



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **156559** (13) **U**
(51) МПК (2024.01)
C21B 9/00
C21B 9/16 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

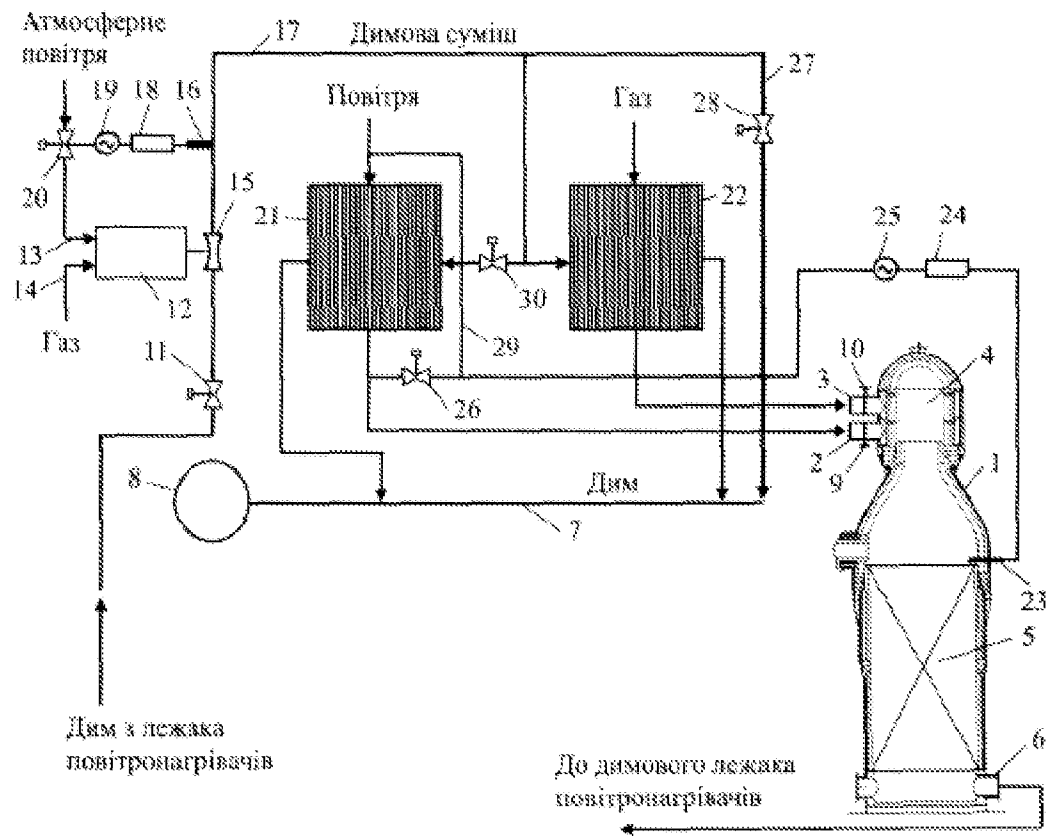
(21) Номер заявки:	u 2023 06239	(72) Винахідник(и):	Верещак Віктор Іванович (UA), Верещак Денис Вікторович (UA), Грес Леонід Петрович (UA), Гупало Олена В'ячеславівна (UA), Чайка Олексій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки:	21.12.2023	(73) Володілець (володільці):	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ НАУКОВО- ВИРОБНИЧА ФІРМА "КОШ", просп. Івана Мазепи, буд. 31, прим. 11, м. Дніпро, 49064 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	11.07.2024	(74) Представник:	Івченко Олександр Васильович
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	10.07.2024, Бюл.№ 28		

(54) СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

(57) Реферат:

Спосіб утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів доменної печі включає підігрів повітря спалення і доменного газу за рахунок утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів, змішування цих димових газів з димовими газами, що утворюються при спаленні додаткового доменного газу у теплогенераторі, вимірювання витрат димових газів, повітря та доменного газу, що надходять та виходять з теплообмінників, вимірювання температури димових газів, повітря і доменного газу, регулювання витрат димових газів, що проходять через повітряний теплообмінник до дросельних клапанів, встановлених на димопроводі за вказаним теплообмінником, підтримання температури димових газів на вході у газовий та повітряний теплообмінники на рівні, який перевищує 150-230 °C середній за період нагріву рівень температури диму на вході у теплообмінники та регулюють кількість газу, спаленого в теплогенераторі, і вміст монооксиду вуглецю (CO) при спаленні доменного газу в пальнику теплогенератора на такому ж рівні, як при спаленні газу у пальниках повітрянагрівачів. При спаленні доменного газу у теплогенераторі додаткові витрати доменного газу складають 2,8-12,5 % від загальних витрат доменного газу того ж складу, який використовують при опаленні блока повітрянагрівачів, при цьому співвідношення витрат доменного газу ($V_{дг}$) і повітря ($V_{дп}$), які нагрівають в теплообмінниках, а потім спалюють в пальниках блока повітрянагрівачів, є зворотно пропорційно питомим дійсним витратам повітря $L_{д}$, які підтримують в межах: $V_{дг}/V_{дп}=1/L_{д}=1,42-1,65$.

UA 156559 U



Корисна модель стосується чорної металургії, зокрема способів утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів доменних печей, і може бути використана в енергетиці, кольоровій та хімічній промисловостях.

Відомий спосіб утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів [Патент UA № 148577. С21В 9/16, С21В 5/05. СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗІВ ПЕРЕД ПАЛЬНИКОМ ПОВІТРОНАГРІВАЧА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ. Опубл. 25.08.2021, Бюл. № 35]. Де для підвищення температури під куполом повітрянагрівачів використовують як повітря спалення підігріту повітродимову суміш. При цьому в допоміжному пальнику спалюють додатковий доменний газ і продукти його спалення змішують з атмосферним повітрям, збагаченим киснем. Ознаками, що співпадають з ознаками корисної моделі, є спалення додаткового доменного газу в допоміжному пальнику і використання теплоти спалення газу для підвищення температури повітродимової суміші, яка використовується як повітря спалення. Проте цей спосіб потребує додаткових значних витрат доменного газу та кисню, а теплота відхідних димових газів повітрянагрівачів не використовується.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є спосіб [Патент UA № 41075. С21В 9/00. СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДОМЕННИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ. Опубл. 12.05.2009, Бюл. № 9], який включає підігрів повітря спалення і доменного газу за рахунок утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів, змішування цих димових газів з димовими газами, що утворюються при спаленні додаткового доменного газу у теплогенераторі (топці), вимірювання витрат димових газів, повітря та доменного газу, що надходять та виходять з теплообмінників, вимірювання температури димових газів, повітря і доменного газу, регулювання витрат димових газів, що проходять через повітряний теплообмінник до дросельних клапанів, встановлених на димопроводі за вказаним теплообмінником, підтримання температури димових газів на вході у газовий та повітряний теплообмінники на рівні, який перевищує 150-230 °С середній за період нагріву рівень температури диму на вході у теплообмінники. Також регулюють кількість газу, спаленого в теплогенераторі (топці), і вміст монооксиду вуглецю (CO) при спаленні доменного газу в пальнику теплогенератора на такому же рівні, як при спаленні газу у пальниках повітрянагрівачів. Недоліком найближчого аналога є:

- великі додаткові витрати доменного газу, який спалюється в теплогенераторі. Їх величина залежить від точності визначення температури та витрат димової суміші, яка утворюється при перемішуванні димових газів із повітрянагрівачів та теплогенератора;
- відсутність достатньо точного визначення співвідношення між витратами димових газів, які проходять через повітряний і газовий теплообмінники та обвідний димопровід в димар;
- різні витрати доменного газу та повітря спалення, які нагріваються, для забезпечення заданої температури під куполом повітрянагрівачів, тому що витрати повітря спалення менші, ніж доменного газу. Останнє не враховується як при розподілі димових газів по теплообмінникам, так і при визначенні поверхні їх нагрівання та компоновці теплообмінників. Це призводить до неповної утилізації теплоти відхідних димових газів, частина теплоти яких залишається невикористаною та викидається в атмосферу з димовими газами через димар, що спричиняє завищені витрати доменного газу на забезпечення підтримки температури дуття на потрібному рівні.

В основу корисної моделі поставлена задача розширення технологічних можливостей способу утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів шляхом гнучкого регулювання роботи комплексу "блок повітрянагрівачів-теплообмінники з теплогенератором" (в тому числі при зміні хімічного складу доменного газу і його теплоти згоряння, зміни середньої температури відхідних димових газів повітрянагрівачів, зменшенні теплової потужності повітрянагрівачів), що призводить до зниження витрат димових газів та температури димової суміші, що надходить до теплообмінників.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів доменної печі, який включає підігрів повітря спалення і доменного газу за рахунок утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів, змішування цих димових газів з димовими газами, що утворюються при спаленні додаткового доменного газу у теплогенераторі (топці), вимірювання витрат димових газів, повітря та доменного газу, що надходять та виходять з теплообмінників, вимірювання температури димових газів, повітря і доменного газу, регулювання витрат димових газів, що проходять через повітряний теплообмінник до дросельних клапанів, встановлених на димопроводі за вказаним теплообмінником, підтримання температури димових газів на вході у газовий та повітряний теплообмінники на рівні, який перевищує 150-230 °С середній за період нагріву рівень температури диму на вході у теплообмінники та регулюють кількість газу, спаленого в

теплогенераторі (топці) і вміст монооксиду вуглецю (CO) при спаленні доменного газу в пальнику теплогенератора на такому же рівні, як при спаленні газу у пальниках повітрянагрівачів, коли при спаленні доменного газу у теплогенераторі (топці) додаткові витрати доменного газу складають 2,8-12,5 % від загальних витрат доменного газу того ж складу, який використовують при опаленні блока повітрянагрівачів. При цьому співвідношення витрат доменного газу ($V_{дг}$) і повітря ($V_{дп}$), які нагрівають в теплообмінниках, а потім спалюють в пальниках блока повітрянагрівачів, є зворотно пропорційно питомим дійсним витратам повітря $L_{д}$, які підтримують в межах: $V_{дг}/V_{дп}=1/L_{д}=1,42-1,65$. Також витрати відхідних димових газів повітрянагрівачів, що подають до повітряного та газового теплообмінників, становлять 80-95 % від загальних витрат димових газів повітрянагрівачів, а витрати димових газів, що подають до повітряного теплообмінника ($V_{дп}$) та газового теплообмінника ($V_{дг}$) пропорційні відносно їх поверхонь нагріву ($F_{п}, F_{г}$): $V_{дп}=V_{дг} F_{п}/F_{г}$; $V_{дг}=V_{дп} F_{г}/F_{п}$. Також температуру димових газів, на вході в насадку повітрянагрівачів стабілізують, підтримуючи її на рівні 1300-1400 °С, зміною температури нагрітого повітря спалення за рахунок змішування частки холодного повітря с нагрітим повітрям на виході із повітряного теплообмінника.

Причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками та технічним результатом, який досягається, полягає в наступному.

Для забезпечення необхідного значення температур нагрівання повітря спалення та доменного газу необхідно спалювати в теплогенераторі додаткову кількість доменного газу, а його продукти спалення (димові гази) використовувати для збільшення температури відхідних димових газів повітрянагрівачів. При цьому додаткові витрати доменного газу, який спалюється в теплогенераторі складає 2,8-12,5 % від загальних витрат доменного газу, який використовують для опалення повітрянагрівачів. Витрати цього додаткового доменного газу залежать від теплоти згоряння доменного газу та температури і витрат відхідних димових газів повітрянагрівачів.

Якщо кількість доменного газу, що спалюється в теплогенераторі, буде менше 2,8 % від загальних витрат доменного газу, спаленого в повітрянагрівачах, то зменшуються витрати гарячих (1220-1250 °С) димових газів після теплогенератора, що призведе до зниження температури димової суміші та температур повітря спалення і доменного газу.

Якщо ці витрати будуть більше 12,5 % від загальних витрат доменного газу, то це визве збільшення витрат доменного газу, що є економічно недоцільним.

Співвідношення витрат доменного газу і повітря, які нагріваються в теплообмінниках, а потім спалюються в пальниках повітрянагрівачів, знаходиться в межах 1,42-1,65 і залежить від теплоти згоряння газу і теплової потужності повітрянагрівачів.

Якщо співвідношення витрат доменного газу і повітря, які нагріваються в теплообмінниках, менше 1,42, то це значить, що по технологічним причинам доменного процесу змінився хімічний склад доменного газу і теплота його згоряння. Для умов доменної плавки це співвідношення є мінімальним для теплоти згоряння газу менше 3000 кДж/м³.

Якщо це співвідношення становить 1,65, то значення теплоти згоряння доменного газу є максимальним (3600 кДж/м³). Таким чином, теплота згоряння доменного газу залежно від технології доменної плавки і марки чавуну змінюється в межах 3000-3600 кДж/м³ і це необхідно враховувати в тепловому режимі теплообмінників і повітрянагрівачів.

Відхідні димові гази повітрянагрівачів не повністю, а лише на 80-95 % використовуються в повітряному і газовому теплообмінниках. Надлишок димових газів (5-20 %) проходить через обвідний димопровід в димар минаючи теплообмінники. Цей надлишок димових газів необхідно мати для регулювання витрат димових газів, які проходять через теплообмінники, у випадку необхідності зміни температури нагрівання компонентів спалення. Якщо необхідно зменшити температуру доменного газу, то знижують до 80 % витрати димових газів, що надходять до теплообмінників порівняно з загальними витратами димових газів повітрянагрівачів. При необхідності підвищення температури компонентів спалення збільшують до 95 % витрати цих димових газів.

Витрати доменного газу і повітря спалення не однакові. При проєктуванні теплообмінників і визначенні необхідної поверхні їх нагрівання необхідно враховувати різну кількість повітря спалення та доменного газу, що нагріваються. При експлуатації теплообмінників, коли їх поверхня нагрівання незмінна, температуру нагрівання доменного газу і повітря регулюють зміною витрат димових газів, що проходять через повітряний ($V_{дп}$) та газовий ($V_{дг}$) теплообмінники. Ці витрати димових газів пропорційні відносно поверхонь нагрівання повітряного ($F_{п}$) та газового ($F_{г}$) теплообмінників: $V_{дп}=V_{дг} F_{п}/F_{г}$; $V_{дг}=V_{дп} F_{г}/F_{п}$. Використовуючи ці співвідношення, можливо визначити витрати димових газів, що проходять через повітряний та

газовий теплообмінники, які за умовами теплових балансів теплообмінників забезпечують повну і однакову глибину утилізації теплоти відхідних димових газів в цих теплообмінниках.

Якщо ці співвідношення не будуть витримані, це призведе до того, що задані температура підігріву спалення повітря та доменного газу не будуть досягнуті, а частина теплоти відхідних димових газів залишиться не використаною та буде втрачена з димовими газами, що скидаються в атмосферу через димар.

Зазвичай температуру димових газів при вході в насадку повітронагрівачів стабілізують зміною витрати нагрітого повітря спалення. При цьому в пальнику і в камері спалення повітронагрівача змінюється швидкість повітря спалення і співвідношення витрат доменного газу і повітря спалення. Це призводить до погіршення процесу перемішування компонентів горіння та зниження якості спалення палива. В способі, що заявляється, температуру димових газів при вході в насадку повітронагрівачів на рівні 1300-1400 °C стабілізують зміною температури нагрітого повітря спалення за рахунок змішування частки холодного повітря с нагрітим повітрям на виході із повітряного теплообмінника. При цьому швидкість повітря спалення і співвідношення витрат доменного газу і повітря спалення не змінюються, що дозволяє покращити якість процесу перемішування компонентів горіння та якість спалення палива.

При температурі димових газів на вході в насадку повітронагрівачів менше 1300 °C зменшується кількість теплоти, яка передається від димових газів насадці повітронагрівачів в період її нагріву, в результаті чого насадка нагрівається до меншої температури, що призводить до зменшення температури підігріву доменного дуття, збільшення питомих витрат коксу на виробництво чавуну та підвищення собівартості виробництва чавуну.

При температурі димових газів на вході в насадку повітронагрівачів більше 1400 °C порушуються температурні обмеження на експлуатацію вогнетривів, які використовуються при будівництві верхньої частини насадки, що призводить до її передчасного руйнування.

Спосіб утилізації теплоти відхідних димових газів повітронагрівачів доменної печі реалізується за допомогою пристрою, схематично представленого на кресленні.

Пристрій для утилізації теплоти відхідних димових газів повітронагрівачів складається з повітронагрівача 1, який обладнано штуцерами подачі повітря 2 та газу 3, на яких установлені відсічні шибери 9, 10, форкамерою 4, насадкою 5, та димовими штуцерами 6, які з'єднані з димарем 8 димовим лежаком 7. Теплогенератор (підтопка) 12 обладнано штуцерами подачі повітря 13 та доменного газу 14, і він з'єднаний зі змішувачем 15, розташованим на додатковому димопроводі 17 з дросельним клапаном 11. Повітряний 21 та газовий 22 теплообмінники, які на вході димової сторони паралельно з'єднані з додатковим димопроводом 17, а на виході - з димовим лежаком 7. На вході димових газів в повітряний теплообмінник розташовано дросельний клапан 30. На додатковому димопроводі 17 розміщена термopара 16, яка електрично з'єднана з процесором 18, виконуючим механізмом 19 та дросельним клапаном 20, який з'єднано з штуцером подачі повітря 13. Додатковий димопровід 17 з'єднується з димовим лежаком 7 обвідним димопроводом 27, на якому розташовано дросельний клапан 28. Холодні повітря спалення та доменний газ надходять на вхід теплообмінників 21, 22, проходять всередині труб, де нагріваються, і далі попадають в штуцери подачі повітря 2 та газу 3. Вхід холодного повітря з'єднано допоміжним повітропроводом 29 з виходом нагрітого повітря, на якому розміщено дросельний клапан 26, який електрично з'єднано з виконуючим механізмом 25, процесором 24 та термopарою 23, яка розташована на вході в насадку 5 повітронагрівача 1.

Спосіб для утилізації теплоти відхідних димових газів повітронагрівачів реалізується наступним чином.

В форкамеру 4 повітронагрівача 1 через штуцери подачі повітря 2 та доменного газу 3 подаються нагріті газ і повітря спалення. Утворені продукти спалення (димові гази) із форкамери 4 направляються в насадку 5, вогнетриви якої за період нагріву акумулюють теплоту димових газів. Відпрацьовані димові гази через димові штуцери 6 надходять в димовий лежак повітронагрівачів, а з нього - в димовий змішувач 15, при цьому відсічні шибери 9, 10 та дросельний клапан 11 відкриті. В теплогенератор 12 через штуцери 13, 14 подається атмосферне повітря і додатковий доменний газ, де відбувається його спалення. Утворені димові гази з температурою 1220-1250 °C направляються в змішувач 15, де зустрічаються з димовими газами повітронагрівачів з температурою 230-260 °C. Після змішування цих димових газів їх температура осереднюється до 180-400 °C залежно від температур нагрівання повітря та газу, які використовуються при опаленні повітронагрівачів. Регулювання цієї температури відбувається за рахунок зміни витрат атмосферного повітря, використовуючи термopару 16, процесор 18, виконуючий механізм 19 та дросельний клапан 20. Димова суміш із заданою температурою через додатковий димопровід 17 направляється в повітряний теплообмінник 21 і

паралельно в газовий теплообмінник 22 і, омиваючи зовнішню поверхню труб теплообмінника, нагріває повітря і доменний газ, які рухаються всередині труб теплообмінника. Відпрацьовані димові гази з температурою на 10-15 °С вище точки роси сірчаної кислоти попадають в димовий лежак 7. Надлишкова частка (5-20 %) димової суміші проходить, минаючи теплообмінники 21, 22, через обвідний димопровід 27 і попадає в димовий лежак 7, а потім в димар 8. На обвідному димопроводі 27 розташовано дросельний клапан 28, з допомогою якого регулюються витрати димової суміші через газовий теплообмінник 22. Витрати димових газів, що надходять до повітряного теплообмінника, регулюються дросельним клапаном 30.

Холодне повітря і доменний газ, проходячи всередині труб теплообмінників, нагріваються за рахунок теплоти димової суміші і надходять в штуцери подачі повітря 2 і газу 3. Температура димових газів на вході в насадку 5 повітрянагрівача 1 стабілізується та підтримується на рівні 1300-1400 °С зміною температури нагрітого повітря, яка регулюється за рахунок змішування частки холодного повітря, що проходить через повітропровід 29, та нагрітого повітря, що виходить з повітряного теплообмінника 21. При цьому термопара 23, яка розташована зверху насадки 5, електрично зв'язана з процесором 24, виконуючим механізмом 25 та дросельним клапаном 26, який регулює витрати нагрітого повітря.

Таким чином, спосіб, що заявляється, в умовах зміні хімічного складу доменного газу і його теплоти згоряння, зміні середньої температури відхідних димових газів повітрянагрівачів, зменшення теплової потужності повітрянагрівачів та пов'язаного з ним зменшення витрат відхідних димових газів та їх температури шляхом гнучкого регулювання роботи комплексу "блок повітрянагрівачів-теплообмінники з теплогенератором", дозволяє зменшити витрати доменного газу, що спалюється в теплогенераторі, досягнути повної і однакової глибини утилізації теплоти відхідних димових газів в газовому та повітряному теплообмінниках, стабілізувати температуру димових газів при вході в насадку повітрянагрівачів на рівні 1300-1400 °С, що забезпечує покращення якості спалення палива в повітрянагрівачах, збільшення температури нагрівання повітря спалення і доменного газу в теплообмінниках, підвищення температури нагрівання доменного дуття на 30-50 °С, зниження питомої витрати коксу на виробництво чавуну та собівартості виробництва чавуну.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів доменної печі, який включає підігрів повітря спалення і доменного газу за рахунок утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів, змішування цих димових газів з димовими газами, що утворюються при спаленні додаткового доменного газу у теплогенераторі, вимірювання витрат димових газів, повітря та доменного газу, що надходять та виходять з теплообмінників, вимірювання температури димових газів, повітря і доменного газу, регулювання витрат димових газів, що проходять через повітряний теплообмінник до дросельних клапанів, встановлених на димопроводі за вказаним теплообмінником, підтримання температури димових газів на вході у газовий та повітряний теплообмінники на рівні, який перевищує 150-230 °С середній за період нагріву рівень температури диму на вході у теплообмінники, та регулюють кількість газу, спаленого в теплогенераторі, і вміст монооксиду вуглецю (CO) при спаленні доменного газу в пальнику теплогенератора на такому ж рівні, як при спаленні газу у пальниках повітрянагрівачів, який **відрізняється** тим, що при спаленні доменного газу у теплогенераторі додаткові витрати доменного газу складають 2,8-12,5 % від загальних витрат доменного газу того ж складу, який використовують при опаленні блока повітрянагрівачів, при цьому співвідношення витрат доменного газу ($V_{д}^n$) і повітря ($V_{д}^r$), які нагрівають в теплообмінниках, а потім спалюють в пальниках блока повітрянагрівачів, є зворотно пропорційно питомим дійсним витратам повітря $L_{д}$, які підтримують в межах: $V_{д}^r/V_{д}^n=1/L_{д}=1,42-1,65$.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що витрати відхідних димових газів повітрянагрівачів, що подають до повітряного та газового теплообмінників, становлять 80-95 % від загальних витрат димових газів повітрянагрівачів, а витрати димових газів, що подають до повітряного теплообмінника ($V_{д}^n$) та газового теплообмінника ($V_{д}^r$), пропорційні відносно їх поверхонь нагріву (F_n, F_r): $V_{д}^n=V_{д}^r \cdot F_n/F_r$; $V_{д}^r=V_{д}^n \cdot F_r/F_n$.

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що температуру димових газів, на вході в насадку повітрянагрівачів стабілізують, підтримуючи її на рівні 1300-1400 °С, зміною температури нагрітого повітря спалення за рахунок змішування частки холодного повітря з нагрітим повітрям на виході із повітряного теплообмінника.

