МЕТАЛУРГІЯ

УДК 662.749

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/07>

Тесленко О.І.

Інститут загальної енергетики Національної академії наук України

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОДУКТІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розглянуто особливості методичного підходу до розподілу технологічної енергоємності між окремими видами продукції багатопродуктового виробництва на прикладі процесу коксування кам'яного вугілля в чорній металургії. Для визначення розподілу енерговитрат та енергоємності окремих продуктів багатопродуктового коксохімічного виробництва було застосовано два методичні підходи, засновані на законі Гесса та його наслідках. Перший метод використовує вагові показники та показники теплотворної здатності вихідних речовин і продуктів технологічного процесу коксування кам'яного вугілля. Другий метод базується на вагових показниках та ентальпії вихідних речовин і продуктів цього процесу з урахуванням технологічних втрат у навколишнє середовище. Отримані результати визначення паливної складової частини технологічної енергоємності продуктів коксування кам'яного вугілля показали теоретичну та практичну можливість використання закону Гесса та його наслідків для визначення розподілу технологічної енергоємності між окремими продуктами багатопродуктового виробництва. Наведені результати розрахунків енергоємності окремо для коксу, коксового газу та хімічних продуктів коксування. Результати розрахунків демонструють невелику відносну розбіжність між показниками за двома методами при визначенні цієї складової частини технологічної енергоємності для коксу (приблизно 1,5%), однак для коксового газу розбіжність досягає 8,5%. Суттєві відносні розбіжності спостерігаються для хімічних продуктів коксування: бензолу сирого (26,3%), аміаку (35,5%), крім сірководню (7,4%) та смоли безводної (0,26%), що можна пояснити малою сумарною часткою цих речовин у тепловому балансі (менше 3,5%) і прийнятими припущеннями щодо нехтуванням тепловим ефектом термохімічної реакції коксування при складанні теплового балансу із застосуванням першого методу (за теплотворною здатністю). Запропоновані методичні підходи можуть бути застосовані при визначенні складників технологічної енергоємності окремих видів продукції багатопродуктового виробництва нафтопродуктів.

Ключові слова: енергоємність, багатопродуктове виробництво, кокс, коксовий газ, хімічні продукти.

Постановка проблеми. Україна входить до провідних виробників чавуну та сталі у світі. Вугільний кокс є головним енергоносієм доменного виробництва чавуну. У 2015 р. в Україні обсяги виробництва коксу (з напівкоксом) становили 11,6 млн т і за прогнозом фахівців досягнуть 16,0 млн т у 2040 р. [1, с. 16].

Коксування вугілля – технологічний процес термічної переробки переважно кам'яного вугілля, що полягає в його нагріванні до 1000–1100°C без доступу повітря (окислювача) у спеціальних коксових печах і витримки за цієї температури, внаслідок чого кам'яне вугілля піролізно розкладається з утворенням твердого

вуглецевого залишку – коксу та супутніх продуктів: коксового газу, кам'яновугільної смоли, сирого бензолу, аміаку, сірководню тощо. Основним цільовим продуктом цього технологічного процесу є кокс, що використовується головним чином як хімічна речовина для відновлення заліза і паливо в доменному виробництві чавуну. Коксовий газ використовується як паливо, а хімічні продукти – як сировина для подальшої переробки у хімічній промисловості. Таким чином, коксохімічне виробництво належить до багатопродуктових технологічних процесів.

За даними «Укркоксу» [2], у 2019 р. виробництво основних видів коксохімічної продукції

в Україні становило: коксу валового 6%-ої вологості – 10 млн 26,9 тис. т (зокрема металургійного коксу – 8 млн 587,6 тис. т), кам'яновугільної смоли – 420,9 тис. т, сирого бензолу – 92,8 тис. т, сульфату амонію (за 100% вмістом азоту) – 32,5 тис. т, сірчаної кислоти – 27,4 тис. т. У 2019 р. на коксування коксохімічних підприємств надійшло 13,9 млн т вугілля, із них 3,5 млн т (25% загального використання) – вугілля внутрішнього видобутку в Україні, 10,4 млн т (75%) – імпортоване вугілля. Вугілля на підприємства поставлялися з Російської Федерації, Казахстану, США, Канади, Польщі, Чехії, Австралії та Індонезії.

У 2019 р. коксохімічні підприємства України мали такий обсяг виробництва кам'яновугільного коксу для потреб чорної металургії [3]: Авдіївський КХЗ – 3,2 млн т; «ArcelorMittal Кривий Ріг» – 2,8 млн т; «Азовсталь» – 1,36 млн т; «Южкокс» – млн т; ДКХЗ – 0,564 млн т; «Дніпрококс» – 0,530 млн т; «Запоріжкокс» – 0,947 млн т; Харківський КХЗ – 0,037 млн т.

Коксохімічне виробництво є високоенерговитратним. Тільки витрати теплової енергії на обігрів коксових печей (основного технологічного процесу коксування кам'яного вугілля), які становлять приблизно 9% теплоти згорання вугілля, що коксується [4, с. 7], в Україні у 2015 р. досягали майже 1 млн т у.п. Така ситуація зумовлює необхідність визначення впливу енергозберігаючих заходів щодо зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів на зміну енергоемності окремих продуктів такого багатопродуктивного виробництва, як коксування кам'яного вугілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій у визначенні технологічної енергоемності продукції чорної металургії показав, що ряд виробництв, які становлять окремі ланки технологічного ланцюга, належать до багатопродуктових. Це, зокрема, коксохімічне виробництво, в якому кінцева продукція розподіляється за ознаками призначення щонайменше на два і більше видів. У діючих методиках і розробках [5–9] не надано роз'яснення щодо розподілу технологічної енергоемності багатопродуктових виробництв за їхніми окремими видами продукції.

Постановка завдання. Метою статті є розв'язання задачі розподілу енерговитрат за багатопродуктового коксохімічного виробництва (коксування кам'яного вугілля) для подальшого визначення енергоемності кожного продукту окремо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретичними передумовами використаного

у дослідженні методичного підходу розподілу повної технологічної енергоемності багатопродуктових виробництв за їхніми окремими видами продукції є закон Гесса (основний закон термохімії, що є прямим наслідком першого початку термодинаміки стосовно хімічних реакцій), який формулюється таким чином: тепловий ефект хімічної реакції, що проводиться за ізобарно-ізо-термічних або ізохорно-ізотермічних умов, залежить тільки від виду та стану вихідних речовин і продуктів реакції та не залежить від шляху її протікання. Закон Гесса ґрунтується на базовому положенні термодинаміки: ентальпія є функцією стану системи та не залежить від того, яким чином ця система утворилася.

За цим законом тепловий ефект Q термохімічної реакції не залежить від шляху реакції, від відношення вихідних речовин до продуктів реакції, а визначається різницею ентальпій продуктів і вихідних речовин:

$$Q = \Delta H = \sum H_j \text{ прод} - \sum H_i \text{ вих. реч.}, \quad (1)$$

де $\sum H_j \text{ прод}$ – сума ентальпій всіх j продуктів хімічної реакції; $\sum H_i \text{ вих. реч.}$ – сума ентальпій всіх i вихідних речовин.

При розробці запропонованого методичного підходу був також використаний один із наслідків із закону Гесса, а саме: тепловий ефект хімічної реакції (Q) дорівнює різниці сум теплоти згорання (Q_3) вихідних речовин (i) і продуктів реакції (j), помножених на відповідні стехіометричні коефіцієнти (ν_i, ν_j):

$$Q = \sum (\nu_j \cdot Q_{3j}) \text{ прод} - \sum (\nu_i \cdot Q_{3i}) \text{ вих. реч.} \quad (2)$$

Ця обставина дозволяє, користуючись табличними значеннями теплоти згорання речовин, розрахувати теплоту реакції, не вдаючись до експерименту. Якщо початковий і кінцевий стани хімічної реакції (реакцій) збігаються, то їхній тепловий ефект дорівнює нулю. Піролізний процес виробництва коксу та супутніх хімічних продуктів відповідає таким умовам закону Гесса.

Тепловий баланс процесу коксування вугілля в коксових печах засновано на законі збереження енергії та його наслідку – рівнянні вихідної (витратної) та кінцевої (продуктової) частин цього балансу. Використовуючи закон Гесса та його наслідки, можна скласти тепловий баланс процесу коксування вугілля в коксових печах двома способами: по ентальпії або по теплоті згорання (теплотворній здатності) вихідного вугілля у шихті та кінцевих продуктів коксового виробництва.

Тепловий ефект для зазвичай використуваного вугілля у шихті відносно незначний (до 4 ккал/кг шихти), що становить приблизно 1% теплоти, витраченої на коксування, і несуттєво впливає на витрату теплоти на коксування. Несуттєвість теплового ефекту коксування для малометаморфозних вугілля та шихти, які використовуються на коксохімічних заводах України, дозволяють у практичних розрахунках приймати його рівним нулю [4, с. 48].

У цьому дослідженні розподілу енерговитрат і визначення енергоємності окремих продуктів багатопродуктового коксохімічного виробництва було застосовано два методологічні підходи, засновані на законі Гесса та його наслідках:

- метод 1, який використовує вагові показники та показники теплотворної здатності вихідних речовин і продуктів технологічного процесу коксування кам'яного вугілля;

- метод 2, який базується на вагових показниках та ентальпії (вмісту теплоти) вихідних речовин і продуктів цього процесу з урахуванням технологічних втрат у навколишнє середовище.

Особливості обох методів і теплового балансу процесу коксування в коксових печах зумовлюють підвищене значення достовірності складання матеріального балансу.

Як розрахункова одиниця масового балансу у розрахунках була прийнята одиниця маси шихти, що завантажується в коксову піч, яка зазвичай дорівнює одній тонні вологого та зольного вугілля.

Послідовність розрахункового дослідження розподілення енергоємності процесу коксування кам'яного вугілля при виробництві доменного коксу за обома методами передбачала виконання кількох етапів, таких як:

- підготовка вихідних даних за теоретичними й емпіричними залежностями, у які входять дані технічного (склад шихти за марками вугілля від шахт і збагачувальних фабрик, зокрема вологість, зольність, вміст сірки) й елементарного аналізу вихідної вугільної шихти; вихід продуктів коксування (коксу, бензолу, смоли, аміаку, сірководню, а також коксового газу та його елементарного аналізу), усередненими результатами аналізу з довідників та інших літературних джерел [4; 10];

- складання матеріального балансу процесу коксування в коксових печах за довідниковими даними з літературних джерел. У дослідженні для зменшення впливу достовірності складання масового балансу на результати розрахунку енергоємності кінцевих продуктів використовувалися єдині для обох методів показники масового

балансу та загальні вагові характеристики вихідних речовин і кінцевих продуктів процесу коксування, наведені у [4, с. 113, 114];

- складання теплового балансу коксування в коксових печах: а) за теплотворною здатністю вихідних речовин та продуктів коксування з використанням інформації, наведеної у [4, с. 118], б) за ентальпією вихідних речовин і продуктів коксування з урахуванням технологічних втрат у навколишнє середовище з використанням інформації, наведеної у [4, с. 134];

- визначення розподілення витрат теплової енергії продуктів коксування за їх теплотворною здатністю у відсотках для методу 1 та за їх ентальпією (теплотою) для методу 2, у якому всі технологічні втрати теплової енергії при обігріві коксових печей були розподілені поміж продуктами коксування їх частки в тепловому балансі;

- визначення питомої енергоємності продуктів коксування за витратами енергоносіїв на обігрів коксових печей при коксуванні вугілля та їхніми ваговими (масовими) показниками.

Результати визначення питомої технологічної енергоємності (складова частина обігріву) для окремих видів продукції коксування за витратами енергоносіїв на обігрів коксових печей при коксуванні вугілля представлені в табл. 1 для розрахунків за методом 1 (за теплотворною здатністю вихідних речовин і кінцевих продуктів) і в табл. 2 для розрахунків за методом 2 (за ентальпією вихідних речовин і продуктів та з урахуванням втрат теплової енергії в навколишнє середовище).

Із використанням двох методів складання теплових балансів (перший – за теплотворною здатністю вихідних речовин і вироблених продуктів, а другий – за їх ентальпією з урахуванням технологічних втрат) визначено паливну складову частину технологічної енергоємності (на обігрів коксових печей) кожного із продуктів коксування вугілля, як багатопродуктового виробництва. Отримані результати демонструють невелику відносну розбіжність між показниками при визначенні цієї складової частини технологічної енергоємності для коксу (приблизно 1,5%), однак для коксового газу розбіжність досягає 8,5%, що можна пояснити урахуванням використання частини коксового газу (продукту) для обігріву коксових печей під час процесу коксування при застосуванні другого методу. Суттєві відносні розбіжності спостерігаються для хімічних продуктів коксування: бензолу сирого (26,3%), аміаку (35,5%), крім сірководню (7,4%) та смоли безводної (0,26%), що можна пояснити

**Зведені матеріальний і тепловий (за теплотворною здатністю) баланси
та питома енергоємність продуктів коксування вугілля (метод 1)**

№	Вид продукту / сировини	Маса, кг	Частка у матеріальному балансі, %	Теплотворна здатність, ккал/кг	Теплота згорання, ккал	Частка у тепловому балансі, %	Розподіл теплоти обігріву коксових печей*, кг у.п.	Питома енергоємність (складова частина обігріву), кг у.п./т
1	Прибуткова частина							
1.1	Суха шихта	917,4	91,74	7 172	7 172 000	100,0		
1.2	Вологість шихти	82,6	8,26	0	0	0		
1.4	Тепловий ефект коксування				0	0		
1.5	Загалом	1 000,0	100,00		7 172 000	100,0		
2	Витратна частина							
2.1	Кокс валовий	716,6	71,66	7 377	5 286 358	73,71	67,97	90,88
2.2	Газ коксовий	128,1	12,81	11 068	1 417 839	19,77	18,23	144,70
2.3	Бензол сирий	10,5	1,05	10 168	106 764	1,49	1,37	103,76
2.4	Смола безводна	31,1	3,11	9 300	289 230	4,03	3,72	114,48
2.5	Аміак 100%	2,8	0,28	5 177	14 496	0,20	0,19	93,22
2.6	Сірководень	5,2	0,52	4 045	21 034	0,29	0,27	47,89
2.7	Волога шихти	82,6	8,26		0	0,00	0	
2.8	Піролітична вода	23,0	2,30		0	0,00	0	
2.9	Нев'язка	0,1	0,01		36 279	0,51	0,47	
2.10	Загалом	1000,0	100,00		7 172 000	100,00	88,35*	

* – витрати теплової енергії на обігрів коксових печей відповідно до п. 1 табл. 2

малою сумарною часткою цих речовин у тепловому балансі (менше 3,5%) і прийнятими припущеннями щодо нехтуванням тепловим ефектом термохімічної реакції коксування при складанні теплового балансу із застосуванням першого методу (за теплотворною здатністю).

З огляду на наведені розбіжності та той факт, що тепловий баланс, складений за ентальпією вихідних речовин і продуктів коксування, має більшу достовірність і значний обсяг показників для обрахування, можна рекомендувати попереднє визначення енергоємності окремих видів продуктів виконувати згідно з методом за теплотворною здатністю, а уточнення – з використанням методу за ентальпією вихідних речовин і продуктів коксування.

За розподіленням витрат теплової енергії поміж продуктами коксування вугілля можна обраховувати використання теплових вторинних енергетичних ресурсів (ТВЕР) технологічного процесу [11, с. 17]:

– загальні ТВЕР для всіх продуктів коксування: при утилізації теплоти відхідних газів, які утворилися при спалюванні палива для обігріву

кокових печей (опалювального коксового газу та прямого (неочищеного від хімічних продуктів) коксового газу, який фільтрується до системи обігріву). Теплота відхідних димових газів, що утворилися при спалюванні палива для обігріву коксових печей і зазвичай скидаються в атмосферне повітря через димову трубу, досягає 14% теплоти згорання газу для обігріву коксових печей (п. 2.8 та п. 2.9 табл. 2);

– окремі ТВЕР для деяких продуктів коксування:

а) для коксу при утилізації фізичної теплоти розжареного коксу із застосуванням технології сухого гасіння коксу із виробництвом теплової та / або електричної енергії. Фізична теплота розжареного коксу досягає 44% теплоти згорання газу для обігріву коксових печей (п. 2.1 табл. 2);

б) для інших продуктів при утилізації фізичної теплоти цих продуктів із застосуванням первинних і вторинних охолоджувачів коксового газу для отримання теплової енергії. Фізична теплота гарячого коксового газу на виході з коксових печей досягає 13% теплоти згорання газу

**Тепловий баланс (за ентальпією) та питома енергоємність
продуктів коксування вугілля (метод 2)**

№	Складові частини теплового балансу	Теплова енергія			Питома енергоємність (складова частина обігріву), кг у.п./т т
		ккал	%	перерозподіл, ккал	
1	Прибуткова частина	618 442	100,00		
1.1	Теплота згорання опалювального газу на обігрів коксових батарей	590 595	95,49		
1.2	Ентальпія опалювального газу	2 355	0,38		
1.3	Ентальпія повітря, що надається для згорання опалювального газу	4 696	0,76		
1.4	Ентальпія шихти, яка завантажується у камеру коксування	6 377	1,03		
1.5	Теплота згорання прямого (неочищеного) коксового газу, що фільтрується до системи обігріву	13 087	2,12		
1.6	Ентальпія прямого коксового газу, який перетікає з камери коксування у систему обігріву	1 171	0,19		
1.7	Ентальпія повітря, що надається для згорання прямого газу	102	0,02		
1.8	Нев'язка балансу	59	0,01		
2	Витратна частина	618 442	100,00		
	<i>Теплота продуктів</i>			618 442	
2.1	Ентальпія розжареного коксу	270 047	43,67	448 803	89,47
2.2	Теплота нагріву коксового газу	80 542	13,02	133 769	149,18
2.3	Теплота нагріву бензолу сирого	4 376	0,71	7 298	99,29
2.4	Теплота нагріву смоли безводної	15 015	2,43	24 985	114,77
2.5	Теплота нагріву аміаку (100%)	1 209	0,19	1 917	97,81
2.6	Теплота нагріву сірководню	989	0,16	1 670	45,87
	<i>Теплота технологічних втрат</i>				
2.7	Теплота випаровування води	99 451	16,08		
2.8	Теплота, що відходить із продуктами згорання опалювального газу	84 865	13,72		
2.9	Теплота, яка відходить із продуктами згорання прямого газу	1 858	0,30		
2.10	Теплота, втрачена внаслідок недопалу опалювального та прямого газів	0	0,00		
2.11	Теплота згорання й ентальпія газу, втрачена при вивантаженні коксу	6 180	1,00		
2.12	Теплові втрати у навколишнє середовище	53 910	8,72		

для обігріву коксових печей (п. 2.2 табл. 2), а фізична теплота інших хімічних продуктів на виході з коксових печей досягає 4% відповідно (п. 2.3–2.6 табл. 2).

У табл. 3 наведені результати розрахунку впливу застосування утилізації теплоти продуктів на енергоємність окремих продуктів коксування кам'яного вугілля в коксових печах.

Аналіз впливу застосування розглянутих технологій утилізації теплоти продуктів на енерго-

ємність окремих продуктів коксування дозволяє прогнозувати показники енергоефективності технологічного процесу коксування кам'яного вугілля за впровадження енергозберігаючих технологій із використанням теплових вторинних енергетичних ресурсів.

Висновки. Отримані результати визначення паливної складової частини технологічної енергоємності продуктів коксування кам'яного вугілля показали теоретичну та практичну можливість

Вплив застосування утилізації теплоти продуктів на енергоємність окремих продуктів коксування кам'яного вугілля

№	Продукт коксування кам'яного вугілля	Енергоємність продукту (паливна складова частина), кг у.п./т,				
		за умов застосування утилізації теплоти продуктів				
		без застосування	продуктів згорання	розжареного коксу	коксового газу	хімічних продуктів
1	Кокс валовий	89,47	79,44	58,21		
2	Газ коксовий	149,18	132,45		133,64	
3	Бензол сирий	99,29	88,15			96,52
4	Смола безводна	114,77	101,90			111,56
5	Аміак 100%	97,81	86,84			95,08
6	Сірководень	45,87	40,73			44,59

використання закону Гесса та його наслідків для визначення розподілу технологічної енергоємності між окремими продуктами багатопродуктового виробництва – коксування вугілля.

Використані методичні підходи можуть бути застосовані при визначенні складників технологічної енергоємності окремих видів продукції багатопродуктового виробництва нафтопродуктів.

Список літератури:

1. Малярєнко О.Є., Станиціна В.В., Куц Г.О. Прогнозування попиту на паливно-енергетичні ресурси для енергоємних видів продукції з урахуванням потенціалу енергозбереження до 2040 р. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. № 2 (57). С. 13–20.
2. Украинские коксохимзаводы сократили производство металлургического кокса на 6%. Укррудпром. 12 августа 2020 г. URL: http://ukrudprom.com/news/Ukrainskie_koksohimzavodi_sokratili_proizvodstvo_metalurgichesk.html.
3. У 2019 р. виробництво коксу в Україні знизилося на 7,1%. GMK center. 20 січня 2020 р. URL: <https://gmk.center/ua/news/u-2019-roci-virobnictvo-koksu-v-ukraini-znizilosya-na-7-1/>.
4. Ханин И.М., Обуховский Я.М., Юшин В.В., Яремчук В.А. Методы расчета материального и теплового балансов коксовых печей. Москва : Металлургия, 1972. 160 с.
5. ДСТУ 3682-98 (ГОСТ 30583-98) Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт, послуг. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 11 с.
6. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказания услуг в технологических энергетических системах. Москва : ИПК Изд-во стандартов. 27 с.
7. Лисиенко Н.Г., Щелоков Я.М., Розин С.Е., Дружинина О.Г., Пареньков А.Е. Энергетический анализ, методика и базовое информационное обеспечение. Екатеринбург : Изд. УГТУ-УПИ. 2001. 97 с.
8. Грищенко С.Г., Сталинский Д.В., Литвиненко В.Г. Применение метода сквозной энергоемкости для анализа затрат энергоресурсов ГМК. *Горнорудная и металлургическая промышленность*. 2009. № 1. С. 110–114.
9. Станиціна В.В. Аналіз методів визначення показників енергетичної ефективності. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. № 10/2 (15). С. 27–31.
10. Довідник коксохіміка. Т. 2. Виробництво коксу / за ред. Рудики В.І., Зінгермана Ю.Ю. Харків : Видавничий дім «ІНЖЕК», 2014. 728 с.
11. ДСТУ 4370:2011 Енергозбереження. Коксохімічне виробництво. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання. На заміну ДСТУ 4370:2005. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 93 с.

Teslenko O.I. THE PECULIARITIES OF DETERMINATION OF SEPARATE COMPONENTS OF TECHNOLOGICAL ENERGY INTENSITY OF COKE CHEMICAL INDUSTRY PRODUCTS

The peculiarities of the methodical approach to the distribution of technological energy intensity between separate kinds of products of multi-product industries on the example of the process of coking coal in ferrous metallurgy are considered. To determine the distribution of energy consumption and energy intensity of individual products of multi-product coke industry two methodological approaches were used, based on Hess's law and its consequences. The first method uses weights and calorific value of raw materials and products of the process of coking coal. The second method is based on the weights and enthalpy of the materials and products of this process, taking into account technological losses to the environment. The obtained results of determining the fuel component of technological energy intensity of coal coking products showed the theoretical and practical possibility of using Hess's law and its consequences to determine the distribution of technological energy intensity between individual products of multi-product industry. The results of energy intensity calculations separately for coke, coke oven gas and chemical products are presented. The results of the calculations show a small relative discrepancy between the indicators by the two methods in determining this component of technological energy intensity for coke (approximately 1.5%). However, for coke oven gas the difference reaches up to 8.5%. Significant relative differences are observed for chemical coking products: crude benzene (26.3%), ammonia (35.5%), except for hydrogen sulfide (7.4%) and anhydrous resin (0.26%), which can be explained by a small total share of these substances in the heat balance (less than 3.5%) and the accepted assumptions regarding the neglect of the thermal effect of the thermochemical coking reaction when compiling the heat balance using the first method (calorific value).

The proposed methodological approaches can be used to determine the components of technological energy intensity of certain types of products of multi-product industries of petroleum products.

Key words: energy intensity, multi-product industries, coke, coke oven gas, chemical products.