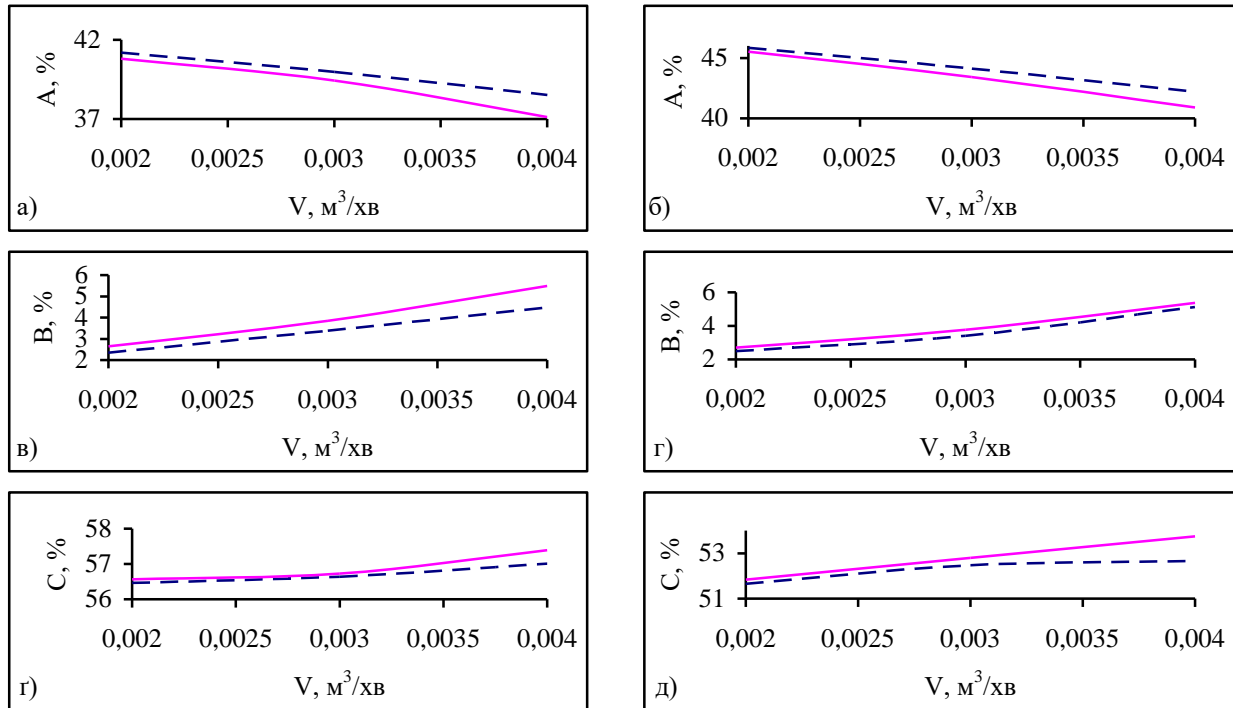


Рисунок 12 – Графічна залежність виходу твердого залишку А, сконденсованих В та газоподібних С продуктів від витрати окиснювача V при газифікації ПДС: БВ2+КФ – а), в), г); БВ2 – б), г), д) за 400 (---) та 500 °С (—)

На утворення конденсованих продуктів впливають температура печі, витрата повітря та природа вихідної сировини. Отже, при газифікації Ш та Ш+КФ утворення смоли та смолоподібних сполук більше, ніж при газифікації БВ2 та БВ2+КФ. Чим більше витрата повітря та чим вище температура печі при газифікації Ш та Ш+КФ, тим менше вихід сконденсованих продуктів. Чим більше витрата повітря та чим вище температура печі при газифікації БВ2 та БВ2+КФ, тим більше вихід сконденсованих продуктів. На нашу думку, це пов'язано зі структурою вихідної сировини та температурами початку первинних та вторинних процесів її деструкції (піролізу). Компонентний склад основних сконденсованих продуктів наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Компонентний склад основних сконденсованих продуктів

Сполуки	Кількість, %			
	Ш	Ш+КФ	БВ2	БВ2+КФ
феноли	24,5	26,43	4,44	8,14
нафталін	-	0,45	2,90	3,4
бутильований гідроксітолуол	2,14	7,89	7,96	11,28
фенатрен	2,44	1,17	2,65	2,63
крезоли	9,45	3,02	2,83	-
флуорен	1,16	6,5	0,98	4,27
пірен	1,68	2,51	2,27	4,15
гептадекан	1,09	1,13	1,84	2,04
1-гептакозанол	0,24	0,22	8,16	7,14
дотріоконтан	0,35	-	2,55	3,47
інші	59,95	50,68	63,42	49,33

Встановлено, що на склад отриманого газу впливають три основних фактори: температура в печі ($t_{п}$), температура в електроконверторі (t_e) та витрата окиснювача (V). В табл. 4 наведені математичні рівняння, що дозволяють прогнозувати вихід основних компонентів отриманого газу.

Таблиця 4

Математичні рівняння та їх статистична оцінка

Сировина	№	Вид рівняння	Статистична оцінка		
			r	R ²	σ
Ш+КФ	(1)	$O_2 = 8,142042 - 157,535 \cdot V - 0,00016 \cdot t_{п} - 0,00629 \cdot t_e$	0,807	0,622	0,821
	(2)	$N_2 = 38,03371 + 1181,635 \cdot V + 0,003526 \cdot t_{п} - 0,00157 \cdot t_e$	0,654	0,481	1,117
	(3)	$H_2 = -3,50213 - 1572,36 \cdot V + 0,021153 \cdot t_{п} + 0,021238 \cdot t_e$	0,674	0,454	3,799
	(4)	$CH_4 = 3,299867 - 16,5925 \cdot V - 0,00141 \cdot t_{п} - 0,00141 \cdot t_e$	0,705	0,497	0,228
	(5)	$CO = 5,957965 - 1240,08 \cdot V - 0,0074 \cdot t_{п} + 0,026371 \cdot t_e$	0,755	0,570	3,737
	(6)	$CO_2 = 4,651382 - 125,972 \cdot V - 0,00089 \cdot t_{п} - 0,00167 \cdot t_e$	0,363	0,132	0,533
	(7)	$C_2H_4 = 18,49132 + 89,79153 \cdot V - 0,01123 \cdot t_{п} - 0,00671 \cdot t_e$	0,644	0,415	1,377
	(8)	$C_2H_6 = 1,247607 - 31,8803 \cdot V - 0,00103 \cdot t_{п} - 0,00029 \cdot t_e$	0,457	0,209	0,141
БВ+КФ	(9)	$O_2 = 9,668586 - 654,228 \cdot V - 0,00594 \cdot t_e$	0,929	0,862	0,913
	(10)	$N_2 = 39,28656 + 1596,1 \cdot V + 0,011496 \cdot t_e$	0,906	0,820	2,051
	(11)	$H_2 = 0,35735 + 670,7558 \cdot V + 0,011844 \cdot t_e$	0,847	0,717	1,609
	(12)	$CH_4 = -0,43369 + 123,2161 \cdot V + 0,000503447 \cdot t_e$	0,882	0,777	0,138
	(13)	$CO = -0,21379 + 300,6267 \cdot V + 0,022571 \cdot t_e$	0,665	0,442	3,530
	(14)	$CO_2 = 2,732742 + 1,75 \cdot V - 0,00136 \cdot t_e$	0,775	0,600	0,182
	(15)	$C_2H_4 = 5,904396 + 543,0542 \cdot V - 0,00169 \cdot t_e$	0,768	0,591	0,671
	(16)	$C_2H_6 = 0,032338 + 95,3 \cdot V - 3,9 \cdot 10^{-5} \cdot t_e$	0,906	0,820	0,094

З отриманих математичних залежностей видно, що при газифікації Ш+КФ на утворення цільових компонентів генераторного газу, таких як CO та H_2 , позитивно впливає збільшення температури в електроконверторі, в той час як на компоненти, такі як: CH_4 , C_2H_4 та C_2H_6 даний фактор впливає негативно. При збільшенні температури в печі вміст H_2 також зростає, однак вміст CO зменшується. Зростання витрати окиснювача негативно впливає на утворення горючих компонентів, крім C_2H_4 .

При газифікації БВ+КФ збільшення температури електроконвертора також впливає позитивно не тільки на утворення CO та H_2 , а також на вихід CH_4 , але не C_2H_4 та C_2H_6 . Зростання витрати окиснювача позитивно впливає на утворення горючих компонентів.

В обох випадках закономірне зростання N_2 при зростанні витрати повітря.

Розроблені математичні залежності можна застосовувати для прогнозування складу генераторного газу при газифікації ПДС.

У п'ятому розділі розроблено принципову технологічну схему газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження (рис. 13), яку можна впровадити на коксохімічних виробництвах України.

Для визначення ефективності пропонованого способу газифікації ПДС по відношенню до газифікації їх способом шарової газифікації за технологією Lurgi на рисунках 14 та 15 наведено графічні залежності з порівняння вмісту основних компонентів генераторного газу CO, H_2 , CH_4 , C_mH_n , CO_2 та значення його теплоти згорання, які отримані дослідним

(компоненти в газі після електроконвертору) та розрахунковим шляхом при однакових умовах.

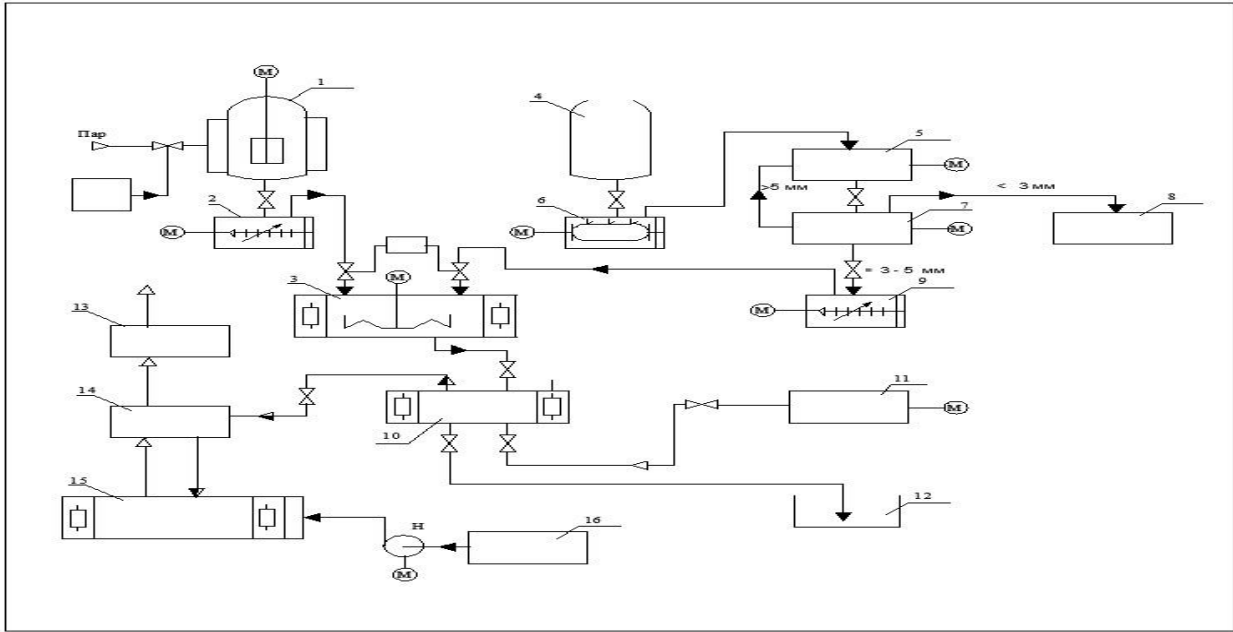


Рисунок 13 – Принципова технологічна схема газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження: 1 – ємність з кам'яновугільними фусами; 2 – шнековий дозатор; 3 – змішувач; 4 – бункер з сировиною для твердого наповнювача; 5 – щоква дробарка; 6 – конвеєрний дозатор; 7 – вібраційні сита; 8 – бункер для сировини крупністю менше 3 мм; 9 – об'ємний дозатор; 10 – піч; 11 – компресор; 12 – збірник золи; 13 – газгольдер; 14 – блок рекуперації; 15 – електроконвертор; 16 – ємність з водою; Н1 – циркуляційний насос

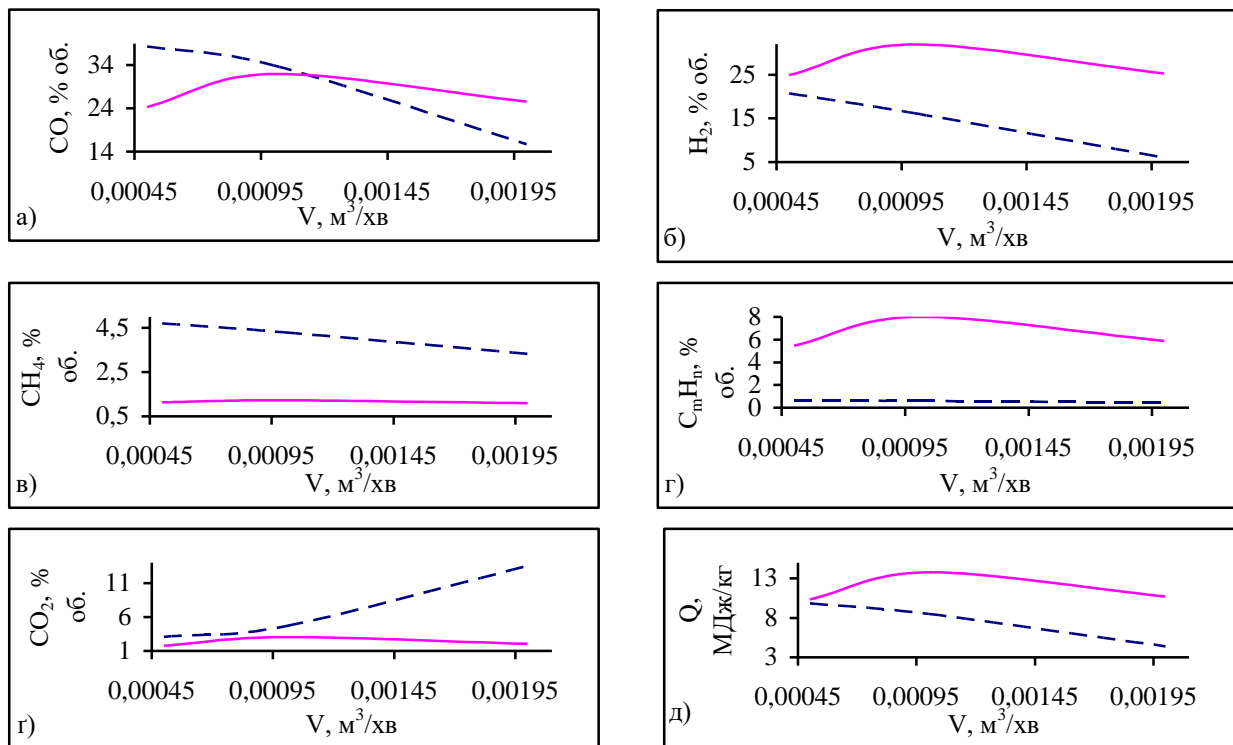


Рисунок 14 – Графічні залежності з порівняння розрахункових (---) та фактичних (—) значень: а) CO; б) H₂; в) CH₄; г) C_mH_n; е) CO₂; д) Q від витрати повітря при газифікації Ш+КФ

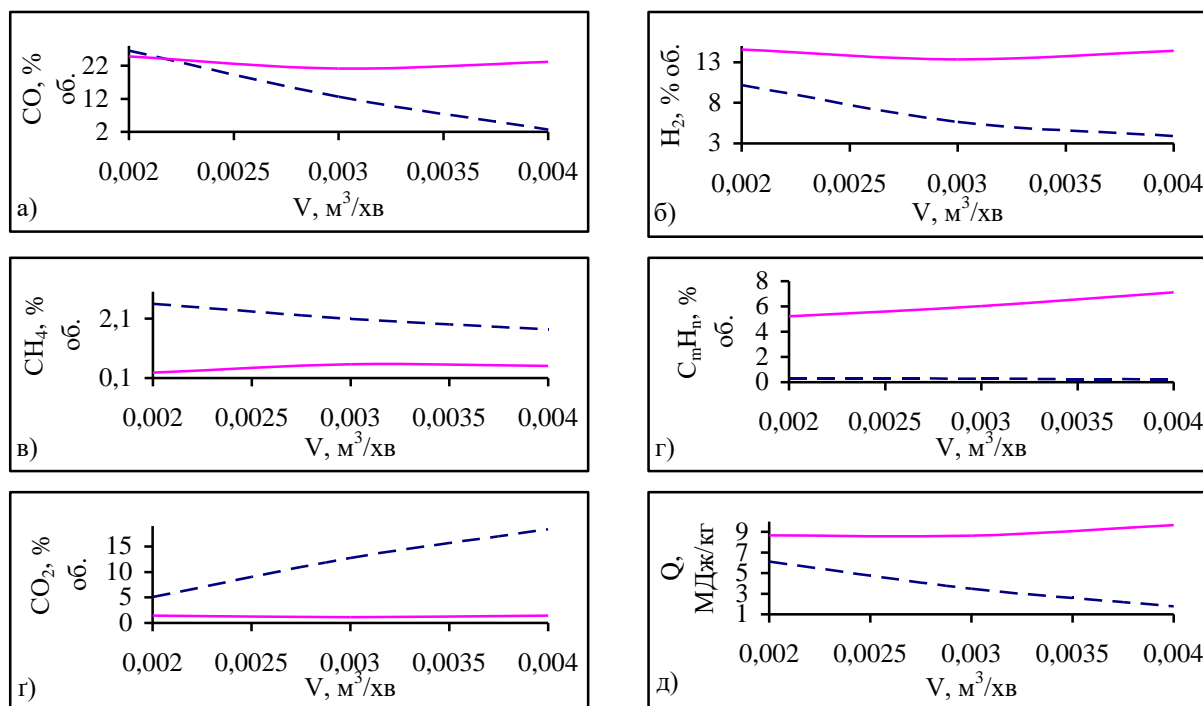


Рисунок 15 – Графічні залежності з порівняння розрахункових (---) та фактичних (—) значень: а) CO; б) H₂; в) CH₄; г) C_mH_n; г) CO₂; д) Q від витрати повітря при газифікації БВ1+КФ

З наведених даних видно, що має місце значне підвищення вмісту в газі водню та оксиду вуглецю (II) при одночасному різкому скороченні вмісту метану і двооксиду вуглецю в отриманому газі. На наш погляд, це відбувається в наслідок вторинного піролізу на розпеченій коксовій насадці. Інтенсивність конверсії на другій стадії може бути викликана каталітичною активністю коксу, мінеральна частина якого містить значну кількість каталітично активних сполук S- та d-елементів (Fe, Na, K, Ca, Mg).

Встановлено, що при використанні пропонованого способу газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження можна отримати газ, теплота згоряння якого в 1,62 рази вища за газ від газифікації Ш+КФ класичним способом та у 2,47 рази вища за газ від газифікації БВ1+КФ класичним способом.

ВИСНОВКИ

1. В дисертаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання, яке характеризується науковою новизною і має практичне значення, а саме – розроблено технологію отримання штучних горючих газів шляхом газифікації побічних коксохімічних продуктів.

2. Вперше досліджено вплив складу полідисперсних систем на їх поведінку при підготовці до газифікації: час висипання, кут природного укосу та насипну густину при випусканні з бункеру, а також залипання при змішуванні.

3. Розроблені математичні та графічні залежності впливу витрати повітря від 0,0005 до 0,004 $\text{m}^3/\text{хв}$ та температури 400 до 500 °C на значення констант швидкості та енергії активації, виходу твердого залишку,

сконденсованих та газоподібних продуктів при газифікації полідисперсних систем.

4. Розроблено принципову технологічну схеми газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження, яка може бути рекомендована до впровадження. Основними елементами технологічної схеми є масозмішувач, піч та електроконвертор.

5. Встановлено, що з точки зору витрати електроенергії, оптимальний розмір вуглецевої насадки для електроконвертору становить 10–13 мм та визначено, що витрата вуглецевої насадки (коксу) в процесі газифікації становить 0,014 % від загальної маси наважки, або 0,575 % від маси конвертованої сировини.

6. Встановлено, що при використанні пропонованого способу газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження можна отримати газ, теплота згоряння якого в 1,62–2,47 рази вища за теплоту згоряння газу, отриманого від газифікації за методом Lurgi.

7. Основні теоретичні положення та експериментальні дані дисертації використовуються в навчальному процесі на кафедрах «Хімічної технології переробки нафти і газу» Національного університету «Львівська політехніка», «Металургійного палива та вогнетривів» Національної металургійної академії України та «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

– у вітчизняних фахових виданнях:

1. Билец Д.Ю. Исследования по утилизации жидких органических отходов путем окислительного пиролиза / Д.Ю. Билец // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2014. – № 4. – С. 113–115.

Здобувачем виконано огляд існуючих способів утилізації органічних відходів, виконано постановку задачі та підбір дослідних зразків. Дисертант підготував рукопис статті до друку.

2. Билец Д.Ю. К вопросу о повышении экологичности коксохимических производств / Д.Ю. Билец, П.В. Карножицкий, А.Л. Борисенко // Углекислотный журнал. – 2015. – № 1–2. – С. 27–30.

Здобувачем виконано огляд існуючих способів утилізації коксохімічних відходів, виконано постановку задачі та підбір дослідних зразків, підготовлено рукопис статті до друку.

3. Билец Д. Ю. Метод энергетического использования побочных продуктов коксохимических предприятий / Д.Ю. Билец, П.В. Карножицкий // Углекислотный журнал. – 2016. – №.5–6. – С. 32–35.

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків, виконано дослідження та побудовано графічні залежності. Дисертант підготував рукопис статті до друку.

4 Білець Д.Ю. Визначення оптимального розміру вуглецевої насадки електроконвертору при утилізації в'язких органічних супутніх продуктів коксохімічного виробництва / Д.Ю. Білець, П.В. Карножицький, Д.В. Мірошніченко / Вуглехімічний журнал. – 2020. – № 1. – С. 25–29.

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків насадки електроконвертору, виконано дослідження та розроблено математичні залежності. Дисертант підготував рукопис статті до друку.

5. Білець Д.Ю. Підготовка в'язких органічних матеріалів коксохімічного походження до переробки / Д.Ю. Білець, П.В. Карножицький, Д.В. Мірошніченко / Вуглехімічний журнал. – 2020. – № 4. – С. 14–22

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків, виконано дослідження, розроблено графічні та математичні залежності. Дисертант підготував рукопис статті до друку.

– у фахових виданнях, які входять до бази SCOPUS:

6. D. Yu. Bilets. Utilizing Viscous Organic Coke-Plant Wastes / D. Yu. Bilets, P. V. Karnozhitskiy, P. P. Karnozhitskiy // Coke and Chemistry. – 2018. – Vol. 61 (4). – P. 147–151.

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків, експеримент та відібрано газоподібні продукти для аналізу, побудовано графічні залежності. Дисертант брав участь у підготовці рукопису статті до друку.

7. D. Yu. Bilets. Gasification of Coke-Plant Wastes / D. Yu. Bilets, D.V. Miroshnichenko, P. V. Karnozhitskiy // Petroleum and Coal. – 2020. – Vol. 62 (3). – P. 1121–1130.

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків, експеримент та відібрано газоподібні продукти для аналізу, побудовано графічні та математичні залежності. Дисертант брав участь у підготовці рукопису статті до друку та переклав її на англійську мову.

– патент України:

8. Патент № 136361 UA МПК C10J 3/00. Спосіб отримання генераторного газу / П. В. Карножицький, Д. В. Мірошніченко, Д. Ю. Білець, О. В. Богоявленська, Г. А. Григор'єв. – Заявл. 20.03.2019; опубл. 12.08.2019.

Здобувачем виконано підготовку дослідних зразків та дослідження. Дисертант брав участь у підготовці формули корисної моделі

– матеріали та тези доповідей на науково-практичних конференціях:

9. Bilets D. Yu. Research on black coal tarsludges gasification / D. Yu. Bilets, P. P. Karnozhytskyi / Матеріали XII Міжнародній науково-технічній конференції «АВИА-2015». – К.: НАУ, 2015. (P. 29.85–29.86).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

10. Билец Д. Ю. Разработка способа утилизации побочных продуктов коксохимических предприятий / Д. Ю. Билец, П. В. Карножицкий / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези

доповідей XXIV Міжнародної науково-технічної конференції, Ч. II (18-20 травня 2016 р., м. Харків) / за ред. проф. Сокола Є. І. – Харків, НТУ «ХПІ». – 343 с. (С. 293).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати, підготовлено тези та зроблено доповідь.

11. Білець Д. Ю. Утилізація органічних відходів в промислово розвинених регіонах / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький / Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність // матеріали Всеукраїнської науково—практичної конференції, 5–6 жовтня 2017 р., ХНТУ м. Херсон (Україна). – Херсон: вид-во ПП Вишемирський В. С., 2017. – 110 с. (С. 88).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

12. Білець Д. Ю. Отримання генераторного газу при переробці коксохімічних відходів / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький / Майбутній науковець – 2017: матеріали всеукр. наук.—практ. конф. 1 груд. 2017 р., м. Северодонецьк / укладач В. Ю. Тарасов – Северодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2017. – 774 с. (С. 381–382).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

13. Білець Д. Ю. Переробка кам'яновугільних фусів з отриманням генераторного газу / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький, П. П. Карножицький, І. В. Мірошніченко / Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доповідей I Міжнародної науково-технічної конференції, 19-20 квітня 2018 р., м. Харків / Вуглехімічний журнал. – 2018. – №.2 – с.7.

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати, підготовлено тези та зроблено доповідь.

14. Білець Д. Ю. Пошук нового способу утилізації коксохімічних відходів / Д. Ю. Білець / Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції, 18-19 квітня 2019 р./ укл. Мірошніченко Д. В. – Харків, НТУ «ХПІ». – 84 с. (С. 18–19).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати, сформульовано висновки, підготовлено тези та розроблено доповідь.

15. Карножицький П. В. Утворення та утилізація коксохімічних відходів / П. В. Карножицький. Д. Ю. Білець / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXVII міжнародної науково-технічної конференції MicroCAD – 2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є. І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 400 с. (С. 265).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати, підготовлено тези та зроблено доповідь

16. Білець Д. Ю. Утилізація «смоляних озер» / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький / Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність: Матеріали Всеукраїнської науково—практичної конференції,

3–4 жовтня 2019 р., м. Херсон. – Херсон: книжкове вид-во ФОП Вишемирський В. С., 2019. – 100 с. (С. 74–75).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

17. Білець Д. Ю. Дослідження з визначення оптимального розміру вуглецевої насадки електроконвертору / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький, Д. В. Мірошніченко / Майбутній науковець – 2019: матеріали всеукр. наук.—практ. конф. з міжнар. участю 12 груд. 2019 р., м. Сєверодонецьк. Ч. I / укладач В. Ю. Тарасов – Сєверодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. – 282 с. (С. 73–74).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

18. Білець Д. Ю. Підготовка високов'язких органічних відходів коксохімічного виробництва до газифікації / Д. Ю. Білець, П. В. Карножицький / Майбутній науковець – 2019: матеріали всеукр. наук.—практ. конф. з міжнар. участю 12 груд. 2019 р., м. Сєверодонецьк. Ч. I / укладач В. Ю. Тарасов – Сєверодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. – 282 с. (С. 80–81).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

19. Білець Д. Ю. Підготовка кам'яновугільних фусів до утилізації / Д. Ю. Білець / Сучасні технології переробки паливних копалин: тези доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції, 16-17 квітня 2020 р. / укл. Мірошніченко Д. В. – Харків, ТОВ «Планета-Прінт». – 84 с. (С. 10–12).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати, сформульовано висновки та підготовлено тези.

20. Білець Д.Ю. Дослідження з впливу розміру вуглецевої насадки електроконвертора на витрату електроенергії / Д.Ю. Білець, П.В. Карножицький, Д.В. Мірошніченко / Технологія–2020: XXIII матеріали між нар. наук. –техн. конф., 24–25 квіт. 2020 р., м. Сєверодонецьк / [укл.: Тарасов В.Ю.] – Сєверодонецьк: [Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля], 2020. – 243 с. (С. 40).

Здобувачем виконано дослідження, оброблено результати та підготовлено тези.

21. Білець Д.Ю. Вплив вуглецевої насадки електроконвертора на витрату електроенергії / Д.Ю. Білець // X Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості»: матеріали конференції. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 384 с. (С. 242–243).

Здобувачем виконані дослідження, оброблено результати, сформульовано висновки та підготовлено тези.

АНОТАЦІЯ

Білець Дар'я Юрїївна. Газифікація полідисперсних систем кам'яновугільного походження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) зі спеціальності 05.17.07 – хімічна технологія палива та паливно–мастильних матеріалів (161 – Хімічні технології та інженерія) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», спеціалізована вчена рада Д 08.084.05 при Національній металургійній академії України, Дніпро, 2020.

Вперше досліджено вплив складу полідисперсних систем на їх поведінку при підготовці до газифікації: час висипання, кут природного укосу та насипну густину при випусканні з бункеру, а також залипання при змішуванні.

Розроблені математичні та графічні залежності впливу витрати повітря від 0,0005 до 0,004 м³/хв та температури 400 до 500 °С на значення констант швидкості та енергії активації, виходу твердого залишку, сконденсованих та газоподібних продуктів при газифікації полідисперсних систем.

Розроблено принципову технологічну схеми газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження, яка може бути рекомендована до впровадження. Основними елементами технологічної схеми є масозмішувач, піч та електроконвертор.

Встановлено, що з точки зору витрати електроенергії, оптимальний розмір вуглецевої насадки для електроконвертору становить 10–13 мм та визначено, що витрата вуглецевої насадки (коксу) в процесі газифікації становить 0,014 % від загальної маси наважки, або 0,575 % від маси конвертованої сировини.

Встановлено, що при використанні пропонованого способу газифікації полідисперсних систем кам'яновугільного походження можна отримати газ, теплота згоряння якого в 1,62–2,47 рази вища за теплоту згоряння газу, отриманого від газифікації за методом Lurgi.

Основні теоретичні положення та експериментальні дані дисертації використовуються в навчальному процесі на кафедрах «Хімічної технології переробки нафти і газу» Національного університету «Львівська політехніка», «Металургійного палива та вогнетривів» Національної металургійної академії України та «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Ключові слова: полідисперсна система, кам'яновугільні фуси, буре вугілля, шкаралупа волоського горіха, газифікація, електроконверсія, генераторний газ

ABSTRACT

Bilets Daria Yuriyivna. Gasification of polydisperse systems of coal origin. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.17.07 «Chemical technology of fuel and fuel and lubricants» (161 – Chemical technology and engineering) – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», specialized academic council D 08.084.05 at the National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, 2020.

For the first time, the influence of the composition of polydisperse systems on their behavior in preparation for gasification was studied: pouring time, natural slope angle and bulk density when discharged from the hopper, as well as sticking during mixing.

Mathematical and graphical dependences of air flow influence from 0.0005 to 0.004 m³/min and temperature 400 to 500 ° C on the values of rate constants and activation energy, solid residue yield, condensed and gaseous products during gasification of polydisperse systems were developed.

A basic technological scheme of gasification of polydisperse systems of coal origin were developed, which can be recommended for implementation. The main elements of the technological scheme are a mass mixer, furnace and electrical converter.

It is established that from the point of view of electricity consumption, the optimal size of the carbon packing for the electroconverter is 10–13 mm and it is determined that the consumption of the carbon packing (coke) in the gasification process is 0.014 % of the total weight of a portion, or 0.575 % of the converted mass.

It is established that when using the proposed method of gasification of polydisperse systems of coal origin, it is possible to obtain a gas whose combustion heat is 1.62–2.47 times higher than the heat of combustion of gas obtained from gasification by the Lurgi method.

The main theoretical provisions and experimental data of the dissertation are used in the educational process at the departments of «Chemical Technology of Oil and Gas Processing» of the Lviv Polytechnic National University, «Metallurgical Fuel and Refractory» of the National Metallurgical Academy of Ukraine and «Oil Processing, Gas and Solid Fuels Technology» of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute».

Key words: polydisperse system, heavy coal tars, lignite, walnut shell, gasification, electrical conversion, producer gas