



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114553** (13) **C2**

(51) МПК (2017.01)

C21B 5/00

C21B 7/20 (2006.01)

F27B 1/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2015 09296</p> <p>(22) Дата подання заявки: 28.09.2015</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.06.2017</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.02.2016, Бюл.№ 4</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.06.2017, Бюл.№ 12</p>	<p>(72) Винахідник(и): Большаков Вадим Іванович (UA), Лебідь Віталій Васильович (UA), Жеребецький Антон Олександрович (UA), Чайка Олексій Леонідович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ІМ. З.І. НЕКРАСОВА НАН УКРАЇНИ, пл. Академіка Стародубова, 1, м. Дніпропетровськ, 49050 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1 788 017 A1, 15.01.1993 UA 94 139 C2, 11.04.2011 UA a201207352, 05.04.2013 RU 2 022 025 C1, 30.01.1994 RU 2 078 141 C1, 27.04.1997 EA 20 217 B1, 30.09.2014 US 3 929 240 A, 30.12.1975 US 4 466 825 A, 21.08.1984 Большаков В.И./Оптимизация программы загрузки доменной печи лотковым распределителем/В.И. Большаков, В.Л. Покрішкін, Ф.М. Шутілев//Сталь. - М.: Металлургия, 1985. - С. 16-20 Большаков В.И. Особенности выбора рабочих углов наклона распределительного лотка БЗУ с использованием информации профилемера/В.И.Большаков, В.В. Лебедь, Ю.С. Семенов,СТ. Шулико//Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2008. - № 3. - С. 4-9 Yongfu Zhao et al. Development of Burden Distribution Technology at US Steel canada's Hamilton Work 'E' Blast Furnace//Iron and steel technology. 2011. - № 1. - P. 52-61</p>
--	---

(54) СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ШИХТОЮ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі чорної металургії, зокрема до способу завантаження доменної печі шихтою, і може бути використаним на доменних печах, обладнаних безконусними завантажувальними пристроями з лотковими розподільниками, для оптимізації процесу завантаження шихтових матеріалів. Спосіб включає завантаження порцій шихти при обертанні лотка на заданих кутах його нахилу, визначення за допомогою безконтактних вимірюючих засобів полярних координат точок, що належать одній твірній поверхні профілю засипання

UA 114553 C2

шихти, прийманні точки з екстремальними значеннями ординати як гребеня, і відповідно до його координат і кутів нахилу лотка при завантаженні попередніх порцій шихти, обчислення кутів нахилу лотка, що забезпечують перетин траєкторії руху потоку матеріалу шихти середини ширини рівновеликих за площею кільцевих зон колошника для різних рівнів засипання, призначення їх як кутових положень лоткового розподільника. Винахід забезпечує раціональний розподіл шихтових матеріалів по перерізу доменної печі при її стабільній тепловій та газодинамічній роботі, підвищення ефективності освоєння спільного вдування пиловугільного палива, природного газу і кисню.

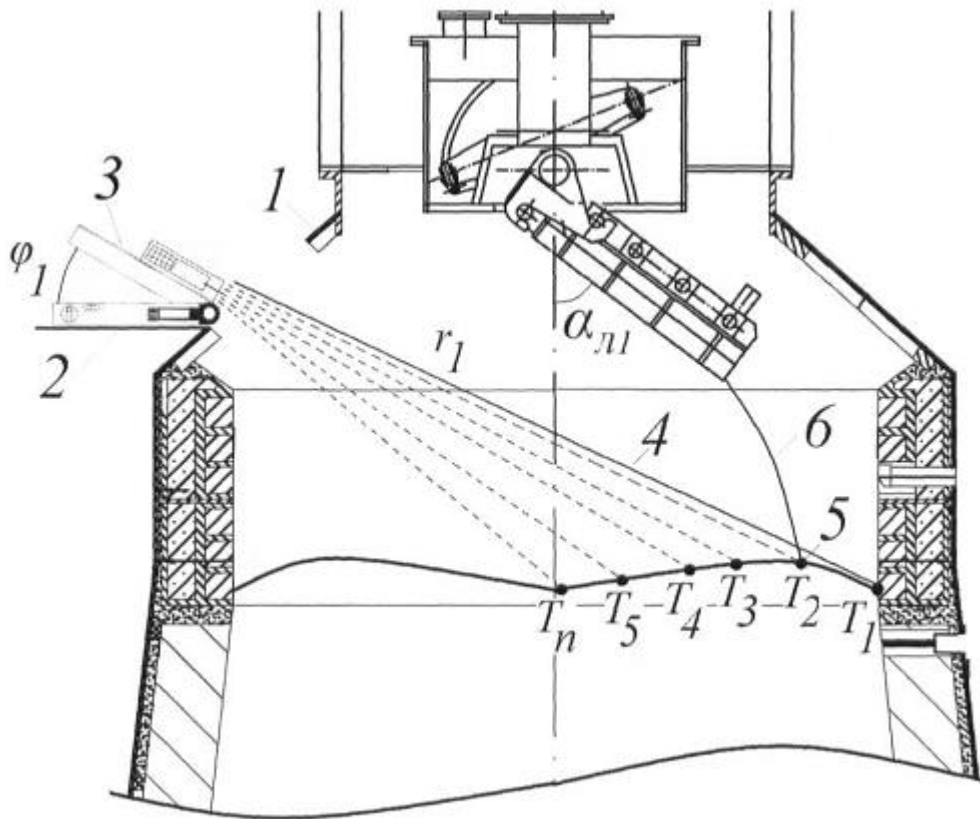


Fig. 1

Винахід належить до галузі чорної металургії, зокрема до доменного виробництва, і може бути використаним на доменних печах, обладнаних безконусними завантажувальними пристроями з лотковими розподільниками, для оптимізації процесу завантаження шихтових матеріалів.

Формування раціонального розподілу шихтових матеріалів є одним з найважливіших способів управління ефективністю доменної плавки, оскільки дозволяє досягти рівного ходу печі при максимально можливій мірі використання хімічної і теплової енергії газів. Безконусні завантажувальні пристрої з лотковими розподільниками, розташованими над поверхнею засипки, мають широкі можливості управління розподілом шихтових матеріалів на колошнику. В основі управління розподілом шихти на доменних печах, обладнаних БЗУ, лежить принцип поділу колошника на рівні за площею кільцеві зони з подальшим укладанням в них заданої кількості шихти з відповідних робочих кутових положень лотка. Зазвичай прийнято поділ колошника на 10 зон і, відповідно, для завантаження доменної печі використовується 10 кутових положень (іноді додатково застосовується 11-е, для завантаження шихти безпосередньо під стінку печі). Кути нахилу лотка, що привласнюються кутовим положенням, вибираються, виходячи із забезпечення попадання потоку шихти всередину відповідної зони колошника на заданому рівні засипання. Знання про особливості руху потоку матеріалів, що сходить з лоткового розподільника, в колошниковому просторі необхідні для обґрунтованого вибору раціональних параметрів режиму завантаження і, як наслідок, підвищення ефективності реалізації технологічних можливостей БЗУ з управління розподілом шихти.

Відомий спосіб оцінки радіального розподілу і траєкторій падіння шихтових матеріалів [Yongfu Zhao, Jerry C. Capo, Steven J. McKnight, John D'Alessio, Kyle J. Ferron, Peter F. Badgley, Zhengkai Gao and Tai Gao. Development of Burden Distribution Technology at US Steel Canada's Hamilton Works 'E' Blast Furnace // Iron and steel technology. - 2011 - № 1 - P. 52-61], який здійснюється безконтактно. Для визначення траєкторій падіння шихти під куполом печі встановлюються цифрова відеокамера і 20 лазерних випромінювачів з різними кутами нахилу до горизонту, які утворюють візуальну координатну сітку. Під час вивантаження порції шихти, потік матеріалів перетинає лазерні промені, що фіксується відеокамерою. Далі отримані зображення перетворюють в прямокутну систему координат.

Недоліками цього способу є необхідність установки великої кількості випромінювачів безпосередньо в робочому об'ємі печі, що вимагає значних витрат часу і можливо тільки перед пуском печі після капремонту і, як наслідок, виключає можливість оперативного використання, необхідність установки примусової вентиляції для видалення пари і пилу, які істотно погіршують якість одержуваних фото- та відеозображень, складність обліку паралакса при перетворенні цифрових зображень в прямокутну систему координат.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, за технічною суттю і досягнутим результатом є спосіб завантаження доменної печі [А.С. 1788017 СРСР. Способ загрузки доменной печи / В.Л. Степаненко, В.М. Зернов, В.А. Улахович, В.И. Большаков, Ф.М. Шутылев. - № 4834440 / 02; заявл. 04.06.90; опубл. 15.01.93. Бюл. № 2], що включає роздільне завантаження порцій залізорудних матеріалів і коксу в бункери безконусного завантажувального пристрою, зважування і ділення маси кожної порції на задану кількість частин, установку діапазону зміни кутових положень лотка для кожної порції, вивантаження кожної частини порції обертовим лотком в піч, послідовну зміну кутового положення лотка після вивантаження чергової частини порції.

Недоліком відомого способу є відсутність урахування реальних траєкторій руху шихти, що сходить з лоткового розподільника в колошниковому просторі печі при виборі чисельних значень кутів його нахилу, відповідних кутовим положенням, що використовуються для завантаження порцій шихти в піч. Таким чином, використання даного способу не може гарантовано забезпечувати формування заданого розподілу матеріалів на колошнику. Крім того, використання нераціональних значень кутів нахилу лотка може призводити до надмірного зносу і руйнування футерівки колошника і кладки верхньої частини шахти через дії потоку шихти, що сходить з розподільника.

Задача винаходу полягає в поліпшенні техніко-економічних показників доменної плавки шляхом підвищення ефективності реалізації технологічних можливостей БЗУ з управління розподілом шихти.

Поставлена задача вирішується тим, що перед завантаженням чергової порції шихти, визначають за допомогою безконтактних вимірюючих засобів полярні координати точок, що належать одній твірній поверхні профілю засипання, сформованого при завантаженні попередніх порцій шихти, приймають точки з екстремальним значенням ординати як гребеня, і, відповідно до його координат і кутів нахилу лотка при завантаженні попередніх порцій шихти,

обчислюють кути нахилу лотка, що забезпечують перетин траєкторії руху потоку матеріалів середин ширини рівновеликих за площею кільцевих зон колошника для різних рівнів засипання, які і призначають, як його кутові положення.

Технічний результат, отриманий при вирішенні поставленої задачі, полягає в раціональному розподілі шихтових матеріалів по перерізу доменної печі за рахунок об'ґрунтованого вибору параметрів режиму завантаження.

Винахід, що заявляється, пояснюється кресленнями Фіг. 1 і Фіг. 2.

На Фіг. 1 схематично представлений принцип безконтактного визначення координат гребенів профілю поверхні засипки. Тут 1 - п розріз монтажного люка в куполі печі; 2 - майданчик для вимірювання; 3 - вимірювальний пристрій; 4 - відрізок вимірювального променя, який характеризується r - відстанню від точки виконання вимірювань до точки на поверхні шахти доменної печі (m) і φ - кутом нахилу вимірювального променя довжиною r ; 5 - гребінь поверхні засипки, сформований вивантаженням порції шихти з кута нахилу розподільника α_n , що рухався в робочому просторі печі по траєкторії 6; $T_1 T_2 \dots T_n$ - точки, що належать поверхні профілю печі, полярні координати яких вимірюють.

На Фіг. 2 схематично представлений принцип формування гребенів поверхні засипки шляхом вивантаження порцій шихти обертовим лотком. Тут $T_{g1}-T_{g1'}$ і $T_{g2}-T_{g2'}$ вершини гребенів поверхні засипки, сформовані послідовним вивантаженням порцій шихти з кутів нахилу лотка α_{n1} і α_{n2} з початковими точками рухів у вільному просторі печі $T_{нд1}$ і $T_{нд2}$.

Суть способу, що заявляється, полягає у формуванні гребенів на поверхні засипання при завантаженні попередніх порцій шихти, безконтактному визначенні їх координат і відповідно до цих координат і кутів нахилу лотка при завантаженні попередніх порцій шихти, призначенні кутів нахилу завантажувального лотка, які будуть використані при завантаженні наступних порцій.

Спосіб, що заявляється, включає вивантаження порцій шихти при обертанні лотка на заданих кутах його нахилу для формування гребенів на поверхні засипання, багаторазові вимірювання за допомогою безконтактного вимірювального пристрою шляхом визначення з заданою дискретністю полярних координат точок, що належать сформованим гребеням, вибір кутів нахилу лотка, що забезпечують перетин траєкторії руху потоку матеріалів середин ширини рівновеликих за площею кільцевих зон колошника для різних рівнів засипання шихти.

Спосіб, що заявляється, здійснюють таким чином.

Безпосередньо під час завантаження корисного об'єму доменної печі перед її пуском після виконаного капремонту або перед короткочасною зупинкою з відкриванням монтажного люка купола печі та запалюванням колошникового газу в піч завантажують порцію шихти при обертанні лотка на заданому куті α_{n1} його нахилу (Фіг. 1). В результаті цього формують гребінь поверхні засипки 5. Далі проводять вимірювання профілю поверхні засипки, які здійснюють з підготовленої, жорстко закріпленої площадки 2, встановленої в прорізі монтажного люка купола печі 1 або оглядових люків на різних рівнях (на Фіг. 1 не показані). Координати точок, що належать поверхні засипки доменної печі, визначають відстанями (r) від точок до початку координат і кутами нахилу (φ) променів, проведених до них від початку координат. На площадці 1 жорстко кріплять вимірювальний пристрій 3, місце установки якого є точкою початку координат виконуваних вимірювань 4. Її координати ($x_{н.і}$; $y_{н.і}$) визначають шляхом прив'язки реального розташування вимірювального пристрою до проектних креслень доменної печі. Вибір початкової точки вимірювання T_1 здійснюють, виходячи з висоти розташування сформованого профілю - точки дотику шихти зі стінкою печі. Змінюючи кут установки вимірювального пристрою (φ_1), виконують вимір 4 відстані (r_1) до вибраної точки T_1 . Отримані полярні координати точки T_1 (r_1 , φ_1) фіксують в електронній таблиці. Далі кут установки вимірювального пристрою збільшують на $\Delta\varphi$ і виконують наступне вимірювання відстані до поверхні стінки печі. Дискретність зміни кута установки вимірювального пристрою ($\Delta\varphi$) може бути різною і становити не менше $0,1^\circ$. Шляхом застосування тригонометричних рівнянь виконуються переведення пари полярних координат точки в декартові (див. Фіг.2):

$$x=[r \times \cos \varphi]-x_{н.і}.$$

$$y=y_{н.і}-[r \times \sin \varphi].$$

Використовуючи отримані координати (x ; y ;) виконують побудову профілю поверхні засипки. Точка з координатами (x ; y ;) у якій значення координати « y » має екстремальне значення з усіх в отриманому масиві, відповідає вершині гребеня 5 (T_{g1}) поверхні засипки, сформованого рухом потоку шихти по траєкторії 6. У разі проведення вимірювань під час короткочасної зупинки печі з запалюванням колошникового газу, завантаження порцій для формування гребенів здійснюють безпосередньо перед зупинкою печі, тому приймають припущення, що вимірюваний профіль після зупинки печі змінюється неістотно і може бути прийнятий відповідним фактичному рівню засипки, зафіксованому після вивантаження порції. Далі здійснюють формування гребеня T_{g2}

шляхом вивантаження порції шихти того ж виду матеріалу обертовим лотком з іншим кутом нахилу $\alpha_{л2}$, який відрізняється не менше ніж на 5° , і виконують повторні вимірювання (Фіг. 2). Таким чином, отримують координати вершин двох гребенів $T_{г1}$ (x_1 ; y_1) і $T_{г2}$ (x_2 ; y_2), сформованих вивантаженням одного виду матеріалу обертовим лотком при двох різних кутах нахилу лотка $\alpha_{л1}$ і $\alpha_{л2}$ з початковими точками рухів у вільному просторі печі $T_{нд1}$ і $T_{нд2}$. Так як для побудови траєкторій, описуваних параболою, необхідно 3 точки, здійснюють повторне формування двох гребенів шляхом вивантаження порції шихти того ж виду матеріалу при тих же кутах нахилу розподільника $\alpha_{л1}$ і $\alpha_{л2}$, виконують вимірювання і отримують координати вершин гребенів $T_{г1}$ (x_1 ; y_1) і $T_{г2}$ (x_2 ; y_2).

Далі здійснюють апроксимацію координат відповідних точок ($T_{нд1}-T_{г1}-T_{г1}$ і $T_{нд2}-T_{г2}-T_{г2}$) поліномами другого ступеня, коефіцієнти A_0 , A_1 , A_2 яких визначають з використанням методу найменших квадратів.

Отримані залежності дозволяють визначати дальність падіння шихти (x_1 , x_2) на поверхню засипки з різним рівнем (y_1 , y_2) при її завантаженні з кутами нахилу розподільника $\alpha_{л1}$ і $\alpha_{л2}$:

$$x_1 = A_2 \times y_1 + A_1 \times y_1 + A_0$$

$$x_2 = A_2 \times y_2 + A_1 \times y_2 + A_0$$

Використовуючи метод лінійної інтерполяції, розраховують кути нахилу лотка, що забезпечують перетинання траєкторій падіння шихти з серединами рівновеликих кільцевих зон для різних рівнів засипки на колошнику:

$$\alpha_{лн} = \frac{(R_n - \alpha_{л1}) \times (x_2 - x_1)}{(\alpha_{л2} - \alpha_{л1})},$$

де R_n - середина рівновеликої кільцевої зони n , x_1 і x_2 - дальності падіння шихти при її завантаженні з кутами нахилу лотка $\alpha_{л1}$ і $\alpha_{л2}$, які відповідні заданому рівню засипки. Розраховані кути нахилу лотка привласнюють відповідним кутовим положенням, заносять в систему управління завантаженням печі (табл. 1) і використовують при подальшому завантаженні печі.

Порівняння способу, що заявляється, з найближчим аналогом показало, що він відрізняється тим, що перед завантаженням чергової порції шихти, визначають за допомогою безконтактних вимірювальних засобів полярні координати точок, що належать одній твірній поверхні профілю засипання, сформованого при завантаженні попередніх порцій шихти, приймають точки з екстремальними значеннями ординат як гребеня, і, відповідно до його координат і кутів нахилу лотка, що забезпечують перетин траєкторії руху потоку матеріалів середин ширини рівновеликих за площею кільцевих зон колошника для різних рівнів засипки шихти, які і призначають як його кутових положень. Отже, спосіб, що заявляється, відповідає критерію «новизна».

Таблиця 1

Значення кутів нахилу лотка доменної печі з радіусом колошника 5 м, які отримані з використанням способу, що заявляється, які забезпечують перетинання траєкторій руху шихти з серединами кільцевих зон на різних рівнях засипки

Рівень засипки, м	№ кільцевої зони колошника									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Радіус середньої лінії кільцевої зони, м									
	0,79	1,91	2,49	2,95	3,35	3,7	4,03	4,33	4,61	4,87
	№ кутового положення лотка									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кут нахилу лотка, °										
0,50	16,1	25,0	29,6	33,2	36,4	39,2	41,8	44,2	46,4	48,5
0,75	15,7	24,3	28,8	32,4	35,5	38,2	40,7	43,0	45,2	47,2
1,00	15,4	23,8	28,2	31,7	34,7	37,4	39,8	42,1	44,2	46,2
1,25	15,0	23,3	27,6	31,0	33,9	36,5	38,9	41,1	43,2	45,2
1,50	14,8	22,9	27,1	30,4	33,3	35,8	38,2	40,3	42,4	44,3
1,75	14,5	22,5	26,6	29,8	32,7	35,2	37,5	39,6	41,6	43,5
2,00	14,3	22,1	26,1	29,4	32,1	34,6	36,9	38,9	40,9	42,7

Порівняння способу, що заявляється, з іншими відомими технічними рішеннями в даній галузі техніки не дозволило виявити в них ознаки, що відрізняють його від найближчого аналога.

Спосіб, що заявляється, був випробуваний на доменній печі об'ємом 3000 м³ під час завантаження її корисного об'єму перед пуском після виконаного капремонту. Для визначення траєкторій шихтових матеріалів були завантажені порції коксу масою 18 т при обертанні лотка з кутом нахилу 26,6° на рівні засипки 4,7 м та 3,9 м, а також залізорудних матеріалів масою 45 т при обертанні лотка з кутом нахилу 30,8° на рівні засипки 4,6 м та 3,7 м. Для вимірювання профілю поверхні засипки використовувався електронний переносний кутомір та лазерний далекомір, які встановлювалися на жорстко закріплену площадку в прорізі монтажного люка купола печі (відм. 41449). По результатах вимірювання визначені координати вершин сформованих гребенів, які становлять Т_{Г1} (3,28; 4,38) та Т_{Г1'} (3; 3,5) для траєкторії падіння коксу при його завантаженні з кута нахилу лотка 26,6°, і Т_{Г2} (4,3; 4,6) та Т_{Г2'} (3,9; 3,3) для траєкторії падіння залізорудних матеріалів при куті нахилу лотка 30,8°. Здійснивши апроксимацію координат відповідних точок (Т_{НД1}-Т_{Г1}-Т_{Г1'} і Т_{НД2}-Т_{Г2}-Т_{Г2'}) поліномами другого ступеня були отримані залежності, що дозволяють визначати дальність падіння шихти на поверхню засипки з різним рівнем при її завантаженні з кутами нахилу розподільника 26,6° та 30,8°. Використовуючи метод лінійної інтерполяції, були розраховані кути нахилу лотка, що забезпечують перетинання траєкторій падіння шихти з серединами рівновеликих кільцевих зон для різних рівнів засипки на колошнику. Так, наприклад, раціональні значення кутів нахилу лотка БЗУ дослідженої доменної печі, що були встановлені як його кутові положення, для завантаження печі на рівень засипання 0,5 м мають наступні значення:

11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
52,6°	50,3°	47,6°	44,2°	40,6°	37,4°	34,2°	30,8°	26,6°	17,0°	11,0°

Промислове впровадження розроблених раціональних режимів завантаження забезпечило формування раціонального розподілу шихтових матеріалів і газового потоку при стабільній тепловій та газодинамічній роботі печі, що дозволило ефективно освоїти технологію спільного вдування у горно пилувугільного палива, природного газу і кисню, а також досягти заданого рівня техніко-економічних показників плавки: середньодобове виробництво чавуну склало понад 6000 т/добу при питомій витраті коксу 400 кг/т і нижче, природного газу ~30 кг/т і пилувугільного палива ~130-135 кг/т чавуну.

Як видно з вищевикладеного, спосіб, що заявляється, дозволяє досягти технічного результату, а, отже, вирішити поставлену задачу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб завантаження доменної печі шихтою, що включає роздільне завантаження порцій залізорудних матеріалів і коксу в бункери безконусного завантажувального пристрою, ділення маси кожної порції шихти на задану кількість частин, установку діапазону зміни кутових положень лотка для кожної порції, вивантаження кожної частини порції шихти обертовим лотком в піч, який **відрізняється** тим, що перед завантаженням чергової порції шихти, визначають за допомогою безконтактних вимірюючих засобів полярні координати точок, що належать одній твірній поверхні профілю засипання, формованого при завантаженні попередніх порцій шихти, приймають точки з екстремальним значенням ординати як гребеня, і відповідно до його координат і кутів нахилу лотка при завантаженні попередніх порцій шихти обчислюють кути нахилу лотка, що забезпечують перетин траєкторії руху потоку матеріалів шихти середин ширини рівновеликих за площею кільцевих зон колошника для різних рівнів засипання, які і призначають як його кутові положення.

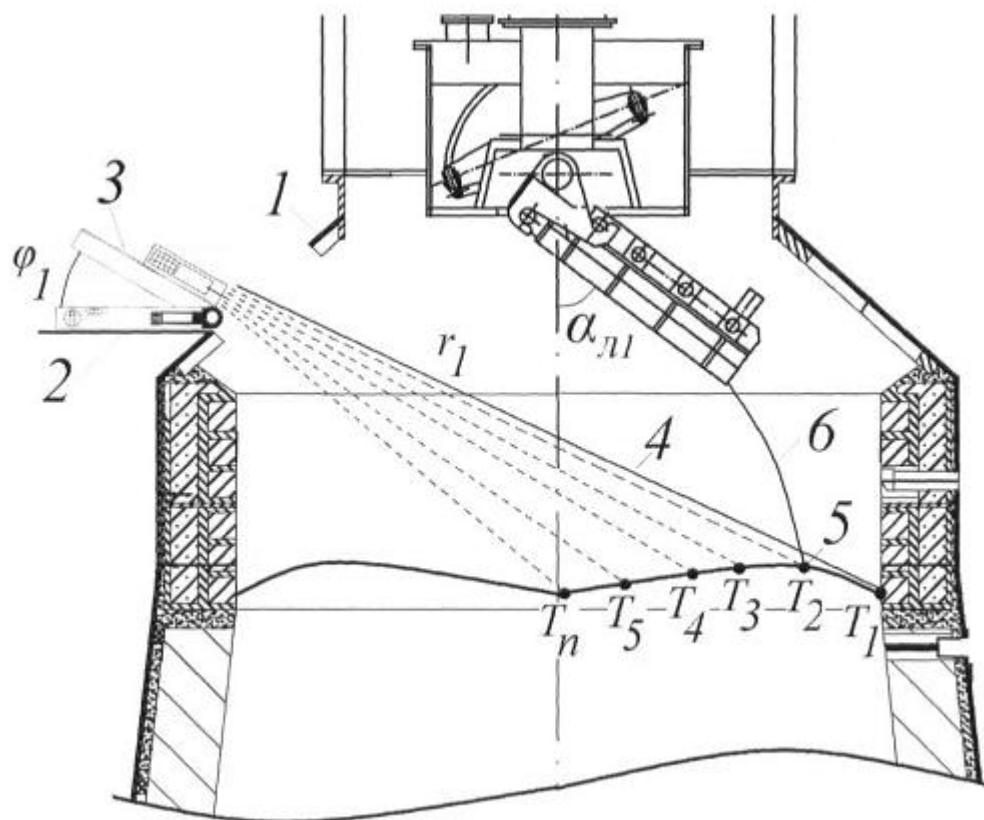


Fig. 1

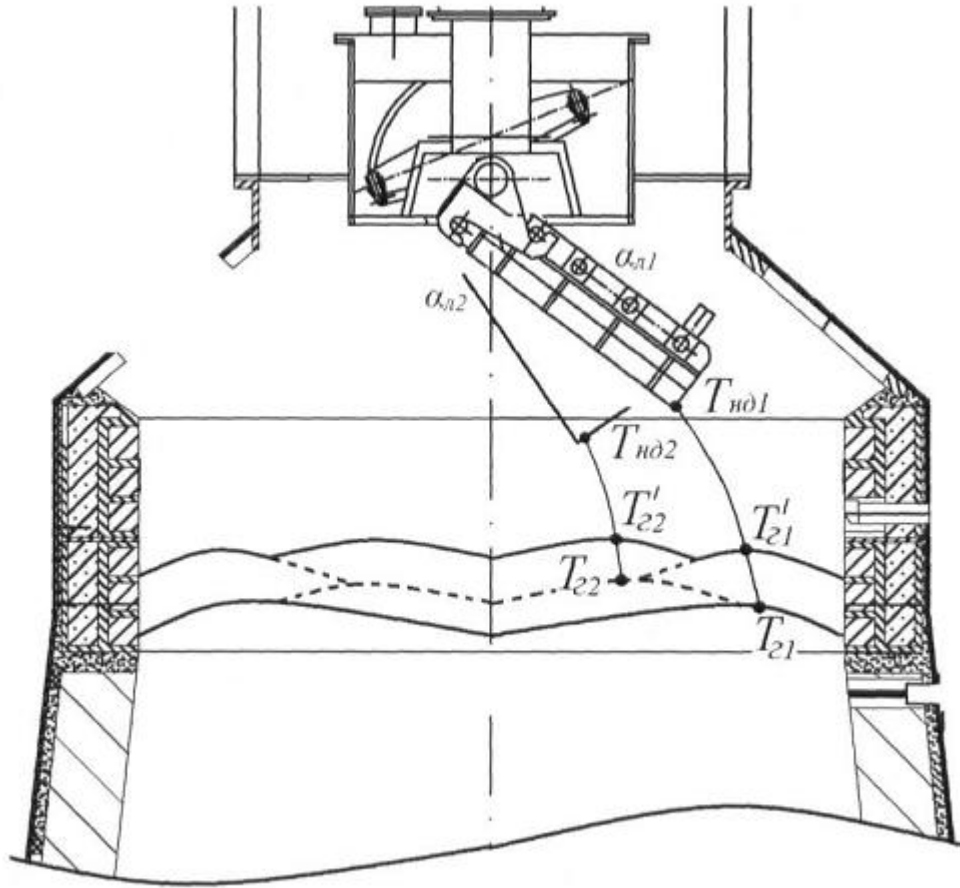


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601