

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/проект

рівень вищої освіти другий (магістерський)

на тему «Розробка заходів та засобів з гігієни праці та промислової санітарії в умовах конвертерного виробництва»

Виконав: студент (ка) 2 курсу, групи 8.2639

Спеціальності 263 «Цивільна безпека»

(назва)

Освітньої програми «Охорона праці»

(назва)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Кісель І.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, доцент, к.т.н. Белоконь К.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор, д.т.н. Куріс Ю.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)


Спеціальність 263 «Цивільна безпека»
(шифр)

Освітня програма «Охорона праці»
(назва)

Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 **Г.Б. Кожемякін**

“01” / 12 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кіселя Івана Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Розробка заходів та засобів з гігієни праці та промислової санітарії в умовах конвертерного виробництва».

керівник роботи Белоконь Каріна Володимирівна, доцент, канд.техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” 10 2020 року № 1584-с

2. Строк подання студентом 01.12.2020 р.

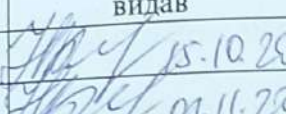
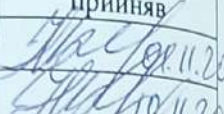
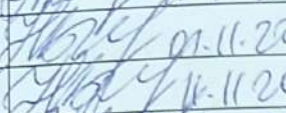
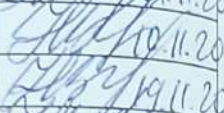
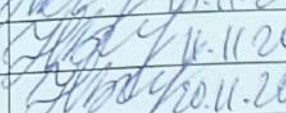
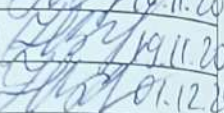
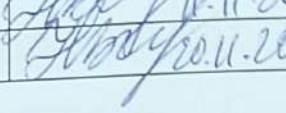
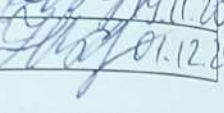
3. Вихідні дані до роботи карта умов праці на робочому місці конвертерника

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, теоретичний розділ, дослідницький розділ, проектний розділ, економічна ефективність проєкту, висновки, список джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 9 креслень: план та розріз конвертерного цеху, кисневий конвертер, технологічна схема конвертерного процесу виплавки сталі, схеми очищення конвертерних газів,

теплозахисний пост керування, повітряний душ, витяжний зонт, економічна оцінка прийнятих заходів з охорони праці

6. Консультанти розділів роботи

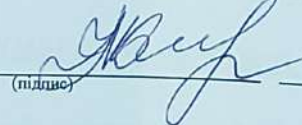
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент Белоконь К.В.	 15.10.20	 08.11.20
2	доцент Белоконь К.В.	 01.11.20	 10.11.20
3	доцент Белоконь К.В.	 11.11.20	 19.11.20
4	доцент Белоконь К.В.	 20.11.20	 01.12.20

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу	01.09-30.09.2020	
2	Аналіз зібраного матеріалу	01.10-15.10.2020	
3	Виконання 1 розділу	15.10-01.11.2020	
4	Виконання 2 розділу	01.11-10.11.2020	
5	Виконання 3 розділу	11.11-	
6	Виконання 4 розділу	01.12.2020	
7	Розробка креслень	01.11-01.12.2020	
8	Перевірка роботи консультантами	01.11-01.12.2020	
9	Попередній захист роботи	01.12.2020	
9	Захист роботи у ЕК	17.12.2020	

Студент  (підпис) Кісель І.О. (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) Белоконь К.В. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Рижков В.Г. (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

На кваліфікаційний проєкт на тему «Розробка заходів та засобів з гігієни праці та промислової санітарії в умовах конвертерного виробництва», який включає 100 сторінок тексту, 13 рисунків, 4 таблиці, 26 використаних джерел посилання.

КОНВЕРТЕР, КОНВЕРТЕРНЕ ВИРОБНИЦТВО, ЗОНТ, АЕРАЦІЯ, ШУМ, ПИЛ, ЗАХИСТ, ОЧИЩЕННЯ, ПАТРУБОК.

Об'єкт проєктування – шкідливі та небезпечні чинники виробничого середовища конвертерного виробництва.

Предмет проєктування – заходи і засоби з гігієни праці та промислової санітарії в умовах конвертерного виробництва.

Мета роботи – розробка заходів і засобів захисту від впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників конвертерного виробництва.

У кваліфікаційному проєкті приведені опис марок сталі, що виплавляються, сировинні матеріали, конструкція кисневого конвертера, технологія виплавки конверторної сталі, опис конвертерного цеху та його прольотів. Досліджена безпека конвертерного процесу і устаткування, розглянуті потенційні небезпечні і шкідливі чинники виробничого середовища конвертерного цеху. Дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара конвертора. Виконані технічні рішення по виробничій санітарії, а саме виконано розрахунки теплоізоляційного посту керування, повітряного душирування робочих місць, витяжного зонту над ковшем з металом.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Обґрунтування необхідності та доцільності будівництва конвертерного цеху	9
1.2 Характеристика сталі, що виплавляється у конвертерному цеху	11
1.3 Обладнання конвертерного цеху	13
1.4 Опис конвертерного цеху та його прольотів	22
1.5 Шихтові матеріали для виплавки сталі, їх характеристика та способи підготовки	31
1.6 Технологія та порядок ведення плавки сталі на прикладі марки 60С2А	39
1.7 Основні реакції під час виплавки сталі	45
1.8 Висновки до розділу 1	58
2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	60
2.1 Характеристика ступеня безпеки конвертерного процесу і устаткування	60
2.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища конвертерного цеху	63
2.3 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища проєктованого конвертерного цеху	66
2.4 Заходи з електробезпеки	72
2.5 Заходи з пожежної безпеки	73
2.6 Висновки до розділу 2	76
3 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ	77
3.1 Розрахунок теплоізоляції поста керування конверторника	77
3.2 Розрахунок повітряного душу для захисту працюючих від перегрівання	81
3.3 Розрахунок витяжного зонта над ковшем зі сплавом	84

	6
3.4 Висновки до розділу 3	87
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	89
4.1 Аналіз економічних наслідків захворюваності і травматизму .	89
4.2 Оцінка економічної ефективності заходів щодо охорони праці в конвертерному цеху	92
4.3 Висновки до розділу 4	95
ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	99

ВСТУП

Виробництво сталі в конвертерах із застосуванням кисню є найбільш ефективною системою технологій, яка не тільки забезпечує виплавку сталі з високою продуктивністю плавильного агрегату, але і дозволяє гармонізувати роботу всього технологічного ланцюга від виробництва чавуну до розливання сталі і отримання заготовки включно. Тим часом система технологій виробництва сталі в конвертерах із застосуванням кисню безперервно удосконалюється, що в ряді випадків і визначає подальший науково-технічний прогрес у чорній металургії в цілому.

На жаль в Україні конвертерне виробництво сталі розвивається з різних причин доволі повільно. Частка конвертерної сталі на перший квартал 2019 р. становить 40%, велика частина досі припадає на мартенівську сталь. До речі на 2011 р. частка мартенівської сталі становила лише 3,6% світового виробництва сталі та припадає в основному на Росію (40%) і Україну (46%), тобто дві країни в сукупності виробляють практично 86% світового обсягу мартенівської сталі. Ця статистика добре показує технологічну відсталість країн СНД в металургійному комплексі. При цьому в Росії заміна мартенівського виробництва відбувається досить інтенсивно (за 15 років частка мартенівської сталі скоротилася з 50 до 22%). В Україні цей процес відбувається повільно і частка мартенівського виробництва в даний час становить близько 40%. Україна на 2019 р. є єдиною країною у світі, яка практично не реалізує стратегії заміни мартенівських печей іншими альтернативними агрегатами. Виробництво сталі в мартенівських печах існує до теперішнього часу на металургійних комбінатах ВАТ «Запоріжсталь», ВАТ «ММК ім. Ілліча», а також на Донецькому, Макіївському і Дніпровському металургійних заводах.

Розвиток киснево-конвертерного виробництва пояснюється його перевагами в порівнянні з іншими сталеплавильними процесами:

- можливістю переробки чавунів практично будь-якого складу;

- високою продуктивністю – до 500 т/год (мартенівські і електропечі до 140 т/год);
- нижчими капітальними затратами;
- меншими витратами по переділу (не потрібне паливо);
- можливістю використання металобрухту (до 30%);
- гнучкістю процесу і високою якістю продукції.

Однак, у конвертерному цеху в результаті технологічного процесу, що супроводжується утворенням великих кількостей надмірного тепла, інфрачервоної радіації, пилу і газів, – важкі умови праці. Це надає різносторонню дію на людину, його працездатність і продуктивність праці. Робочий знаходиться на підприємстві 1/3 доби, протягом яких випробовує на собі вплив різних виробничих чинників: технологічного процесу, устаткування, виробничого середовища, процесу праці з його фізичним і нервовим навантаженням. Тому головним завданням даного кваліфікаційного проекту є виявити основні небезпечні чинники виробничого процесу і розробити заходи щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці обслуговуючого персоналу.

1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обґрунтування необхідності та доцільності будівництва конвертерного цеху

В умовах ринку використовують науково-технічні досягнення: збільшується випуск конкурентно-здатних виробів на основі наукоємних, ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій. Роль цих технологій є визначальним чинником у досягненні максимальних прибутків. Так, більш високі техніко-економічні показники у киснево-конвертерного способу виплавки сталі. Це обумовлено низкою його переваг: велика продуктивність агрегату на одиницю ємності і одного робітника, нижче (на 54-10%) питомі капітальні витрати на будівництво цеху тієї ж продуктивності, менше в 2-3 рази витрати вогнетривів на одиницю потужності агрегату. Економічна ефективність забезпечується за рахунок зниження її собівартості шляхом зниження витрат по переділу, частка якого в собівартості становить до 10% (13-14% при мартенівської плавці; 25% - при електроплавленні).

В даний час намітилася стійка тенденція до скорочення мартенівського способу виробництва і перехід на конвертерний, як більш економічно вигідний.

Мартенівський спосіб отримання сталі є одним з найбільш енерго- і ресурсномістких. Цей спосіб можна вважати морально й технічно застарілим і найбільш доцільна заміна в майбутньому мартенівських печей конвертерами.

Пріоритетний розвиток киснево-конвертерного процесу пояснюється насамперед його істотними техніко-економічними перевагами в порівнянні з іншими сталеплавильними процесами:

- високою продуктивністю кисневих конвертерів (до 250 т/год) і потужністю сучасних конвертерних цехів до 5 млн. тон сталі на рік;

- високою технологічною гнучкістю процесу, тобто можливістю переробки різних шихтових матеріалів, і насамперед чавунів різного хімічного складу;

- можливістю виробництва сталей широкого сортаменту: від вуглецевих звичайної якості до якісних, низько- і середньолегованих;

- простотою конструкції агрегатів, низькою витратою вогнетривких матеріалів, відносно невисокою трудомісткістю ремонтів при високій стійкості вогнетривкої футеровки;

- можливістю впровадження систем відводу конвертерних газів без допалювання (зниження капітальних витрат, збільшення інтенсивності продувки ванни киснем і використання CO, що відводиться в якості вторинного енергоносія);

- ефективне керування процесом і забезпечення випуску металу з мінімальною кількістю коректувань температури й хімічного складу при роботі на стабільній металошихті.

Також потрібно відмітити, що мартенівське виробництво має один із гірших екологічних показників у порівнянні з іншими переділами. Особливо це стосується викидів пилу в умовах інтенсифікації плавки за допомогою продувки ванни киснем. Основними джерелами димоутворення в мартенівській печі є згоряння палива, газовиділення із сипучих матеріалів при нагріванні й розкладанні, а також утворення CO і CO₂ при окислюванні вуглецю шихти.

Альтернативою конвертерному виробництву сталі може слугувати електросталеплавильне виробництво. При меншій продуктивності, електросталеплавильне виробництво має більший вихід придатної сталі, меншу витрату умовного палива. Головною перевагою цього виду виробництва сталі є використання в якості основного «палива» дешевої електричної енергії, якої в достатку у Запорізькій області. Також, у електросталеплавильній печі, завдяки нейтральності електричної дуги, яка є

джерелом тепла, можна регулювати середовище робочого простору: з окислювального на відновне і навпаки.

Наразі основним недоліком електросталеплавильного виробництва сталі є його прив'язка до дешевого якісного сталевого лому, брак якого зараз присутній в Україні.

Завдяки наявності 4 доменних печей на ВАТ «Запоріжсталь», які зможуть забезпечувати проєктований конвертерний цех рідким чавуном, будівництво киснево-конвертерного цеху у м. Запоріжжя є оптимальним.

1.2 Характеристика сталі, що виплавляється у конвертерному цеху

Останнім часом гостро стоїть проблема виробництва високоякісних сталей при низьких цінах. Собівартість металопродукції головним чином залежить від статей витрат при виробництві цієї продукції. Для того щоб знизити статті витрат необхідно знайти оптимальну апаратурно-технологічну схему для виробництва даної металопродукції. Конвертерний цех спеціалізується на виробництві конструкційних марок сталі (табл. 1.1). Поєднання високої питомої продуктивності, одиничної потужності агрегатів, що не вимагає зовнішніх джерел енергії, простота обслуговування, автоматизація і технологічність процесу, і ряд інших позитивних чинників, поєднаних в агрегатах безперервної дії, призведе до значного зниження собівартості металу з одночасним поліпшенням його якості. Завдяки цьому продукція стане більш конкурентоспроможною як для внутрішнього, так і для світового ринку, а це призведе до збільшення виробництва на підприємстві.

Технологія виплавлення сталі починається з видалення шкідливих домішок з чавуна, вирівнювання його хімічного складу та температури у міксерному відділенні та підготовки шихтових матеріалів у шихтовому відділенні з подальшою подачею у пічне відділення. Технологія плавки проходить у порядку до наведених нижче відділень [1, 2].

Таблиця 1.1 – Сортамент марок сталей у конвертерному цеху

Тип сталі	Марка	Обсяг виробництва, %
Вуглецеві сталі звичайної якості	(ГОСТ 380-2005, ДСТУ 2651) Ст1пс/сп – Стбпс/сп, Ст3Гпс, Ст5Гпс	30
Вуглецеві конструкційні	08пс/сп, 10пс/сп, 15пс/сп, 20пс/сп, 25, 30, 45, 55 (ГОСТ 1050) 08Ю (ГОСТ 9045, ГОСТ 4041), DIN 1623, DIN EN 10130	25
Леговані та низьколеговані	65Г, 60С2, 60С2ХА (ГОСТ 14959) 60С2А, 60С2АС, 60С2АД, 10Г2С1, 16ГС, 10ХНДП, 10ХСНД (ГОСТ 19281) 07-08ГСЮФ, 07-08ГСЮТ (ТУ У 27.1.4-516-2002) 20Г, 20Х (ГОСТ 4543) 80, 50ХГА. 60СХА (ГОСТ 14959)	10
Трубні сталі	A25, X42, X46, X52 (API 5L) St 37, St 44 (DIN 17120) S235, S275, S355 (EN 10219-1) 1006-1019 (ASTM A635/A635M-96) S275JRG1, S275JR, S355JR (EN 10025) St E210.7, St E360.7 (DIN 17172)	20
Сталі для виробництва судів й котлів	15К, 16К, 22К, 12ХМ, 12Х1МФ, 14ХГС и др. (ГОСТ 5520), P235GH, P355GH, 16Мо3 (DIN 10028)	15

Опис технології конвертерної плавки наводиться на прикладі низьколегованої ресорно-пружинної сталі 60С2А. Ця сталь знаходить широке застосування, як у вигляді сортового прокату – прутки круглого, квадратного

перетину, полоси, так і у листовому виконанні. Саме ця сталь є основою машинобудування, бо майже кожна машина містить в собі пружину, ресору, чи пружний елемент. Широко ця сталь застосовується для виробництва фрикційних дисків та шайб Гровера (метизи). Ведуться роботи із застосування товстих листів цієї сталі, після відповідної механічної і термічної обробки, для додаткового бронювання військової техніки.

Серед потенційних споживачів продукції цієї сталі у Запорізькій і сусідніх областях можна відзначити:

- ПАТ «Дніпроспецсталь», яке може споживати блюмові заготівлі для виробництва прутків, які далі будуть перероблятися кінцевими споживачами у пружини і ресори;

- Синельниковський ресорний завод, для виробництва компонованих ресор, спіральних пружин та інших пружних елементів.

1.3 Обладнання конвертерного цеху

У конвертерному цеху передбачається доставка чавуну з доменного цеху ковшами міксерного типу.

Використання ковшів міксерного типу має ряд переваг у порівнянні із стаціонарними міксерами:

- зменшується число переливів чавуну;
- зменшуються втрати чавуну під час переливів;
- підвищується температура чавуну, що заливається в конвертер, приблизно на 50 °С;
- для ообігріву міксера не витрачається коштовний природний газ;
- відсутність газового господарства;
- не займають багато місця і можуть бути прибрані;

Істотною перевагою застосування ковшів міксерного типу є підвищення температури чавуну, що заливається в конвертер, оскільки це

дозволяє збільшити частку брухту, що переробляється, і понизити за рахунок цього собівартість сталі.

В основу конвертерного процесу покладена обробка розплаву газоподібними окислювачами без додаткового підведення тепла ззовні. Технологічний процес плавки здійснюється за рахунок хімічної теплоти екзотермічних реакцій і фізичного тепла, що вноситься рідким чавуном. Плавка ведеться в спеціальному агрегаті – конвертері, який є ємністю, футерованою зсередини вогнетривкими матеріалами. Форма робочого простору конвертера, що склалася за роки існування процесу, забезпечує обробку розплаву газом-окислювачем з дуже великою інтенсивністю, без значних втрат металу. На великій реакційній поверхні, що виникає в процесі продування, з високою швидкістю протікають реакції окислення домішок і відповідно досягається висока продуктивність агрегату.

Різноманітність вихідних шихтових матеріалів, яка визначається головним чином хімічним складом чавуну і лому, а також вимогами до якості металу, що виплавляється, привела до виникнення багатьох різновидів конвертерного способу виробництва сталі. Залежно від вживаного футерування конвертерні процеси можуть бути кислими або основними; залежно від використовуваного газу вони можуть бути на повітряному, кисневому або змішаному дутті. Способи підведення дуття відрізняються різноманітністю і залежно від способу його подачі можуть бути об'єднані в групи: з верхньою (через водоохолоджувану фурму), з нижньою (через дно за допомогою спеціальних пристроїв) і з комбінованою продувкою (одночасна подача газів зверху і знизу).

Потреба в підвищенні долі лому, що переробляється, при виплавці сталі в конвертерах привела до створення ряду нових різновидів конвертерних процесів з використанням додаткових джерел теплової енергії у вигляді повнішої утилізації тепла газів, що відходять, використання газоподібного, рідкого і твердого видів палива.

Загальна компоновка конвертера як сталеплавильного агрегату визначається технологічними особливостями плавки, що забезпечують максимальну продуктивність. Для зниження втрат часу при здійсненні окремих технологічних операцій, пов'язаних із завантаженням шихтових матеріалів, процесом продування, необхідністю введення шлакотворних і додаткових матеріалів по ходу плавки, а також відведення газів, що утворюються, випуску металу і зливу шлаку робочий простір конвертера виконаний рухливим і може займати в міру необхідності різні положення, обертаючись довкола своєї осі на 360° .

Тому комплекс конвертерної установки включає наступні складові частини: корпус конвертера з опорно-поворотними цапфами і механізмом повороту, систему подачі окислювальних і нейтральних газів, систему відведення, охолодження і очищення димових газів, систему подачі шлакотворних і додаткових матеріалів, а також пристрої для обслуговування і ремонту футерування конвертера.

Конвертери для донного продування киснем конструктивно декілька відрізняються від конвертерів верхнього продування. Вони мають вставне днище, в якому розташовані донні фурми, і систему підведення газів до днища по трубопроводах, що проходять через канали, просвердлені в цапфах по їх осі. Через одну цапфу подають кисень (інколи з порошкоподібним вапном), через іншу - захисне середовище (паливо); після припинення кисневого продування по обох трубопроводах подають нейтральні гази. По трубопроводу подають природний газ, а по іншому кисень з порошкоподібним вапном. Гази поступають до закріпленого в центрі днища відцентрового дільника, а з нього – до кожної фурми. У зв'язку з тим, що потік порошкоподібного вапна викликає швидкий абразивний знос трубопроводу, він виконаний з труб з великою товщиною стінок і для забезпечення можливості швидкої заміни - з окремих секцій. Труби зсередини інколи покривають кам'яним литвом, стійким проти абразивного зносу.

Відцентрований дільник в системі подачі газів використовують при вдуванні через дно порошкоподібного вапна; він забезпечує рівномірний розподіл потоку $O_2 + CaO$ по фурмам без утворення застійних зон. Природний газ можна подавати до фурм і без відцентрового дільника - від кільцевого колектора.

При продуванні киснем без вапна для розподілу O_2 і CH_4 по фурмам зазвичай використовують прикріплювані до днища конвертера кільцеві труби великого діаметру (трубчасті колектори).

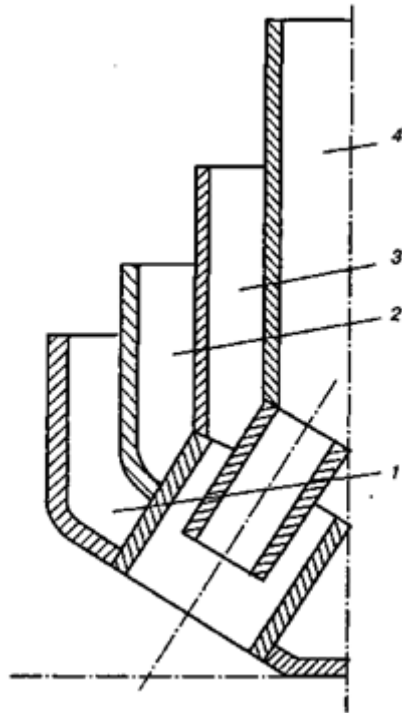
Донна фурма представляє собою дві концентрично розташовані одна в іншій труби з товщиною стінок 2-3 мм (рис. 1.1). Внутрішня труба виконана з корозійної стійкої сталі. Через центральну трубу з внутрішнім діаметром 28-50 мм подають кисень, через кільцевий зазор між зовнішньою і внутрішньою трубами - природний газ або пропан, або рідке паливо; товщина кільцевого зазору складає 0,6 - 2 мм.

Число донних фурм змінюється від 8 до 20, найчастіше воно дорівнює 10-12. Фурми мають бути розташовані так, щоб при нахилі конвертера рідкий метал і шлак не досягали фурм. Розміщують фурми в днищі різними способами, деякі з яких показані на рисунку 1.2.

Через меншу стійкість днища із донними фурмами (100 плавок) у порівнянні із стійкістю класичного днища (500 – 600 плавок) донна продувка буде використовуватись для переплавки підвищеної кількості лому ($> 20\%$) і для виплавки спеціальних, наприклад понад низьковуглецевих ІФ-сталей, для підвищення техніко-економічних показників плавки.

Світовий досвід передового сталеплавильного виробництва свідчить про стійке намагання металургів вивести процеси доведення сталі за хімічним складом із сталеплавильного агрегату. За цих умов сталеплавильний агрегат, і кисневий конвертер не є виключенням, використовують для розплавлення твердої частини шихти та окислення вуглецю. Після зливу такого напівпродукту, ківш направляють на позапічну обробку для підігріву сталі на установці піч-ківш та первинного розкислення,

та подальшого легування, доведення за хімічним складом та дегазації у вакууматорі.



1 - фланцеве з'єднання; 2 - охолодження; 3 - сталеві коаксіальні трубки для підводу палива; 4 – центральний трубопровід для підводу кисню

Рисунок 1.1 – Фурма для донного продування киснем

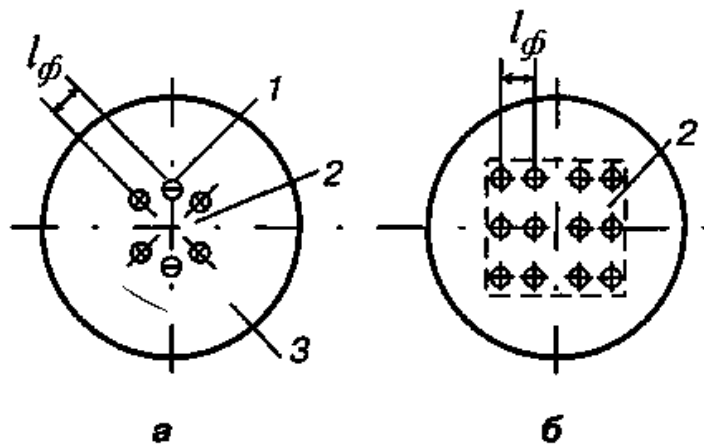


Рисунок 1.2 - Схема радіального (а) та квадратного (б) розташування донних фурм в днищі конвертера

Двопозиційна установка ківш-піч призначена для позапічної обробки сталі в ковші. Обладнання установки складається з наступних основних вузлів:

- водоохолоджуємої кришки з витяжним зонтом, обладнаної механізмом підйому, повороту та опускання;
- системи електродугового підігріву металу в ковші з пічним трансформатором номінальної потужності 35 МВА;
- двох сталевозів, обладнаних зважувальними пристроями;
- системи подачі легуючих та додаткових матеріалів у ківш;
- обладнання подачі дроту в ківш;
- обладнання виміру температури і взяття проб металу;
- стенду для згвинчування електродів;
- обладнання КВП і А, АСУ ТП;
- електрообладнання.

Технічна характеристика установки ківш-піч наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика установки ківш-піч

Найменування		Одиниця виміру	Кількість
1	Ємність сталерозливного ковшу	т	250
2	Маса плавки (номінальна)	т	250
3	Швидкість нагріву металу	$^{\circ}\text{C}/\text{хв}$	4
4	Встановлена потужність трансформатору	МВА	40
5	Кількість фаз	шт	3
6	Частота труму	Гц	50
7	Вторинний струм	кА	5
8	Тривалість обробки	хв	35-50
9	Кількість оброблених ковшей на добу	шт	30
10	Річний фонд робочого часу	діб	320

На вакууматорі здійснюються технологічні процеси: дегазація, розкислення, легування, коректування хімічного складу, усереднення металу за складом і температурою, забезпечення утримання в ньому елементів у вузьких заданих межах і регулювання температури металу перед розливанням на МБЛЗ, видалення вуглецю.

Обробку металу вакуумом намічається проводити на двохпозиційній установці камерного типу. Тип установки буде уточнено з Постачальником обладнання.

Швидкість циркуляції металу в процесі обробки складає близько 100 т/хв. Вакуумуванню піддається метал після УПК і після скачування шлаку. Перед вакуумуванням здійснюється замір температури і відбір проби металу. Температура металу у ковші повинна бути на $25 \div 30$ °С вище верхньої межі температури розливання сталі. Коригування хімічного складу в процесі вакуумування здійснюється введенням окремих порцій феросплавів. Витрата феросплавів визначається виходячи з результатів експрес-аналізу металу. Тривалість вакуумної обробки складає до 25 хв. Всі матеріали подаються у вакуумну камеру через шлюзову камеру після зважування. Матеріали, що подаються у вакуумну камеру, - сухі з температурою навколишнього середовища в цеху.

Для легування алюмінієм використовується гранульований алюміній з розміром гранул $10 \div 25$ мм, інші матеріали у кусках розміром $10 \div 50$ мм.

Максимальна вага матеріалів на одну плавку не перевищує 2% від маси металу в ковші з урахуванням витрати феросиліцію (загальна вага до 5 т на плавку). Максимальна вага порції матеріалів, присаджуємих у вакуумну камеру за один прийом, не повинен перевищувати:

- феросиліцій 75% - 350 кг;
- інших матеріалів та їх сумішей - 250 кг.

В останні десятиліття спостерігається поступова відмова виробників від архаїчного способу розливання сталі в виливниці й вибором більше економічного, продуктивного способу безперервного розливання сталі.

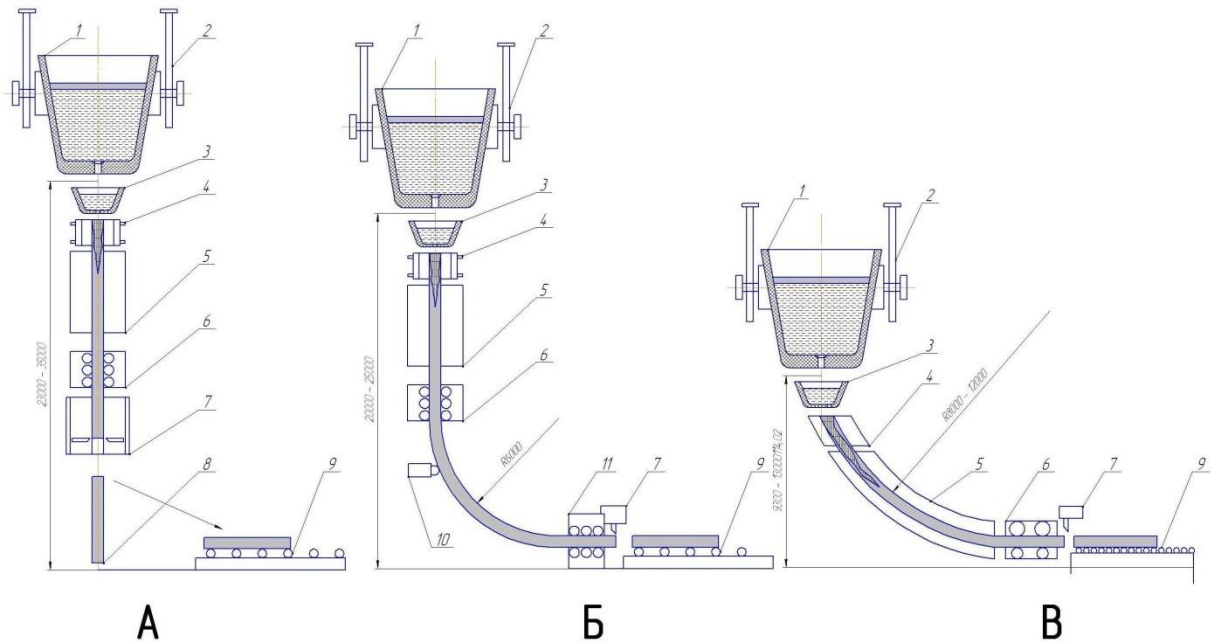
Спосіб безперервного розливання полягає в тому, що рідку сталь заливають в інтенсивно охолоджувану наскрізну форму - кристалізатор. Частково затверділий злиток протягають через нього й додатково охолоджують у так званій зоні вторинного охолодження. У результаті в процесі безперервного заливання металу і його затвердіння утвориться безперервний злиток, що згодом розріжуть на заготівлі певної довжини. Форма й розміри поперечного перерізу злитка визначаються внутрішніми розмірами й формою кристалізатора, і, як правило, менше поперечних розмірів злитка середньої маси, відлитого в виливницю. Спосіб безперервного розливання має ряд переваг перед розливанням у виливниці.

У верхній частині злитка, відлитого в виливницю, є зона, збагачена лікватами, а також усадочна раковина або газова порожнина. Тому при прокатці головна частина кожного злитка йде в обрізь, що знижує вихід придатного прокату. При безперервному виливці поступово нарощуваного злитка усадочна раковина або газова порожнина буде одна на весь обсяг металу, що розливається. Таким чином, відходи на головну частину обрізь значно знижуються, і вихід придатного прокату збільшується на 6 - 12%.

Внаслідок малих поперечних розмірів злитка й високої швидкості кристалізації сталі обмежується розвиток ліквації. Злиток, відлитий на машинах безперервного лиття заготівель (МБЛЗ), твердіє у стабільних умовах, особливо якщо його не піддають деформаціям (вигин і т.д.) і має високу структурну й хімічну однорідність. Безупинно литі злитки або заготівлі прокочують безпосередньо на листових або сортових станах. Застосування безперервного розливання сталі дозволяє виключити з виробничого циклу операції по підготовці розливного составу або канави, стріперуванню злитків, прокатці на обтискних станах. Все це приводить до зниження капітальних витрат, скороченню тривалості виробничого циклу. Створюються широкі можливості для повної механізації й автоматизації розливання, підвищення продуктивності, і поліпшення умов праці [3-5].

Існують кілька видів машин безперервного лиття заготівель: вертикальна, з вигином заготівлі, із криволінійною технологічною віссю тобто радіальна й горизонтальна (рис. 1.3).

Існує 6 типів МБЛЗ: вертикальна; вертикальна з вигином; радіальна; криволінійна з диференціюванням злитка; криволінійна з вертикальним кристалізатором; горизонтальна.



А – МБЛЗ вертикального типу; Б – криволінійна МБЛЗ; В – радіальна МБЛЗ; 1 – ківш с металом; 2 - траверса; 3 – проміжний ківш; 4 – кристалізатор; 5 – зона вторинного охолодження; 6 – правильна кліть; 7 – ножиці; 8 – заготівля; 9 – рольганг; 10 – правильні ролики; 11 – прокатний модуль

Рисунок 1.3 – Конструкція МБЛЗ найпоширеніших типів

МБЛЗ радіального типу (рис. 1.3) – кривизна злитка, задана кристалізатором, зберігається незмінною до його повного затвердіння. Випрямлення затверділого злитка виробляється одностадійно при виході його в горизонтальне положення валками правильно-тягнучого пристрою.

Далі затверділий злиток може бути розрізаний на заготовлі будь-якої довжини [6].

Також значне поширення одержали й МБЛЗ вертикального типу. Дані установки дозволяють одержувати металеву заготовлю з мінімальною кількістю розливочного браку (осьові, поздовжні, поперечні тріщини, завороти і т.ін.).

З наведених 6 типів МБЛЗ вибираємо криволінійну установку з хитним кристалізатором, тому що капітальні витрати на неї оптимальні й економічно вигідні: відбувається обтиснення двофазного металу, у кілька етапів, що вимагає менших зусиль, також металургійна дожина машини менше ніж у вертикальній установці. Це ж вимагає менше встаткування, що забезпечує розливання на МБЛЗ, масштаби самої установки прийнятні для використання.

Для розливання сталі приймаємо блюмові (для продажу блюмових заготовель) і слябові МБЛЗ криволінійного типу (перетин слябів передбачається в межах $(235-280) \times (1550-1900)$ мм.

1.4 Опис конвертерного цеху та його прольотів

Конвертерний цех представляє собою складний взаємопов'язаний і оснащений різноманітним обладнанням комплекс будівель та споруд, в якому здійснюють зберігання запасу вихідних шихтових матеріалів – скрапне відділення прольоту, подачу і завантаження їх у піч – завантажувальний проліт, виплавку і розливання сталі – конвертерний проліт, прибирання продуктів плавки – шлакова естакада та підготовку обладнання, що забезпечує виконання цих технологічних процесів. Цех підрозділяють на ряд основних виробничих і допоміжних відділень – відділення ремонту стальковшів, розташованих або в окремих будівлях, або представляють собою окремі прольоти або ділянки головної будівлі цеху. До складу цеху можуть входити такі основні виробничі відділення: головний будинок, в

якому проводиться виплавка і розливання сталі, шихтові відділення для магнітних і немагнітних матеріалів, ділянка переливу чавуну, відділення безперервного розливання із ділянкою позапічної обробки рідкої сталі, відділення підготовки та ремонту сталерозливних і проміжних ковшів. Допоміжними відділеннями та ділянками є шлакові відділення, електропідстанції, насосні, мазутосховища, механічні та ремонтні майстерні, цехові лабораторії, склади та відділення термообробки і зачистки литих заготовок і наявні відділення зачистки, обдирання та термічної обробки злитків. Крім того, для кожного цеху передбачають окреме адміністративно-побутове приміщення для робочого персоналу.

Основні виробничі цехи розташовують на території металургійного заводу з урахуванням напрямку «рози вітрів». З тим щоб зменшити забруднення повітряного басейну над заводом, цехи, що виділяють найбільшу кількість пилу і шкідливих газів, розташовують з підвітряного боку. У напрямку руху пануючих вітрів спочатку розташовують прокатні цехи, за ними сталеплавильні і далі доменний [7-10].

Сталевий лом потряпляючи до скрапного відділення складається в ямах для лому. Чавун із доменного цеху за допомогою ковшів міксерного типу подається на відділення переливу чугуновозної естакади. За потреби чавун десульфурується в відділенні десульфурації чавуну в прольоті.

Сталевий лом за допомогою магнітних кранів вантажиться у совки і за допомогою скраповозів по окремії вісі скраповоза доставляється в завантажувальний проліт, звідки мостовим краном завантажуються в кисневий конвертер перед заливанням чавуну.

Перелитий із міксерного ковша чавун самохідним чавуновозом по окремії вісі подається в завантажувальний проліт, звідки мостовим заливальним краном заливається в конвертер після завантаження туди лому.

Вапно, вапняк, руда, боксит, феросплави знаходяться у бункерах завантажувального прольоту і подаються до плавки в завантажувальний проліт мостовим краном.

Після закінчення продувки конвертер нахиляють направо для випуску сталі в підготовлений нагрітий ківш, який подається із відділення ремонту стальковшів.

Після випуску сталі, конвертер нахиляють наліво для злиття шлаку у ківш самохідного шлаковозу, який по окремій вісі шлаковозу передається на шлакову естакаду скрапного відділення, а звідти на полігон для відходів.

Сталь в ковші піднімається мостовим металургійним краном і передається на сталевоз, який завчасно чекає на вісі сталевоза скрапного відділення. А звідти на ділянку позапічної обробки сталі відділення безперервного розливання сталі, яке територіально знаходиться поза межами головної будівлі цеху.

Головна будівля цеху обладнана автомобільними і ж.д. шляхами для безперебійного обслуговування потреб цеху.

Чавун в ковшах міксерного типу ємкістю 420 т транспортують у відділення переливу конвертерного цеху, що розташовується в завантажувальному прольоті в зоні дії заливальних кранів. У завантажувальному прольоті на ділянці переливу передбачена тупикова залізнична колія.

При подачі міксерних ковшів по подовжніх шляхах під ними розташовуються поперечні траншеї (переливні ями). На дні траншеї прокладають шляхи для чавуновозів із заливальними ковшами ємкістю 200 т.

Місця переливу обладнані спеціальним пересувним витяжним зонтом, підключеним до газоочищення, для уловлювання газів і графіту. При переливі чавуну з міксерних ковшів в заливальні ковші проводять відсічення шлаку. Шлак зливають в шлаковий ківш, встановлений на передавальному візку під місцем переливу.

Заливальні ковші транспортуються самохідними чавуновозами в зону дії заливального крана по ширококоліїних шляхах, укладених на підлозі цеху [11-13].

Кількість металолому в металевій шихті сучасних конвертерів досягає 30%. Насипна маса металолому в конвертерних цехах становить 0,8 - 1,4 т/м³. Металевий лом доставляють у *шихтові відділення* залізничним або автомобільним транспортом і завантажують у совки або безпосередньо «з коліс» або з ям, де його зберігають окремо в залежності від якості (насипної маси і забруднення). Масу металолому в совку коригують після його зважування на платформених або кранових вагах. Під час завантаження в конвертер совок повинен бути розташований поперек завантажувального прольоту. Для нових цехів раціональним вважають застосування мостових завалочних кранів із завантаженням лому одним совком.

Система подачі і завантаження в конвертер сипучих матеріалів включає розташовану над конвертером автоматизовану систему і тракт подачі матеріалів у витратні бункери завантажувальної системи.

У сучасних цехах витратні бункери для феросплавів розташовані в одному ряду з бункерами для сипучих. Феросплави в бункери доставляють по конвеєрному тракту подачі сипучих із загального шихтового відділення. Із витратних бункерів через ваги-дозатор феросплави з допомогою візка і трубчастої тички завантажують в одну з індукційних пічей. Розплав випускають у встановлений на самохідному візку ківш і доставляють до конвертера [11-13].

У *конвертерному відділенні* виконуються технологічні операції, пов'язані з виплавою сталі. У завантажувальному, конвертерному, енергетичному прольоті розміщені системи подачі в конвертери чавуну, металолому, сипучих матеріалів, феросплавів, кисню та інших газів, а також пилоподібних матеріалів у разі їх застосування. Над конвертерами розташована система уловлювання та очищення конвертерних газів. У відділенні також розташовані ділянки підготовки феросплавів, ремонту фурм, розташоване устаткування для ремонту футерування, включаючи обладнання для торкретування.

Відповідальним за виконання технології, організацію праці і техніки безпеки є майстер. Безпосередньо конвертер обслуговують сталевар і два його підручних. До їхніх обов'язків входять керівництво заливкою чавуну і завалкою металолому, підготовка, присадка розкислювачів і легуючих присадок, замір температури і взяття проб металу та шлаку, управління конвертером при повалках та випуску металу і шлаку. Конвертерник і підручні здійснюють операції з гарячого ремонту конвертера, беручи участь і у торкретуванні. Операції з управління продувкою здійснює машиніст пульта управління конвертером і його помічник. Контроль за роботою системи відведення, очищення газу та утилізації тепла конвертерних газів здійснює оператор-енергетик.

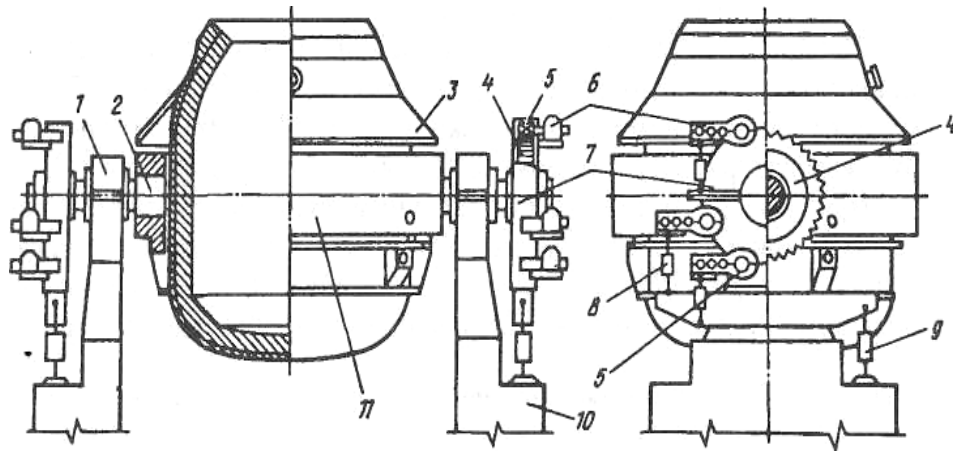
Кисневий конвертер являє собою посудину грушеподібної форми, який повертається на цапфах, футерований зсередини і забезпечений льоткою для випуску сталі і отвором зверху: для введення в порожнину конвертера кисневою фурми, відведення газів, заливання чавуну, завантаження лому і шлакоутворюючих і зливу шлаку. Місткість існуючих конвертерів становить 50-400 т (рис. 1.4, 1.5).

По конфігурації корпусу (кожуха) конвертери розрізняються. Корпус може бути такої ж форми, як робочий об'єм, тобто зі звуженням внизу, бути без звуження внизу, коли до циліндричної частини примикає сферичне днище; з незначним звуженням (кут нахилу до вертикалі $\sim 6^\circ$) нижньої половини, що переходить у сферу.

Розміри конвертера повинні насамперед забезпечувати продувку без викидів металу через горловину, оскільки викиди зменшують вихід придатної сталі і вимагають періодичних зупинок конвертера для видалення настилей металу з горловини та вхідної частини котла-утилізатора.

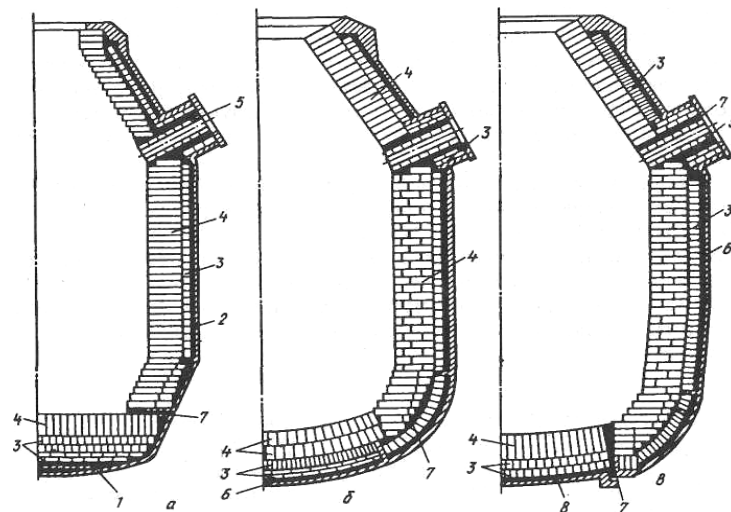
Корпус конвертера виконують зварним з листової сталі товщиною від 20 до 110 мм і роблять його або суцільнозварним, або з від'ємним днищем, яке кріпиться болтами або клиновими з'єднаннями. Розташування горловини

в конвертерах симетрично, що дозволяє вводити кисневу фурм суворо по осі конвертера.



1 - опорний підшипник; 2 - цапфа; 3 - захистний кожух; 4 - зубчате колесо; 5 - вал-шестерня; 6 - навісний електродвигун з редуктором; 7 - корпус колеса; 8, 9 - демпфер; 10 - опорна станина; 11 - опорне кільце

Рисунок 1.4 – Кисневий конвертер з двостороннім навісним багаторуховим механізмом повороту



1 – від'ємне днище; 2 – кожух конвертера; 3 – арматурний слой футерування; 4 – робочий слой футерування; 5 – блоки з плавненого магнезиту; 6 – передарматурний слой (вогнетривка маса, азбест); 7 – вогнетривка маса; 8 – вставне днище

Рисунок 1.5 – Футерування кисневих конвертерів з приставними (а), невідокремленими (б) і вставними (в) днищами

Горловина більшою мірою, ніж інші елементи кожуха, схильна до впливу високих температур і короблення і може бути пошкоджена при видаленні застиглих виплесків металу і в процесі зливу шлаку. Тому верх горловини захищають масивним шоломом. Днище конвертерів зазвичай роблять сферичним для полегшення циркуляції металу при верхній подачі дугтя. Широко застосовуються як, так і відокремлені днища. Відокремлені днища можуть бути приставними і вставними. Зняття й установку здійснюють за допомогою домкратних візків. Після знімання днища прискорюється охолодження і полегшується руйнування зношеного футерування і подання в порожнину конвертера вогнетривів для нової кладки в порівнянні з подачею через вузьку горловину конвертера. Основним недоліком від'ємного днища зазвичай вважають меншу міцність і надійність конструкції нижньої частини кожуха конвертера.

Конвертер цапфами спирається на роликові опорні підшипники, закріплені в опорних станинах. Підшипники забезпечують можливість обертання конвертера навколо осі цапф, при цьому один підшипник фіксований, а інший "плаваючий", що дає можливість переміщення вздовж осі цапф на 15-30 мм.

Кисневі конвертери (рис. 1.4) постачають окремим опорним кільцем, до якого кріпляться цапфи і в якому з зазором в 150-200 мм закріплений кожух. Завдяки зазору виникають деформації, які при термічному розширенні кожуха не передаються опорному кільцю і перекіс цапф не виникає. Системи кріплення конвертера в опорному кільці за допомогою підвісок, упорів та інших пристроїв можуть бути різними, але повинні забезпечити вільне розширення кожуха.

Механізм повороту забезпечує обертання конвертера навколо осі цапф на 360° зі швидкістю від 0,1 до 1 м/хв. Поворот конвертера необхідний для виконання технологічних операцій: заливки чавуну, завалки лому, зливу сталі та шлаку та ін.

Механізм повороту може бути одностороннім і двостороннім. Для більш рівномірного розподілу навантаження механізм повороту великовантажних конвертерів роблять двостороннім (рис. 1.4).

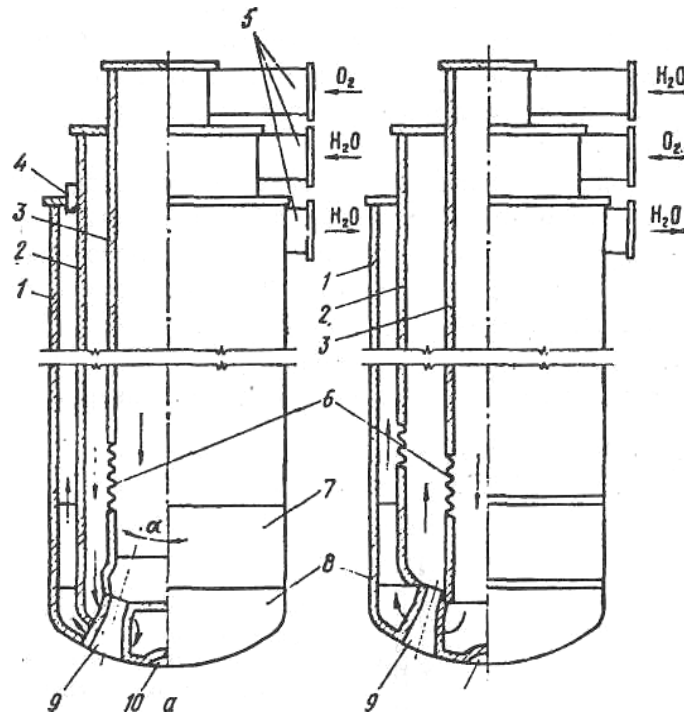
Механізми повороту бувають стаціонарними і навісними. В останні роки застосовують досконаліші навісні (закріплені на цапфі) багаторухові механізми повороту (рис. 1.4). На цапфі жорстко закріплено зубчате колесо 4, закрите корпусом 7; цей корпус спирається на цапфу через підшипники і від провертання його утримує демпфер 9. Таким чином, при обертанні зубчатого колеса 4 з цапфою корпус 7 залишається нерухомим. Зубчате колесо обертають декілька (від 4 до 6) електродвигунів з редукторами 6, вихідні вали-шестерні 5 що входять у зачеплення з колесом; ці вали-шестерні через підшипники кріпляться в отворах стінки корпусу 7. Електродвигуни з редукторами тримаються (навішені) на валах-шестернях 5; обертаючи вали, самі двигуни залишаються нерухомими, тому що утримуються від провертання демпферами 8.

Кисень подають в конвертер через вертикально розташовану водоохолоджувальну фурму, яку вводять в порожнину конвертера через горловину строго по його осі. Тиск кисню перед фурм складає 1,0-1,6 МПа.

Висота фурми зазвичай збільшується при зростанні ємності конвертера і знаходиться в межах 1,0-4,8 м від рівня ванни в спокійному стані. Піднімають і опускають фурму за допомогою механізму, зблокованого з механізмом обертання конвертера. Конвертер не можна повернути, поки з нього не вилучена фурма. Швидкість підйому і опускання фурми змінюється в межах 0,1-1 м/с. Фурма виконана з трьох концентрічно розташованих сталевих труб і забезпечена знизу мідної голівкою з соплами (рис. 1.6). До верхньої частини труб прикріплені патрубки 5 для підведення кисню, підведення та відведення води [10].

Голівка фурми є змінною, її з'єднують з трубами зварюванням або різьбленням у поєднанні зі зварюванням. В голівці розташовані сопла Лавалля 2, через які кисень надходить в порожнину конвертера і розподільник води,

що направляє її вздовж поверхні голівки. Голівки виконують зварними і іноді литими. Число сопел Лавалю в голівці змінюється від трьох-чотирьох до шести-семи, зростаючи по мірі зростання тоннажу конвертера і кількості кисню, що вдувається. Сопла розташовують віялоподібно розбіжними, щоб підвищити ступінь розосередження дуття за обсягом ванни [11].



1-3 – сталеві труби; 4 – ущільнення; 5 – патрубки для подачі кисню і води; 6 – компенсатор; 7 – змінна частина зовнішньої труби; 8 – мідна головка фурми; 9 – сопло; 10 – виїмка.

Рисунок 1.6 – Многосоплові кисневі фурми з центральною подачею кисню (а) і води (б)

Відділення безперервного розливання сталі (ВБРС) складається з наступних прольотів: позапічної обробки, прольоту МБЛЗ, машин газового різання, передачі заготовок. ВБРС пов'язане з головною будівлею цеху поперечними сталевозними шляхами і є багатопролітною будівлею, прольоти якої паралельні прольотам головної будівлі. При лінійному плануванні всі установки МБЛЗ розташовуються в одному прольоті, перпендикулярному

шляхам, по яких передаються ківш із сталлю. Видача злитків проводиться убік, протилежний від конвертерного відділення. МБЛЗ розміщені уздовж розподільного прольоту в одну лінію і обладнані поворотними стендами, осі яких знаходяться на межі прольоту МБЛЗ і розподільного. Всі ці прольоти обладнані мостовими кранами.

Ділянка позапічної обробки сталі в киснево-конвертерному цеху складається з установки вакуумування сталі, установки піч-ківш (УПК) для продувки сталі аргоном. Вакууматор потрібен для позапічної обробки рідкої сталі, шляхом її дегазації у ковші в вакуум-камері під розрідженням, доведення за хімічним складом, розкислення і легування у вакуумі. Установка продувки сталі аргоном призначена, для продувки сталі в ковші з метою дегазації, очищення сталі від неметалевих включень, коректування за хім. складом, а також пониження температури перегрітих плавок до заданого значення додаванням дрібного лому [12, 13].

У прольоті позапічної обробки сталевози з ковшами зупиняють у стендів, де без зняття ковша із сталевозу здійснюють продування сталі в ковші аргоном, після чого сталевоз доставляє ківш в розподільний проліт. У розподільному прольоті ківш беруть із сталевозу краном і транспортують до МБЛЗ, встановлюючи ківш на консоль поворотного стенду, що знаходиться в розподільному прольоті. Після повороту стенду на 180° ківш встановлюється над проміжним ковшем і кристалізатором. Після закінчення розливання з ковша краном зливають шлак в шлакові ковші, і потім спорожнений ківш ставлять на сталевоз для передачі в ковшовий проліт головної будівлі.

1.5 Шихтові матеріали для виплавки сталі, їх характеристика та способи підготовки

Виробництво сталі пов'язане з використанням значних кількостей різноманітних матеріалів і в першу чергу металошихти (яка включає чавун, лом, різні металодобавки), а також додаткових матеріалів або флюсів (вапно,

вапняк, боксит, плавиковий шпат та ін.), окисників (повітря, кисень, залізна руда, окалина та ін.), палива (природний газ, мазут, коксовий газ, доменний або колошниковий газ), електроенергії, води, інертних газів (аргон), вогнетривких матеріалів, електродів та ін. Витрата кожного з цих матеріалів, наряду з витратами на електроенергію, впливає на собівартість сталі.

Більш ніж на 80% собівартість сталі визначається вартістю використовуваної сировини, передусім витратою і вартістю металошихти.

В якості металошихти використовують:

- а) чавун (рідкий або твердий);
- б) металолом (у технічній літературі часто використовують термін «лом»/скрап);
- в) металодобавки, наприклад продукти прямого відновлення заліза та ін.

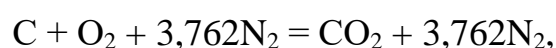
Витрата металошихти, що складає 1100-1150 кг/т рідкої сталі, визначається:

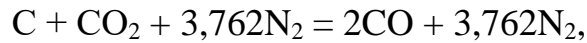
- 1) складом шихти (доля чавуну, доля лому в шихті і т. п.);
- 2) характером шихти і хімічним складом її складових (міра «зашлакованості» чавуну, концентрація в ньому легкоокисних домішок, «засміченість» лому і т. п.);
- 3) технологією плавки (чи буде застосований кисень для продування ванни або ні, велика або помірна кількість шлаку утворюватиметься і т. п.).

Витрату металошихти знижують через використання в якості окисників залізної руди, окалини або інших матеріалів, до складу яких входить залізо (воно частково відновлюється і переходить у метал).

Вихід рідкої сталі (за відношенням до маси металошихти) істотно зростає в тих випадках, коли до ванни вводиться велика маса легуючих елементів (зазвичай у вигляді феросплавів, тобто сплавів із залізом) [14].

Чавун отримують в доменних печах відновленням заліза із залізородних матеріалів (агломерату, окатишів та ін.). При горінні коксу йдуть реакції





У зоні високих температур йде пряма реакція відновлення заліза вуглецем коксу. Міра відновлення заліза в доменній печі 99-99,9 %, тому доменний шлак містить < 1 % FeO. У відновних умовах печі відновлюються і інші оксиди, що поступають в доменну піч з шихтою (оксиди кремнію, марганцю, фосфору та ін.) :



Чавун, що виплавляється в доменних печах, містить деяку кількість сірки, фосфору(практично увесь фосфор, що міститься в доменній шихті, відновлюється і переходить в чавун), кремнію, марганцю. Крім того, в процесі контакту крапель рідкого чавуну, що стікають в горн печі через шар розжареного коксу, відбувається вуглецювання металу. Вміст вуглецю в чавуні багато в чому визначається наявністю в чавуні тих або інших домішок. Mn, Cr, V утворюють карбіди, сприяючи збільшенню вмісту вуглецю в чавуні. Si, P, Cu сприяють зниженню вмісту вуглецю. Тому у феромарганці і у високомарганцевистому чавуні вміст вуглецю вищий, ніж в звичайному передільному(до 7%), а в ливарних чавунах з підвищеними концентраціями кремнію вміст вуглецю нижчий (3,5-4,5 %).

Вміст фосфору в чавуні не повинен перевищувати 0,2-0,3%, оскільки при більшому його змісті потрібний проміжний злив шлаку під час продування і наведення нового, що знижує продуктивність конвертера.

Вміст сірки в чавунах, призначених для виплавки якісних сталей, не повинен перевищувати 0,035%, а звичайних сталей - 0,05%. Таке обмеження

пояснюється тим, що через високий вміст оксидів заліза в конвертерних шлаках видалення в них сірки при плавці відбувається слабо, міра десульфурації не перевищує 30%.

Зазвичай передільний (що використовується для переділу чавуну в сталь) чавун має склад мас. %: С 4,4-4,6; Si 0,2-0,8; Mn 0,2-0,6; P < 0,3; S < 0,05.

Таким чином, в чавуні ~94 % Fe та 6 % різних домішок. В процесі переділу чавуну в сталь в окислювальних умовах основна маса домішок окислюється. Крім того, при використанні кисню для продування сталеплавильної ванни частина заліза (1-2%) випаровується, окислюється і у вигляді пілогозових викидів покидає агрегат. Маса шлаку на момент закінчення плавки сталі складає 10- 20 % від маси металу. Шлак містить оксидів заліза 20-25%, або 1,5-2,5% Fe від маси металу. Цей розрахунок показує, що під час плавки сталі з шихти, що складається на 100% з рідкого чавуну, близько 10% її маси переходить у шлак і у газову фазу, та витрата металошихти на 1 т рідкої сталі перевищує 1100 кг.

Температура рідкого чавуну зазвичай складає 1300-1450°C. Застосовувати чавун з нижчою температурою не бажано, оскільки це веде до холодного початку продування і уповільнення шлакоутворення.

Переробний чавун ділиться за марками в залежності від вмісту кремнію. Оскільки для киснево-конвертерного процесу переробка чавуну з підвищеним вмістом кремнію є найбільш вигідною, приймаємо до використання чавун П1 із вмістом 0,5 – 0,9 % Si.

Світова ціна 1 т металолому нижче, ніж 1 т рідкого чавуну, та вона змінюється залежно від кон'юнктури ринку. Цим пояснюється прагнення металургів гнучко реагувати на коливання цін і максимально використовувати металолом в шихті [9].

Сталевий лом є охолоджувачем конвертерної плавки, збільшення його витрати економить чавун, знижуючи собівартість сталі. До лома, як і при інших сталеплавильних процесах, пред'являється вимога про

неприпустимість високого вмісту фосфору, сірки, домішок кольорових металів та іржі. Кількість міді і нікелю, які не окислюються в умовах конвертерної плавки, не повинна перевищувати їхнього допустимого вмісту в сталі (зазвичай <0,2%), що виплавляється. Обмежують максимальний розмір шматків лому, оскільки занадто великі шматки можуть не встигати розчинитися в металі за час продування, а в час завантаження можуть пошкодити футерівку конвертера. Товщина кусків лому не повинна перевищувати 0,25-0,35 м, довжина - 0,8 м, розмір пакетів не має бути більше 0,7×1×2 м.

Використання ж випадкового, погано обробленого металолому часто призводить до того, що проба, узята з ванни розплавленого в сталеплавильному агрегаті металу, показує неможливість отримання з цієї шихти сталі потрібної марки. Для недопущення цього з метою випуску якісної продукції з найкращими техніко-економічними показниками:

1) організувати ретельне сортування і відбір шихти залежно від планованої до виплавки марки сталі;

2) максимально використати устаткування для оброблення металолому: різання на гідравлічних ножицях, подрібнення, фрагментація (розділення магнітних і немагнітних фрагментів) і т.д. Так, дрібна фракція, що відсівається при ножичному різанні лома, містить до 60 % міді, що міститься в ломі до переробки;

3) виплавляти окремі марки сталі (з особливими вимогами по чистоті від домішок кольорових металів), використовуючи як шихту тільки чавун і не застосовуючи металолом;

4) створювати нові види металошихти, чистої від домішок кольорових металів;

5) використовувати в якості металошихти продукти прямого відновлення заліза із залізних руд.

Усі перераховані прийоми сьогодні активно використовують і зарубіжні, і вітчизняні металурги. Переробка лому пов'язана з певними витратами, але

на 1 т заліза вони нижчі, ніж витрати на здобич і збагачення залізної руди і отримання з неї чавуну. Треба також враховувати, що чавун містить ~94 % Fe, а металолом ~99 % Fe. Найбільш цінними є металолом і різні відходи з легованої сталі. Ці матеріали відбирають і зберігають окремо.

У свою чергу усі перелічені вище варіанти часто призводять до технологічної нестабільності конвертерного процесу: збільшенню маси шлаку і значним втратам заліза з ним у вигляді оксидів і корольків, підвищеному газо- і димоутворенню, викидам і тому подібне. Знижуються основні техніко-економічні параметри плавки, показники по чистоті металу, що виплавляється, підвищується навантаження на екосистему.

Таким чином, проблеми дефіциту сталевого лому, підвищення якості і збільшення об'ємів конвертерної сталі, що виплавляється, на сьогодні є актуальними.

В умовах, що склалися, їх рішення можливе при вдосконаленні традиційного складу і технологічного режиму формування металошихти, з використанням альтернативних матеріалоохолоджувачів на основі первородної сировини, з високими фізичними характеристиками замість металевого лому.

До таких матеріалів належить новий синтетичний композиційний матеріал синтиком, що включає первинні компоненти з відомим складом, походженням і спадковістю, має усі властивості і переваги первородної шихти. Характеризується, передусім, постійністю геометричних розмірів, складною індивідуальною подвійною металургійною природою, мінімально можливою мірою забруднення домішками, гарантованим, стабільним і заздалегідь заданим хімічним складом, а також механізмом дії на хід відновлювальних процесів в сталеплавильних агрегатах. Виробництво синтикома вимагає мінімальних додаткових капіталовкладень і в найкоротші терміни може бути організовано на базі наявних в доменних цехах розливних машинах. Створення цього матеріалу сприяє вирішенню проблеми забезпечення сталеплавильного виробництва чистими первородними

шихтовими матеріалами із заздалегідь відомими стабільними фізичними характеристиками. Проте повністю виключати сталевий лом із складу шихти не доцільно, оскільки необхідно переробляти відходи власного металургійного виробництва і інших галузей промисловості. Перехід на 100% заміну лому альтернативними видами металошихти неминуче потребує внесення коригувань в традиційну технологію ведення конвертерної плавки. Проте, промисловий досвід використання синтикома, що мається у складі металошихти, показав, що навіть відносно невеликий його відсотковий вміст у складі твердої частини шихти (20-25%) здатний внести якісні зміни у технологічні параметри виплавки сталі [7-10].

За ДСТУ 4121-2002 сталевий лом ділиться на багато марок в залежності від хімічного складу, виду поставки і засміченності. Лом гр. А – лом вуглецевих нелегованих сталей із насипною щільністю більше 2,5 т/м³.

Основні *шлакоутворюючі матеріали* – це вапно і плавиковий шпат, іноді в якості шлакоутворюючих або охолоджувачів використовують боксит, залізну руду, прокатну окалину, агломерат, рудно-вапняні окатиші.

Вапно має бути свіжообпаленим і містити > 92 % CaO, < 2 % SiO₂ і 0,05-0,08 % S. При вмісті сірки у вапні > 0,1 % можливий перехід сірки з шлаку в метал під час плавки. Шматки вапна повинні мати розміри від 10 до 50 мм. Застосування дрібніших шматків вапна не допускається, оскільки вони будуть винесені з конвертера газами, що відходять. Одна з основних вимог до вапна - мінімальна кількість вологи. Свіжообпалене вапно взаємодіє з вологою, що міститься в атмосфері: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$. Зміст вологи у вапні починає помітно зростати вже через декілька годин зберігання на повітрі. Через добу зберігання обпалене вапно небажано використати при виплавці високоякісної сталі, оскільки можна внести у ванну значну кількість водню. Крім того, при взаємодії з вологою (при «гасінні») вапно перетворюється на рихлий легкий порошок, який відноситься газами, що відходять, і не потрапляє у ванну.

Плави́ковий шпат – ефективний розріджувач шлаку. Він містить 75-92% CaF_2 , основною домішкою є SiO_2 . Залізна руда, агломерат і окатиші повинні містити не більше 8 % SiO_2 і 0,1 % фосфору і сірки (кожного), розмір шматків руди має бути 10-80 мм. Плави́ковий шпат дорожчий за боксит, проте його застосування виправдано у тому випадку, якщо необхідно швидко і за допомогою малих добавок отримати помітне покращення шлакоутворення.

Боксит (марка МБ) містить 28-50% Al_2O_3 , 10-20% SiO_2 і 12-25 % Fe_2O_3 ; зазвичай в ньому також багато води (10- 20%), що вимагає попереднього просушування щоб уникнути внесення в сталь водню. Якщо до цеху поступає боксит з високим вмістом кремнезему, то необхідно враховувати зниження основності шлаку при його введенні у ванну. Використання бокситу, що містить >10% SiO_2 небажано. У бокситі завжди містяться оксиди заліза, а деякі сорти бокситу по кількості оксидів заліза, що містяться в них, порівнянні з бідними залізними рудами, тому необхідно враховувати, що при введенні бокситу окрім прискорення процесу шлакоутворення, як правило, підвищується активність оксидів заліза в шлаку.

Для прискорення процесу шлакоутворення в деяких випадках заздалегідь готують шлакоутворюючі суміші (наприклад, суміш вапна з плави́ковим шпатом, бокситом і т.п.); використовують офлюсовані агломерати з високою основністю; випалення вапняку ведуть, завантажуючи до вапняно-обпалювальні печі разом з вапном боксит, марганцеву руду та ін. і отримуючи таким чином легкоплавкий продукт спільного випалення; брикетують порошки в пил і т. п. Так, наприклад, для подальшого використання в конвертерній плавці у шихту печей для випалення вапняку вводять залізорудні матеріали або шлами від пиловловлюючих установок (складаються в основному з оксидів заліза). Отримують продукт, що містить 80-95% CaO і до 10 % оксидів заліза. Використання таких матеріалів (офлюсованого або "озалізованого" вапна) полегшує протікання процесу шлакоутворення [18, 19].

1.6 Технологія та порядок ведення плавки сталі на прикладі марки 60С2А

Пропонується виплавка сталі марки 60С2А у кисневому конвертері з комбінованою продувкою, тому що така технологія має ряд технологічних переваг, зокрема, вона забезпечує:

1. Перемішування ванни і вирівнювання її складу.
2. Наближення до рівноваги між металом і шлаком.
3. Зниження вмісту оксидів заліза в шлаку в результаті взаємодії (при перемішуванні) оксидів заліза шлаку з вуглецем металу.
4. Підвищення виходу придатного в результаті зниження кількості заліза в шлаку.
5. Зменшення окисненості металу.
6. Зниження чаду марганцю і підвищення його концентрації у ванні(у міру зниження окисленості шлаку).
7. Зменшення угару феросплавів при розкисненні і легуванні в результаті взаємодії з менш окисленою ванною.
8. Зниження витрати кисню, оскільки зменшується кількість кисню, яка витрачається на окислення заліза.
9. Зменшення вмісту газів (більш за все водню) в металі в результаті дегазуючої дії пухирів інертного газу.
10. Зниження вмісту неметалічних включення внаслідок дії флотації пухирів газу.
11. Поліпшення засвоєння завантажуваного в конвертер вапна внаслідок кращого шлакоутворення при підвищенні інтенсивності перемішування, а також зниження витрати флюсів, наприклад плавикового шпату.

Комбіноване продування окрім технологічних забезпечує ряд організаційних і економічних переваг.

1. Зростає вихід придатного на 1,0-1,5% в результаті зниження змісту заліза в шлаку, усунення викидів, зменшення кількості плавильного пилу.

2. Завдяки зниженню небезпеки викидів і періодичного різкого спінювання ванни з'являється можливість зменшити висоту конвертера (чи збільшити масу металу); в результаті питомий об'єм конвертера знижується до 0,6 м³/т сталі, зменшується маса футерування на 1 т місткості, знижуються втрати тепла і зростає продуктивність (у разі збільшення маси плавки).

3. Сприятливі умови перемішування і зневуглецювання при продуванні через дно дозволяють збільшити відстань між верхньою фурмою і дзеркалом металу(практично на 0,5 м), що, у свою чергу, забезпечує:

а) зменшення розбризкування від удару струменя кисню об поверхню ванни, в результаті підвищується стійкість футерування стін;

б) збільшення стійкості фурм;

в) зниження міри місцевого перегрівання металу в локальній зоні удару кисневого струменя і, як наслідок, зменшення інтенсивності його випару і утворення пилу.

4. Зменшується витрата шлакоутворюючих, що вводяться для прискорення шлакоутворення.

Шихтовка плавки та організація завантаження. Шихтовку, тобто визначення витрати на плавку чавуну і лому, шлакоутворюючих, феросплавів і інших матеріалів, проводять за допомогою ЕОМ (АСУТП) на підставі даних, що вводяться в неї, про склад чавуну і інших шихтових матеріалів, температуру чавуну, параметри сталі, що виплавляється та ін. При цьому витрату лома визначають на підставі розрахунку теплового балансу плавки, збільшуючи або зменшуючи витрату так, щоб було забезпечення заданої температури металу наприкінці продування, а витрату вапна - так, щоб було забезпечення необхідної основності шлаку (2,7-3,6).

Рідкий чавун заливають в нахилений конвертер через отвір горловини за допомогою мостового крану із заливального ковша, який зазвичай вміщує усю порцію чавуну, що заливається. Заливальні ковші з чавуном доставляють до конвертерів з міксерного або відділень переливу.

Завантаження сипких шлакоутворюючих матеріалів проходить з розташованих над конвертером витратних бункерів за допомогою електровібраційних живильників і вагових дозаторів і потім відбувається видача їх в проміжний бункер, а з нього матеріали по похилій тічці засипаються в конвертер через горловину. При цьому система забезпечує завантаження сипких без зупинки продування [10].

Плавка в кисневому конвертері включає наступні періоди (рис. 1.7):

1. Завантаження лому. Сталевий лом в кількості до 25-27 % від маси металевої шихти завантажують в нахилений конвертер совками. Об'єм совків досягає 110 м³, його розраховують так, щоб завантаження забезпечувалося одним-двома совками. Завантаження триває 2-4 хв. Іноді з метою прискорення шлакоутворення після завантаження лому або перед ним в конвертер вводять частину вапна, що витрачається на плавку.

2. Заливка чавуну. Рідкий чавун при температурі від 1300 до 1450°C заливають в нахилений конвертер одним ковшом впродовж 2-3 хв.

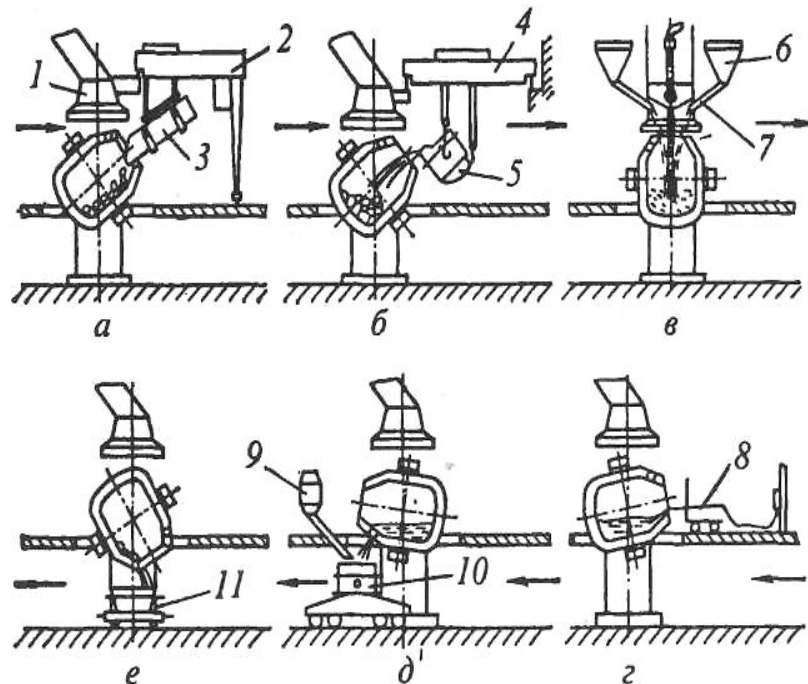
3. Продувка.

Після заливки чавуну конвертер повертають у вертикальне робоче положення, вводять згори фурму і включають подання кисню, починаючи продування. Фурму на початку продування для прискорення шлакоутворення встановлюють в підвищеному положенні (на відстані до 4,8 м від рівня ванни в спокійному стані), а через 2-4 хв її опускають до оптимального рівня (1,0-2,5 м залежно від місткості конвертера і особливостей технології).

Впродовж першої третини тривалості продування в конвертер двома-трьома порціями завантажують вапно. Разом з першою порцією вапна, що вводиться після початку продування, подають плавииковий шпат і іноді інші флюси (залізну руду, окатиші, боксит та ін.). Витрату вапна розраховують так, щоб шлак виходив з основністю 2,7-3,6; зазвичай витрата складає 6-8 % від маси сталі.

Під час завалки лому, заливки чавуну подають азот з інтенсивністю 0,015-0,05 м³/ (т·хв). Впродовж перших 30% тривалості продування подають

азот з витратою 0,02- 0,15 м³/ (т·хв). В середині продування(приблизно від 30 до 65% її тривалості), коли велика швидкість окислення вуглецю і ванна інтенсивно перемішується пухирями СО₂, витрату азоту знижують до 0,02-0,06 м³/ (т·хв). Впродовж часу кисневого продування, що залишився, витрату газу збільшують до 0,08-0,30 м³/ (т·хв), причому за 2-4 хв до закінчення продування азот зазвичай замінюють аргоном.



1 - газовідвід; 2 - напівпортальна завантажувальна машина; 3 - совок; 4 - мостовий кран; 5 - заливальний ківш; 6 - бункер; 7 - тічка; 8 - термопара; 9 - бункер для феросплавів; 10 - сталерозливний ківш; 11 - шлакова чаша (ківш)

Рисунок 1.7 – Технологічні операції конвертерної, плавки: завантаження лома (а), заливання чавуну (б), початок продувки (в), замір температури (г), злив металу (д), злив шлаку (е)

Продування до отримання заданого вмісту вуглецю в металі триває 12-18 хв; воно тим більше, чим менше прийнята інтенсивність подання кисню в межах 2,5-5 м³/ (т·хв).

Впродовж продування протікають наступні основні металургійні процеси:

а) окислення складових рідкого металу киснем (окислюється надмірний вуглець, а також увесь кремній, близько 70% марганцю і трохи (1-2%) заліза. Газоподібні продукти окислення вуглецю (С і трохи CO_2) видаляються з конвертера через горловину (конвертерні гази, що відходять), інші оксиди переходять в шлак;

б) шлакоутворення, з перших секунд продування починає формуватися основний шлак з продуктів окислення складових металу (SiO_2 , MnO , FeO , Fe_2O_3) і вапна(CaO), що розчиняється в них, а також з оксидів, що вносяться міксерним шлаком, іржею сталевому лому і футеруванням. Основність шлаку по ходу продування зростає у міру розчинення вапна, досягаючи 2,7-3,6;

в) дефосфорація і десульфуріяція. У основний шлак, що утворюється, видаляється частина шкідливих домішок, що містяться в шихті, - велика частина (до 90%) фосфору і трохи (до 30%) сірки;

г) нагрів металу до потрібної перед випуском температури (1600-1660°C) за рахунок тепла, що виділяється при протіканні екзотермічних реакцій окислення складових рідкого металу;

д) розплавлення сталевому лому за рахунок тепла екзотермічних реакцій окислення, яке, зазвичай, закінчується впродовж першої 2/3 тривалості продування;

е) побічний і небажаний процес випару заліза в підфурменій зоні через високі температури (2000-2600°C) і віднесення пари, що окислюється, газами, що відходять з конвертера, через що відбуваються втрати заліза і виникає необхідність очищення конвертерних газів від пилу.

4. Відбір проб, вимір температури, очікування аналізу, коригування.

Продування необхідно закінчити у той момент, коли вуглець буде окислений до потрібного, став зміст;

Закінчують продування після отримання в металі вмісту вуглецю задовільного для марки 60С2А. Метал до цього часу має бути нагрітий до необхідної температури, а фосфор і сірка видалені до припустимих для марки 60С2А меж. Після закінчення кисневого продування проводять додаткове

продування аргоном знизу впродовж 1-3хв з витратою до $0,3\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{хв})$. При цьому знижується окисленість шлаку і вміст вуглецю в металі в результаті протікання реакції $(\text{FeO}) + [\text{C}] = \text{Fe} + \text{CO}$. Також в металі знижується вміст фосфору (приблизно на 20-30%) і сірки (приблизно на 10-25%).

Якщо за результатами аналізу та замірів температури, параметри металу відповідають заданим, плавку випускають. У разі невідповідності проводять коригувальні операції. Після закінчення коригувальних операцій плавку випускають.

На відбір і аналіз проб витрачається 2-3 хв. Коригувальні операції викликають додаткові простої конвертера і тому небажані.

5. Випуск. Метал випускають в сталерозливний ківш через лютку без шлаку. Це досягається завдяки тому, що в нахиленому конвертері, у лютці розташовується важчий метал, що перешкоджає попаданню в неї шлаку, що знаходиться згори. Такий випуск виключає перемішування металу зі шлаком в ковші і перехід зі шлаку в метал фосфору і FeO. Випуск триває 3-7 хв.

В процесі випуску в ківш з бункерів вводять феросплави для розкислення і легування. При цьому в старих цехах завантажують усі феросплави так, щоб забезпечувалося розкислення і отримання в сталі необхідного змісту елементів (Mn і Si, а в легованих сталях і інших елементів), що вводилися. У кінці випуску в ківш потрапляє трохи (1-2 %) шлаку, який оберігає метал від швидкого охолодження. Під час проведення позапічної обробки, в ківш вводять сплави, елементи, що слабо окислюються (Mn, Cr і іноді Si), після чого ківш транспортують на установку позапічної обробки, де в процесі усереднюючого продування аргоном вводять елементи, що мають високу спорідненість до кисню (Si, Al, Ti, Ca та ін.), що зменшує їх угар.

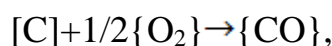
У ковші для захисту металу від охолодження і окислення створюють шлаковий покрив, завантажуючи гранульований доменний шлак, вермикуліт, вапно з плавиковим шпатом.

б. Злив шлаку в шлаковий ківш ведуть через горловину, нахиляючи конвертер в протилежну від льотки сторону (злив через льотку неприпустимий, оскільки шлак розчинятиме футерування льотки). Злив шлаку триває 2-3 хв. Загальна тривалість плавки в 100-350-т конвертерах складає 40-50 хв.

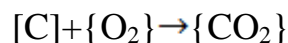
1.7 Основні реакції під час виплавки сталі

Впродовж продування за рахунок кисню, що подається в конвертер, окислюється надмірний вуглець, також відбувається окислення та відновлення марганцю, кремнію, фосфору, окислення хрому, десульфурація.

Реакція окислення вуглецю є ведучою в конвертерних процесах, оскільки вуглець є найбільш масовою домішкою, певна частина продування проходить тільки як окислення вуглецю, на його концентрацію орієнтуються при зупинці продування, продукти окислення газоподібні, займають великий об'єм і тому викликають ряд гідродинамічних ефектів - як позитивних, так і негативних. Окислення вуглецю за рахунок кисню газової фази описується реакціями:

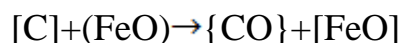


$$\lg K = \lg (P_{CO}/a_C P_{O_2}^{1/2}) = 7960/T + 1,77,$$



$$\lg K = \lg (P_{CO_2}/a_C P_{O_2}) = 22750/T + 1,77,$$

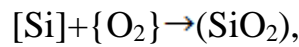
Окиснення вуглецю оксидами заліза протікає за реакцією:



$$\lg K = \lg (p_{CO}/a_C a_{FeO}) = -5160/T - 4,74,$$

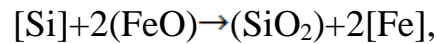
Окислення кремнію та марганцю, так само як і вуглецю, починається з моменту подання кисню, причому увесь кремній і велика частина марганцю вигорають в перші хвилини продування. Швидше їх окислення в порівнянні з вуглецем пояснюється відмінністю в хімічній спорідненості різних елементів до кисню при різних температурах.

Окислення та відновлення кремнію може відбуватися за рахунок кисню рідкої фази:



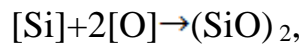
$$\lg K = \lg (a_{SiO_2}/a_{Si} P_{O_2}) = 42590/T - 11,27,$$

оксидів заліза шлаку:



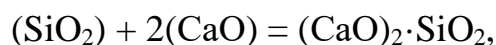
$$\lg K = \lg (a_{SiO_2}/a_{Si} a_{FeO}^2) = 18080/T - 6,30,$$

та кисню, розчиненого в металі



$$\lg K = \lg (a_{SiO_2}/a_{Si} a_O^2) = 30720/T - 11,77,$$

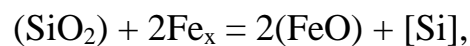
Кремнезем, що виходить при цьому, взаємодіє з CaO, утворюючи силікати:



$$K = a_{(CaO)_2} \cdot SiO_2 / a_{(SiO)_2} \cdot a_{(CaO)}$$

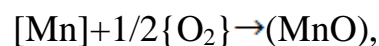
Місцем окислення кремнію є поверхня краплі металу - окислювальна газова фаза в первинній зоні взаємодії, поверхня контакту оксидів заліза в конденсованому або парофазному стані з металом ванни у вторинній зоні взаємодії і поверхня контакту металу з конвертерним шлаком.

Чим нижче активність оксидів заліза в шкалі, тим далі піде процес відновлення кремнію. Такі компоненти розплаву, як вуглець або марганець, знижують окисленість і металу, і шлаку, підвищуючи міру відновлення кремнію. Основний оксид заліза FeO в кислих шлаках пов'язаний з кремнеземом в силікати заліза, і його активність мала. Якщо в шлак ввести сильніший основний оксид, наприклад CaO, то він зруйнує силікати заліза, утворюючи силікати кальцію, і активність оксидів заліза в шлаку зросте, відповідно загальмується процес відновлення кремнію з кислих шлаків йде за схемою:



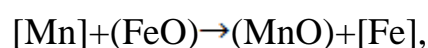
$$K = a_{(FeO)}^2 a_{[Si]} / a_{(SiO_2)}$$

Окислення марганцю киснем газової фази може бути представлено реакцією:



$$\lg K = \lg (a_{MnO} / a_{Mn} P_{O_2}^{1/2}) = 18800/T - 4,56,$$

оксидами заліза шлаку



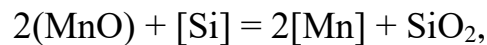
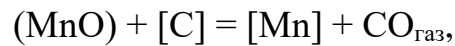
$$\lg K = \lg (a_{\text{MnO}}/a_{\text{Mn}}a_{\text{FeO}}) = 6440/T - 2,95,$$

киснем, розчиненому в металі



$$\lg K = \lg (a_{\text{MnO}}/a_{\text{Mn}}a_{\text{O}}) = 12720/T - 5,68.$$

Марганець можуть відновити також вуглець, кремній і інші елементи :

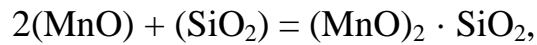


На відміну від окислення кремнію, при окисленні марганцю плівка оксидів марганцю не створює помітного пасивуючого ефекту, подібного до кремнезему, очевидно, у зв'язку з тим, що спорідненість до кисню у марганцю і заліза близькі між собою і в плівці, разом з оксидами марганцю, розчиняються оксиди заліза, що забезпечує її низьку в'язкість і не створює помітних перешкод перенесенню кисню. Чавуни, виплавлені з деяких залізородних родовищ, містять до 5-8% марганцю. Проте затримок його окислення на початку продування в конвертері, як це відбувається при високому вмісті кремнію, не спостерігається.

Підвищення температури ванни зрушує рівновагу екзотермічної реакції вліво, сприяючи відновленню марганцю з шлаку в метал.

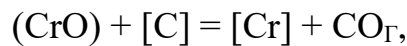
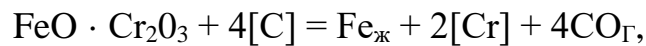
Температура, при якій припиниться окислення марганцю і почнеться його відновлення, залежить від складу металу і шлаку (значення величини ΔG° для різних складів металу і шлаку різні). Для умов, властивих кислим процесам (кислі шлаки), доводиться враховувати, що оксид MnO(основний

оксид), що утворюється при окисленні марганцю, вступає у взаємодію з кислотними оксидами шлаку



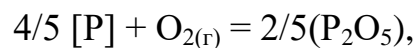
Оскільки зазвичай в конструкційних сталях за ГОСТ, ДСТУ, DIN, EN повинно міститися 0,3 % хрому, *окислення хрому* сталевого лому є важливим процесом.

У присутності вуглецю при високих температурах протікають реакції:



$$K = \frac{[\text{Cr}]_{\text{Pco}}}{(\text{CrO}) \cdot [\text{C}]},$$

Окислення розчиненого в металі *фосфору* може відбуватися в результаті взаємодії його з киснем газової фази



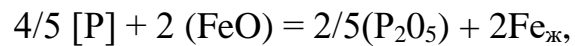
$$\Delta G^\circ = -618\,000 + 175,0 T,$$

киснем, розчиненим у металі



$$\Delta G^\circ = -384000 + 170,24 T,$$

киснем, що міститься у оксидах заліза шлаку

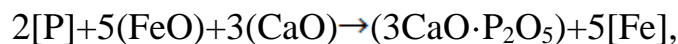


$$\Delta G^\circ = -142\,000 + 65,48 T$$

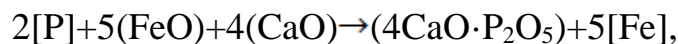
У усіх випадках окислення розчиненого в металі фосфору супроводжується виділенням тепла. При окисленні фосфору газоподібним киснем виділяється значна кількість тепла. У деяких процесах, пов'язаних з переділом фосфористих чавунів(наприклад, в томасівському процесі), за рахунок тепла від окислення фосфору походить нагрів металу. Підвищення окисленості шлаку сприяє процесам окислення фосфору, і, навпаки, зниження активності оксидів заліза в шлаку ускладнює протікання цих процесів.

Чим вище вміст фосфору в чавуні, тим важче технологія його переробки, що забезпечує видалення фосфору за малу тривалість процесу продувки.

Реакція видалення фосфору з металу в шлак зазвичай є рівнянням:



або рівнянням



$$\lg K = \lg (a_{4CaO\cdot P_2O_5} / a_P^2 a_{FeO}^5 a_{CaO}^4) = 44690/T - 18,26$$

Основними умовами, дотримання яких дозволяє видаляти фосфор з металу (проводити дефосфорацію металу) є забезпечення:

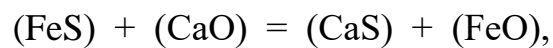
- 1) окислювального середовища, високої активності оксидів заліза в шлаку;
- 2) досить високій основності шлаку;

- 3) наявності шлаків, що містять мало фосфору;
- 4) невисоких температур.

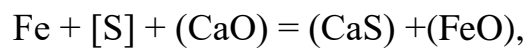
Десульфурація. Основним джерелом сірки в шихті є чавун. Крім того, певна кількість сірки може потрапити в метал з ломом (особливо із стружкою, не очищеною від мастильних олій), з додатковими матеріалами, а також з атмосфери печі, якщо пекти опалюють паливом (мазутом, газом), що містить сірку.

Найдешевшим і доступнішим десульфуратором є вапно (чи вапняк). Взаємодія між вапном CaO, розчиненим в шлаку, і сіркою, розчиненою в металі, може бути представлено як:

- 1) перехід сірки з металу в шлак і взаємодію сірки і CaO в шлак



- 2) взаємодія на межі метал-шлак



$$K = a_{(\text{CaS})} \cdot a_{(\text{FeO})} / a_{[\text{S}]} \cdot a_{(\text{CaO})},$$

$$\text{або } a_{[\text{S}]} = a_{(\text{CaS})} \cdot a_{(\text{FeO})} / K - a_{(\text{CaO})},$$

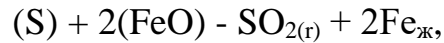
Чим вище в шлаку активність CaO і нижче активність FeO і сірки, тим менше залишається сірки в металі.

Деяка кількість сірки, що міститься в металі, в процесі плавки може бути окислена і видалена в газову фазу. Окислення сірки може йти по наступних реакціях:

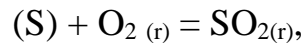
- 1) між сіркою і киснем, розчиненими в металі



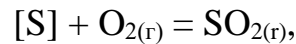
2) між оксидами заліза шлаку і сіркою в шлаку



3) на поверхні шлаку при взаємодії з окислювальною газовою фазою



4) у разі проникнення кисневого струменя в глиб металу



Розкислення сталі. Окислювальні умови ведення плавки в сталеплавильних агрегатах, наявність окислювальних шлаків, а також взаємодія металу з атмосферою при випуску і розливанні є передумовою до того, що кисень, розчинений в сталі, до моменту її випуску з агрегату має визначену і часто підвищену активність. Технологічну операцію, що забезпечує зниження активності кисню до необхідних меж, називають розкисленням. Сталь, що пройшла таку обробку, називають розкисленою.

Якщо така сталь при застиганні у виливницях поводить ся "спокійно", тобто з неї майже не виділяються гази, тому таку сталь називають «спокійною». Якщо ж операцію розкислювання не проводити, то в сталі при її поступовому охолодженні у виливниці протікатиме реакція між розчиненим в металі киснем і вуглецем $[O] + [C] = CO_{газ}$. Пухирці оксиду вуглецю, що утворюються при цьому, виділятимуться із злитка, що кристалізується, метал вируватиме. Таку сталь називають «киплячою».

В деяких випадках розкислювання сталі проводять так, щоб видалити з неї не увесь кисень. Розчинений кисень, що залишився, викликає

короткочасне «кипіння» металу на початку його кристалізації. Таку сталь називають «напівспокійною».

Досягнутий при розкислюванні рівень активності (концентрації) кисню називають мірою розкисленості. Від міри розкисленості залежить структура сталевого злитка.

Застосовують наступні способи розкислення сталі:

а) глибинне чи осаджуюче, що полягає в переведенні розчиненого в сталі кисню в нерозчинний оксид введенням в метал елементу-розкислювача;

б) дифузійне, під час якого розкисленню піддається шлак;

в) обробкою синтетичними шлаками. Є різновидом дифузійного розкислення, що проводиться не в печі, а в ковші або в спеціальному агрегаті. Процес протікає з великою швидкістю, під час якого струмінь металу при падінні зі значної висоти на поверхню шлаку дробиться на краплі, внаслідок чого утворюється шлакометалічна емульсія з дуже великою поверхнею контакту метал-шлак. Шлаки спеціально готують окремо (у окремому плавильному агрегаті), і тому їх зазвичай називають «синтетичними»;

г) обробкою вакуумом, що заснована на використанні розкислюючої дії розчиненого в рідкій сталі вуглецю.

Для проведення розкислення сталі використовують марганець, кремній, алюміній, лужноземельні та рідкоземельних металів, комплексні розкислювачі та синтетичні шлаки [11].

Марганець – порівняно слабкий розкислювач і не забезпечує зниження окислення металу до необхідних меж, проте більша або менша його кількість вводить в метал при виплавці сталі багатьох марок.

При введенні в рідкий метал кремнію утворюються або рідкі силікати заліза, або кремнезем. При малих значеннях SiO_2 утворюються легкоплавкі включення, що складаються з вюстита і фаяліта. Кремній набагато сильніший розкислювач, ніж марганець.

В метал кремній вводиться у вигляді сплаву кремнію із залізом (феросиліцію). Частіше використовують феросиліцій ФС45 (45% Si). В деяких випадках застосовують доменний феросиліцій, що містить 2,0% С і 9-13% Si. Спільно з марганцем кремній вводять в сталь у вигляді силікомарганця СМн 10 (10- 13 % Si і > 60% Mn).

Алюміній – сильніший розкислювач, ніж кремній. При введенні алюмінію в металі залишається дуже мала кількість розчиненого кисню. Алюміній вводять в метал у вигляді брусків (чушок) алюмінію або у вигляді дроту.

В якості комплексних розкислювачів найчастіше використовують сплави кремнію з марганцем (силікомарганець), алюмінію, марганцю і кремнію (сплав АМС), марганцю і алюмінію, кремнію і кальцію (силікокальцій), кремнію, марганцю і кальцію (сплав КМК).

При обробці синтетичними шлаками на випуску металу в ківш з конвертера або печі домагаються можливо повнішого перемішування металу з шлаком. Обов'язковою вимогою, яку пред'являють в цих випадках до шлаку, є відсутність в ньому оксидів заліза. Для обробки металу використовують зазвичай високоосновні шлаки. При обробці металу такими шлаками створюються сприятливі умови і для десульфурзації, і для зниження окисленості металу

Такі розкислювачі, як марганець, кремній, алюміній, іноді вводять в сталь в кількостях, значно більших, ніж вимагається для розкислення. Це робиться для отримання сталі з особливими властивостями, тобто для виплавки високомарганцевої, висококремнієвої та ін. сталі. У цих випадках процеси розкислення і легування протікають одночасно. Окрім Mn, Si і Al деякі легуючі також мають більшу хімічну спорідненість до кисню, ніж Fe, тобто є розкислювачами. До таких легуючих елементів відносяться Cr, V, Nb, W, Ti, Zr. Проте навіть в тих випадках, коли розкислююча здатність цих елементів невелика (Cr, V, Nb), вони беруть участь в процесі розкислення і утворення відповідних продуктів розкислення, і це необхідно враховувати.

Якщо необхідно визначити активність кисню в сталі, в яку введені різні розкислюючі і легуючі елементи, то треба врахувати вплив кожного компонента розплаву.

Легування сталі. Легуванням називають процес присадки в сталь легуючих елементів, щоб отримати так сталь, у складі якої знаходяться спеціальні(що легують) домішки, введені в неї в певних кількостях для того, щоб повідомити сталі які-небудь особливі фізико-хімічні або механічні властивості. Леговані сталі можуть виплавлятися і без штучного введення в них легуючих елементів, наприклад, якщо в якості шихтових матеріалів використовують чавун, отриманий з руд, що містять легуючі домішки. Проте у більшості випадків легуючі елементи вводять в метал у вигляді різних добавок.

Вуглець. При збільшенні вмісту вуглецю підвищується твердість і міцність сталі і знижується пластичність. Вуглець сприяє підвищенню ріжучої здатності сталі, істотно знижує температуру плавлення.

Марганець входить до складу всіх сталей, є слабким розкислювачем. Завдяки високій хімічній спорідненості марганцю до сірки при кристалізації сталі утворюється з'єднання MnS , що запобігає червоноламкості, що викликається вмістом сірки в сталі. Марганець підвищує прокалюваність сталі, міцність, межу текучості. При вмісті 12-15% Mn сталь володіє високою стійкістю до стирання (сталь Гатфільда).

Кремній є розкислювачем і легуючим елементом. Підвищує твердість, знижує пластичність і ударну в'язкість; істотно збільшує межу текучості, що знижує здібність сталі до витягу, холодного штампування. Кремній підвищує межу пружності, при вмісті 1 - 2% Si сталь після гарту і відпустки набуває високої пружності і з неї виготовляють пружини і ресори. При вмісті $\approx 3\%$ Si сталь має високу магнітну проникність і використовується як трансформаторна. При вмісті кремнію $> 15\%$ сплавів стають кислототривкими.

Фосфор є шкідливою домішкою. Розчинений в сталі він спотворює кристалічну решітку; при цьому істотно зростає холодноламкість (крихкість при низьких температурах), зменшується пластичність і в'язкість сталі. Холодноламкість збільшується при зростанні вмісту вуглецю в сталі. Допустимий вміст фосфору в сталі складає 0,07%.

Сірка є шкідливою домішкою, викликає червоноламкість сталі, знижує механічні властивості, збільшує схильність до корозії і стирання. Червоноламкість викликана тим, що в процесі кристалізації сталі по кордонах зерен у вигляді тонкої плівки виділяються з'єднання FeS із залізом (температура плавлення 988°C); при нагріві сталі перед плющенням до 1000 - 1200°C плівки розплавляються, порушуючи зв'язок між зернами. Допустимий вміст сірки в сталях - 0,06%.

Виключенням із загального правила є автоматна сталь, в яку спеціально вводять 0,08 - 0,3% і до 0,15% P, аби забезпечити утворення короткої і ламкої стружки; це полегшує обробку сталі на токарних верстатах-автоматах.

Алюміній є сильним розкислювачем і забезпечує здобуття спокійної повністю розкисленої сталі. Запобігає виникненню багатьох дефектів, які можуть бути викликані розчиненим в сталі киснем (наприклад, червоноламкість і ін.). При 0,02 - 0,08% Al запобігає старінню сталі, що викликається вмістом в ній розчиненого азоту і кисню. Разом з марганцем запобігає виділенню з'єднань сірки по кордонах зерен при кристалізації сталі. Підвищує пластичні властивості сталі.

Хром найбільш поширений легуючий елемент. Підвищує прокалювальну і механічну властивості сталі, знижує схильність сталі до крихкого руйнування. Сталь при вмісті одночасно хрому і нікелю володіє високою прокалюваністю, хорошою міцністю і в'язкістю. Хромисті сталі з високим вмістом вуглецю застосовують як інструментальні і підшипникові. При вмісті $\geq 12\%$ Cr сталь стає корозійностійкою. Оскільки хром сприяє підвищенню міцності при високих температурах, він входить до складу багатьох жароміцних сплавів.

Нікель істотно покращує прокалюваність сталі, підвищує твердість і межу міцності при одночасному збільшенні в'язкості і пластичності; збільшує опір сталі крихкому руйнуванню; значно знижує холодноламкість, підвищує міцність при високих температурах; збільшує корозійну стійкість. Введення 3 - 4% Ni забезпечує глибоку прокалюваність. Нікель входить до складу багатьох конструкційних легованих сталей і є такою, що становить корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів. У зв'язку з високою вартістю нікель вводять в сталь спільно з хромом і іншими елементами і в мінімально необхідній кількості.

Молибден застосовують головним чином як легуючу добавку в хромистих і хромонікелевих сталях в кількості 0,2 - 0,5%. Він підвищує прокалюваність, подрібнює зерно, підвищує твердість і міцність, усуває відпускну крихкість. Підвищує міцність при високих температурах, у зв'язку з чим його вводять в жароміцних сталі.

Вольфрам збільшує твердість, міцність і зменшує пластичність сталі. Завдяки високій хімічній спорідненості до вуглецю вольфрам утворює в сталі карбіди; їх присутність сильно підвищує теплостійкість, тобто здатність зберігати твердість і зносостійкість при високих (550 – 600 °C) температурах. Це забезпечує поліпшення ріжучої здатності до нітридо- і карбідоутворення; до інструментальної сталі вводять 1 - 8% W, до швидкорізальної 8,5 - 18% W. Вольфрам вводять до жароміцних сталей.

Ванадій при вмісті в сталі $\leq 0,3\%$ подрібнює зерно, підвищує твердість, теплостійкість і в'язкість. Завдяки високій здатності до нітридо - і карбідоутворенню ванадій вводять в леговані азотом сталі для скріплення азоту в нітрид, що зміцнює сталь і знижує схильність її до старіння (нестаріючі сталі з карбонітридним зміцненням).

Ніобій вводять в конструкційних сталі (0,03 - 0,05%), що сприяє подрібненню зерна, підвищенню міцності і твердості, збільшенню опору сталі окисленню при високій температурі. Разом з ванадієм використовується сильна нітридо - і карбідоутворююча добавка.

Титан вводять в деякі сталі (0,01-0,1%) для подрібнення зерна і підвищення механічних властивостей; він зменшує схильність корозійностійких сталей до межкристалітної корозії.

Цирконій впливає на властивості сталі приблизно так само, як алюміній.

Кобальт підвищує в'язкість і теплостійкість сталі, мало впливає на твердість.

Бор вводять в середньовуглецевих конструкційних сталі (0,002-0,005%) для підвищення прожарювальності.

Мідь вводять в деякі низьколеговані конструкційні будівельні сталі (0,2-0,6%) для підвищення корозійної стійкості сталі в атмосферних умовах.

Свинець вводять в деякі сталі (0,15 – 0,3%) для поліпшення їх оброблюваності на токарних верстатах; підвищення зносостійкості ріжучого інструменту і поліпшення якості оброблюваної поверхні.

Азот є шкідливою домішкою для більшості сталей (вуглецевих, низьколегованих); знижує пластичні властивості, ударну в'язкість, підвищує крихкість при низьких температурах, підвищує схильність до старіння (окрихчування з часом унаслідок поступового виділення в об'ємі сталевих виробів надлишкового азоту у вигляді нітриду).

У ряд легованих сталей азот вводять як замітник нікелю. Деякі низьколеговані сталі (сталі з карбонитридним зміцненням) легують азотом, одночасно вводячи в неї нітридоутворюючі елементи (V, Nb). Виділення всього азоту у вигляді нітриду зміцнює сталь, робить її нестаріючою.

Водень підвищує крихкість сталі, викликає в багатьох сталях утворення флокенів і інших дефектів (плямиста ліквіація, тріщини, пористість і ін.).

1.8 Висновки до розділу 1

1. Киснево-конвертерний процес являє собою один з видів переділу рідкого чавуну в сталь без витрат палива шляхом продувки чавуну в конвертері технічно чистим киснем. Переваги киснево-конвертерного

способу виробництва сталі - висока продуктивність, екологічна чистота, простота управління, низькі питомі капіталовкладення, велика гнучкість як в частині здійснення технологічних варіантів, так і у виборі сировинної бази, можливість виробництва високоякісної сталі широкого сортаменту з чавуну різного хімічного складу, переробка щодо великої кількості металобрухту забезпечили його швидке поширення у світі.

2. У першому розділі розглядається опис марок сталі, що виплавляються, сировинні матеріали, конструкція кисневого конвертера з верхнім продуванням, технологія виплавки конверторної сталі, опис конвертерного цеху та його прольотів.

2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика ступеня безпеки конвертерного процесу і устаткування

Безпека технологічних процесів визначається безпекою виробничого устаткування, використовуваних сировини і матеріалів і технологічних операцій.

Киснево-конверторний процес є прогресивним способом виплавки сталі і має ряд переваг в порівнянні з мартенівським. При однаковому сортаменті і якості сталі, що виплавляється, сучасний конверторний процес характеризується великою продуктивністю (тривалість циклу плавки складає 25-40 хв), хорошими техніко-економічними показниками, високою мірою механізації і автоматизації. Є багато різновидів конверторного процесу для переділу чавунів різного хімічного состава, при яких застосовується порошкоподібне вапно або інші шлакотворні матеріали, але принцип процесу майже однаковий. Різко підвищена частота плавок, отже, збільшено число небезпечних операцій заливки чавуну в конвертер і випуску готової сталі. Від чіткості виконання цих операцій багато в чому залежить безпека праці [14].

При продуванні чавуну киснем в зоні високих температур випаровується залізо і утворюється бурий дим, який полягає з найдрібніших часток заліза. Для очищення конверторних газів, що містять до 120 г/м³ часток пилу, встановлюються спеціальні газоочистки, які запобігають забрудненню повітряного басейну.

Тракти конверторних цехів, що газовідводять, бувають трьох основних систем: з повним допалюванням окислу вуглерода, з частковим її допалюванням і без допалювання. Всі три системи трактів, що газовідводять, застосовують в практиці. Найнадійнішими з них в відношенні вибухобезпечності є тракти, що газовідводять, з повним допалюванням

окислу вуглецю. При правильній експлуатації і дотриманні необхідних заходів безпеки всі системи працюють надійно. Проте при порушенні елементарних правил експлуатації цих систем, як показала практика, можуть відбуватися «хлопки» і навіть вибухи.

Міра очищення конверторних газів від пилу повинна бути дуже високою (99,9%), оскільки по санітарних нормах допускається не більше 100 мг/м³ газів, які викидаються в атмосферу. При цьому середньодобова концентрація пилу в приземному шарі повинна складати не більше 0,15 мг/м³.

Процес конвертерної виплавки сталі супроводжується викидами розплавленого металу і шлаку. Крім того, процес продування супроводжується виділенням великої кількості відходів продування у вигляді розжарених газів і дрібнодисперсного пилу. Для уловлювання пилу необхідне спорудження спеціальних дорогих установок. Вживанням кисню в технологічному процесі і наявністю в киснево-конвертерному цеху багаточисельних киснепроводів обумовлюються специфічні особливості організації в ньому робіт.

Необхідність доставляти в киснево-конвертерний цех в одиницю часу і вивозити з нього значно більше чавуну, руду, вогнетриви і інші матеріали, чим з інших сталеплавильних цехів, різко підвищує інтенсивність роботи залізничного транспорту.

Тому основними умовами безпеки є спеціалізація залізничних колій і відсутність перетину цих шляхів іншими.

Ведуться роботи із створення і впровадження автоматизованих систем управління плавкою, що включають контроль основних технологічних параметрів в ході процесу без повалки конвертора.

Український державний проектний інститут «Металургавтоматика» розробив для конверторних цехів раціональну компоновку головного поста керування, щита і пульта керування конвертором. На щиті і пульті оператора розміщена апаратура управління нахилом конвертора, кисневою фурмою,

режимом продування ванни, дозуванням сипких матеріалів, вмонтовані цифрові показчики і контрольно-вимірювальні прилади основних технологічних параметрів плавки. Найбільш відповідальні і часто використовувані органи управління і відображення інформації розміщені на пульті з врахуванням радіусу дії рук і оптимального кута огляду. Робоча зона пульта наближена до оператора і тим самим забезпечена можливість роботи в положенні сидячи. При будь-якому з відхилень включається сигнальна лампа та дається імпульс на подйом фурми з конвертора. Подача кисню автоматично припиняється.

До порушень технологічного процесу, що пов'язано із впливом зовнішніх чинників, слід віднести можливість недотримання технології підготовки металобрухту (підвищена вологість, наявність мастила), нерівномірність подавання кисню, а також перебої постачання енергії. Такі порушення можуть призвести до виплесків металу та шлаку, пошкоджень футерівки, а також небезпечних зупинок процесу плавки [15, 16].

Подавання кисню та відведення продуктів згоряння здійснюють за допомогою пристроїв, що охолоджують водою, несправність яких може призвести до екстремальних відхилень процесу під час контакту рідкого металу та шлаку з водою [15].

Значну небезпеку представляє наявність вологи у футерівці ковшів під час заливання сталі. Знаходячись під рідиною з температурою 500 °С, вологі матеріали охолоджують прилеглі її шари та створюють тверду кірку, під якою здійснюються випаровування та розкладання води з утворенням гримучої суміші. Вибух у цьому разі відбувається наприкінці заповнення ковша сталлю або на початку її розливання у виливниці.

Викиди розплавленого металу та шлаку із горловини конвертора під час продування киснем створюють небезпеку травмування обслуговуючого персоналу, а також призводять до втрат металу, що може досягати 3 % його маси. Суттєвого зменшення аварійних ситуацій у конвертерах досягають

використанням випарного охолодження [14], коли невелику масу гарячої води у холодильниках перетворюють на пару.

Небезпечним явищем є можливість втрати металу з конверторів і сталерозливних ковшів через порушення їх герметичності [15]. Так, у нижній частині конвертора на його футерівку систематично діють значні динамічні навантаження у період завантаження металобрухту.

Зношення футерівки відбувається завдяки реакції її компонентів з оксидом кремнію шлаку, що має кислотні властивості. Порушення цілісності футерівки за певних умов може призвести до виливання металу з нижньої або бічної частини кожуха конвертора [15].

Наявність у конвертерному цеху численних кисневопроводів потребує специфічної організації робіт та значних площин для їх прокладання. Інтенсивність вантажних потоків є значно вищою, ніж в інших сталеплавильних виробництвах, що потребує більшої ретельності дотримання умов безпеки та наявності кваліфікованих спеціалістів.

2.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища конвертерного цеху

У конвертерних цехах створюються несприятливі умови для обслуговуючого персоналу. Основні виробничі шкідливості наступні: теплові випромінювання від технологічного устаткування (конвертора, установки піч-ківш, МБЛЗ) і розплавленого металу та шлаку; газовиділення, що утворюються при продуванні конвертера; пиловиділення, що утворюються при транспортуванні сипких матеріалів, продуванні конвертера, сливі чавуну з ковша в конвертер, випуску сталі і шлаку з конвертера [17].

Основні джерела безпеки конвертерного виробництва наступні: рухомі частини механізмів і устаткування, переміщення вантажів, розплавлений метал і шлак, що обертаються; електроустаткування конвертерного цеху.

Процес конвертерної виплавки сталі супроводжується викидами розплавленого металу і шлаку. Крім того, процес продування супроводжується виділенням великої кількості розжарених газів і дрібнодисперсного пилу.

Джерелами тепла, що супроводжуються інфрачервоним, видимим і ультрафіолетовим випромінюваннями, є рідкий метал і шлак; гарячі кожухи конвертерів, чавуновозних і сталерозливних ковшів, шлакових чаш; гаряче футерування конвертерів і ковшів. У розливному прольоті велику кількість тепла і розжарених газів виділяє розплавлений метал, що розливається у МБЛЗ. Інтенсивність теплоопромінення на цих ділянках вагається в значних межах – від 300 до 9000 Вт/м². Особливо великому тепловому опроміненню піддаються конверторники при узятті проби, вимірі температури, огляді і ремонті горловини конвертера [18].

При продуванні конвертерів, при сушці відремонтованих конвертерів і сталерозливних ковшів в повітря виробничих приміщень потрапляють токсичні гази, концентрація яких у ряді випадків перевищує санітарні норми.

Найбільш високі концентрації оксиду вуглецю і сірчистого газу мають місце на майданчику над працюючим конвертером в зоні газових пальників котла-утилізатора.

Середня кількість пилу, що міститься в конвертерних газах, складає 50-300 г/м³. Конвертерний пил складається в основному з оксидів заліза і містить 60-65 % Fe, 2-6 % Mn, решта SiC>2, CaO, Al₂O₃ та інших оксидів. Близько 80% часток пилу мають розміри до 0,5 мкм. Кількість пилу з частками більше 1 мкм складає всього 5-15 % [18]. Такий пил відноситься від конвертера на великі відстані і довгий час вітає в повітрі.

У великих кількостях виділяють пил шихтові матеріали, кладка конвертерів і сталерозливних ковшів при її руйнуванні під час ремонту. У міксерних відділеннях пил і гази виділяються в період заповнення міксерів і зливу з них чавуну. На 1 м пропущеного через міксер чавуну через аераційні ліхтарі виділяється близько 60 г пилу і 370 г оксиду вуглецю.

Експлуатація різного устаткування (рух електромостових кранів, машин завалень, газових потоків по газопроводах і т.п.) в конвертерному цеху супроводжується інтенсивним шумом, значно погіршуючи умови праці робітника. Джерелами шуму також є сам конвертер, трансформатори, пересувні залізничні крани, механізми і інше устаткування. Рівень шуму розрізняється залежно від виробничої ділянки, часто він може досягати 100 дБ і більш. Вібрацію створюють ті ж агрегати, які є джерелами шуму.

Із-за наявності в конвертерних цехах великих кількостей надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може спричиняти порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом, який утримує в крові воду. Вимивання сполучень хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань.

Несприятливий вплив високих температур повітря посилюється дією випромінюваного тепла. Дії теплового опромінення на органи зору спричиняє, головним чином, тепловий ефект. При інтенсивності опромінення може виникнути катаракта очей [19].

У таблиці 2.1 представлена оцінка чинників виробничого і трудового процесу для сталевара конверторів.

Умови і характер праці відносяться до III класу 3 ступеня по шуму, мікроклімату та інфрачервоному випромінюванню. Робоче місце має 4 чинники I ступеня і 2 чинника II ступеня, 3 чинники III ступеня. За показниками робоче місце сталевара слід вважати з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1.

Таблиця 2.1 – Оцінка факторів виробничого трудового процесу сталевара

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Норматив. значення (ГДК, ГДУ)	Фактич. значен.	Шкідливі і небезпечні умови и характер труда			Тривал. дії фактора за зміну, %
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³					-	100
	1 класс: хром	0,01	0,036	-	3,6р	-	
	нікель	0,05	0,125	-	2,5р	-	
	марганець	0,05	0,2	-	4р	-	
	бенз(а)пірен	0,00015	0,00026	1,7р	-	-	
	2 класс: мідь	1,0	1,15	1,15р	-	-	
	3-4 класс: CO	20,0	80	4р	-	-	
SO ₂	10,0	37,5	3,75р	-	-		
NO	5,0	29,5		5,9р	-		
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4,0	143	-	-	35,8 р.	100
3	Шум, дБА	80	89	-	9	-	80
4	Мікроклімат приміщення: температура повітря, °С						100
	теплий період	16...27	34	-	-	7	
	холодний період	15...21	14	1	-	-	
	Швидкість руху повітря, м/с						
теплий період	<0,5	0,8	1,6р	-	-		
холодний період	<0,4	0,8	2р	-	-		
Відносна вологість виробництва							
теплий період	<70	50	-	-	-		
холодний період	<75	55	-	-	-		
Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	3000	-	-	3000	90	

2.3 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища проєктованого конвертерного цеху

Для досягнення нормативних показників використовують інженерні рішення, що забезпечують комфортні умови праці та дозволяють безпечно експлуатувати технологічне обладнання.

Пил, який шкідливо впливає на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха, а також проникаючи в легені, може викликати специфічні

професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін. [20].

Для зменшення кількості газів і пилу забезпечуємо конвертери пилогазоочисними спорудами, припливно-витяжною вентиляцією.

Для захисту від пиловиділення застосовуємо герметизацію операцій, пов'язаних з просіюванням, змішуванням і транспортуванням сипких матеріалів і аспірацію пилу з місць її утворення.

Тривала дія шуму може призвести до зниження слуху, а інколи до глухоти. Шум негативно діє на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для захисту працюючих від шуму звукоізолюємо вбудовані приміщення - пости управління, кімнати відпочинку і т.п. Для зниження шуму агрегатів (електродвигунів, насосів) використовуємо звукоізолюючий кожух, який виготовляється з листів сталі завтовшки 2-3 мм, в яких укладають або весь агрегат, або його шумлячі вузли, а внутрішні поверхні облицьовуємо звукопоглинальними матеріалами. Ослаблення шуму повітря(газо)- проводів досягаємо застосуванням глушників.

Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може спричинити порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом, який утримує в крові воду. Вимивання сполучень хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань.

Для видалення конвекційного тепла в цеху застосовуємо аерацію, шляхом установки двох аераційних ліхтарів типу КТИС на покрівлі будівлі цеху. Ще однією мірою боротьби з теплонадлишками є організація на робочому місці конверторника повітряного душу.

Пост керування кисневим конвертором повинен бути зроблений тепло- і звуко- ізолюваним з подачею в нього кондиційованого повітря. Стіни поста

керування виконуємо двошаровими – з вогнетриву і ізоляції. Матеріал вогнетриву – червона цегла, матеріал теплоізоляції – скловолокно.

Також, для безпеки робіт застосовуємо індивідуальні засоби захисту [20]:

- спеціальний одяг з суконної тканини для оберігання тіла від бризок розплавленого металу і променистої енергії, від теплових випромінювань – льняні і бавовняні тканини з вогнетривким просоченням, від поразки струмом – прогумований одяг і діелектричні рукавички або рукавиці;

- спеціальне взуття з шкіри і кожозамінювачей для захисту ніг працівників від дії небезпечних виробничих чинників, для захисту від електроструму застосовують спеціальні прогумовані боти;

- захисні окуляри і щітки для захисту очей і особи від дії на них твердих часток, бризок рідкого металу, ультрафіолетового, і інфрачервоного випромінювання;

- захисні засоби органів дихання – безхлипакові респіратори марки ШБ (ШБ-2 «пелюстка») і клапанні респіратори типів КЗМ, РН- 16, Ф- 46 та ін., а також протигази, що фільтрують;

- захисні засоби органів слуху – вкладиші протигаласливі «Беруши», спеціальні шумоізолюючі шоломи і антифони, що мають спеціальну конструкцію (противошум-подшлемник і заглушки чашки).

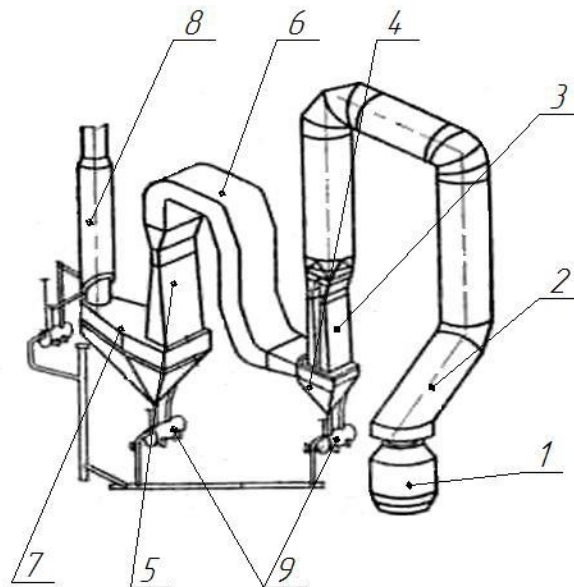
При продувці рідкого чавуну киснем у конверторі відбувається вигорання з чавуну вуглецю та інших домішок. Утворений продукт згорання (конверторний газ) містить в основному оксид вуглецю (85-90%), діоксид вуглецю (8-14%), а також невелику кількість кисню, азоту та деяких інших речовин, наприклад, сірки. За даними, кількість сірки, що виходить з газової фази за плавку, складає 7-8% від вмісту сірки в шихті [20].

В зоні зіткнення кисню з чавуном в конверторі розвивається висока температура (до 3000°C), при якій випаровуються оксиди заліза та інших домішок. Ці пари разом з конверторним газом охолоджуються та конденсуються, утворюючи велику кількість маленьких часток пилу. Окрім

цього, конверторний газ виносить маленькі частинки руди, вапна та інших домішок, що завантажуються в конвертор у процесі плавки. На 1 т плавки в конверторі утворюється до 90 м³ газу та до 20 кг пилу. Пил складається в основному з заліза та його оксидів (60-70%). Запиленість конверторного газу при виході з конвертора може досягати 250 мг/м³.

Для очищення відхідних газів конвертерних печей застосовують два способи: мокре очищення в скруберах Вентурі, мокрих електрофільтрах і сухе очищення в тканинних фільтрах, сухих електрофільтрах.

Для очищення конвертерних газів з допалюванням оксиду вуглецю застосовують швидкісні пиловловлювачі з високонапірними трубами Вентурі круглого або прямокутного перетину. Крупний пил і краплі шламу осідають в бункерах, на яких встановлені труби Вентурі, а укрупнений пил — в відцентровому скрубєрі (рис. 2.1).



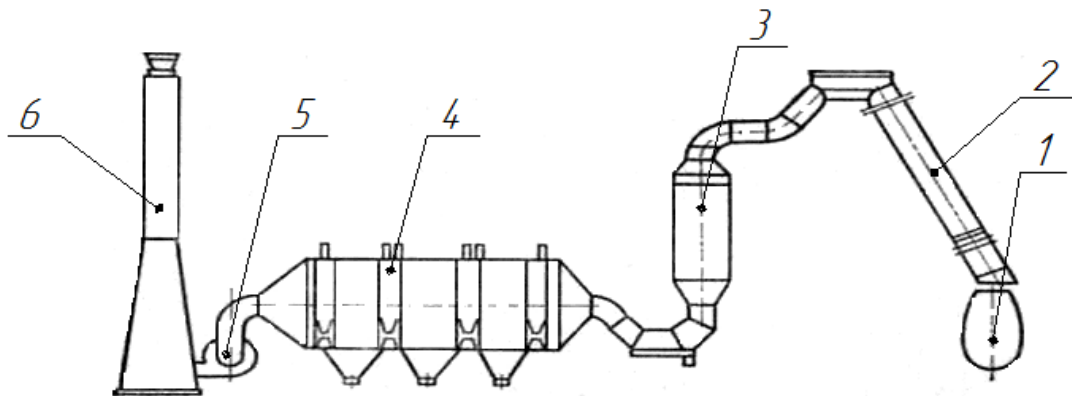
1 – конвертер; 2 – газовідвідний тракт; 3 – низьконапірна труба Вентурі; 4 – бункер-краплевловлювач; 5 – високонапірна труба Вентурі; 6 – газохід; 7 – інерційний пиле- і бризковловлювач; 8 – відцентровий пиловловлювач; 9 – гідрозасув

Рисунок 2.1- Схема очищення конвертерного газу з допалюванням оксиду вуглецю і охолодженням газу в прямокутних трубах Вентурі

Очищення конвертерних газів без допалювання оксиду вуглецю здійснюють без доступу повітря в газовий тракт. Тому на газоочистку поступають лише конвертерні гази, а не продукти їх згорання.

Необхідна концентрація пилу на виході з системи 50 мг/м^3 забезпечується на всіх режимах роботи конвертера при гідравлічному опорі скрубера Вентурі 14 кПа .

Використання сухого способу очищення газів, що відходять від конвертерних печей в електрофільтрах (рис. 1.2) можливо за умови зволоження газів, що поступають до системи очищення.



1 – конвертер; 2 – котел-утилізатор; 3 – порожнистий випарний скруббер; 4 – сухий пластинчастий електрофільтр; 5 – димосос; 6 – димова труба

Рисунок 1.2 – Схеми очищення конвертерних газів в сухих електрофільтрах

Експлуатуються наступні типи електрофільтрів: пластинчаті, горизонтальні з S-образними осаджувальними і штиковими коронуючими електродами, а також ці фільтри, але лише штикові електроди замінені стрічковими голковими.

Сухі електростатичні фільтри працюють стійко при певній температурі і вологості вхідного газу. Для забезпечення цих умов сухому електрофільтру передуює стабілізатор-вежа висотою до 20 м і діаметром 4-5 м, обладнана соплами для тонкого розпилу води. Кількість води, що вприскується,

регулюється автоматично по температурі газів на виході з сухого фільтру, рівною 140-160 °С [20].

Для видалення пилу, що збирається на осаджувальних електродах, користуються магнітним імпульсом; крім того, на підвісній рамі укріплені молоточки, які збивають пил. Коронуючі електроди очищають від пилу електромагнітним вібратором. Ефективність очищення фільтрів залежить від якості роботи молоточків і вібраторів.

Через такі фільтри можна пропускати продукти згорання, що містять не більше 5-6% CO.

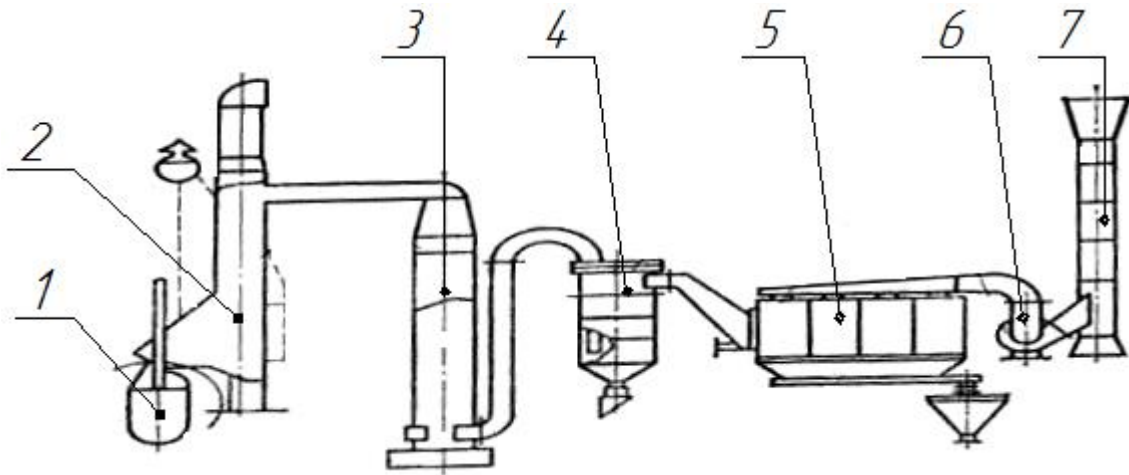
Осаджувальні електроди очищаються від пилу безперервно; видача ж пилу з електрофільтру в пилозбірний бункер відбувається періодично між продуваннями. Пил видається у вагони шнековими живильниками, забезпеченими зволожувачами.

Експлуатуються також мокрі електрофільтри, їх включають в газовий тракт, після котлів-утилізаторів і скрубера. Через електрофільтр проходять продукти згорання конвертерних газів. Після котла-охолоджувача з примусовою циркуляцією газу при 1100°С поступають в два паралельні скрубери (злегка нахилених до горизонту) і потім при 77° С – у вертикальний трубчастий електрофільтр. Фільтр складається з 1000 труб. Труби є осаджувальними електродами; усередині кожної труби є коронуючий електрод. Робоча напруга складає 40 кВ.

Фільтрація в тканинних фільтрах вимагає ретельного підбору тканини, що фільтрує. Конвертерний пил, неоднорідний по хімічному складу, утворює на тканині шар, через пори якого проникає лише газ. Цей шар сприяє подальшій коагуляції часток.

На рис. 1.3 приведена схема очищення конвертерних газів в тканинних фільтрах. Для підтримки необхідної температури газів перед тканинним фільтром їх пропускають через випарний скрубер або підключають термостати, регулюючи подачу додаткового повітря. Вміст пилу після тканинного фільтру складає 20 мг/м³.

Очищення тканинних фільтрів здійснюється струшуванням. При роботі в системах з повним спалюванням газів струшування і перемикання секцій відбувається автоматично у будь-який момент продування.



1 – конвертера; 2 – водоохолоджуваний камін; 3 – акумулятор; 4 – випарний скруббер; 5 – тканинний фільтр; 6 – димосос; 7 – димова труба.

Рисунок 1.3 – Схема очищення димових конвертерних газів в тканинних фільтрах

2.4 Заходи з електробезпеки

Електроустаткування конвертерного цеху різноманітно. Сюди входять синхронні й асинхронні електродвигуни змінного струму й інше устаткування напругою вище 1000 В, а також електродвигуни, апаратура керування, кранове електроустаткування, внутрішньоцехові електромережі напругою до 1000 В.

До основного електроустаткування конвертерів відносяться автоматичні вимикачі, пічні трансформатори, коротка мережа, автоматичні регулятори пересування кисневої фурми та ін.

Небезпека електричних поразок в конвертерному цеху створює різне устаткування: електричний привід (включаючи пускорегулюючу апаратуру),

електроустаткування підйомно-транспортних пристроїв, електрифікований внутрізаводський транспорт, зварювальні апарати, освітлювальні установки, електричний ручний інструмент і т.д.

При експлуатації електродвигунів замкнутого типу можливий випадковий дотик до проводів, що підводять електрострум, виводи яких знаходяться на сполучних клемах клемної коробки на корпусі електродвигуна, у разі її незахищеності. На особливу увагу заслуговують переносні електродвигуни, які вживаються при експлуатації різних переносних електроінструментів. Якщо корпус такого електродвигуна опиняється під напругою, то внаслідок щільного контакту з великою поверхнею зіткнення створюється небезпека важкої поразки електричним струмом працюючих [21].

При напрузі до 1000В в киснево-конверторному цеху застосовуємо чотирипровідну з глухозаземленою нейтраллю схему мереж трифазного струму (напругою 380/220В). При напрузі вище 1000В застосовуємо трипровідну з ізольованою нейтраллю схему трифазних мереж.

Захисні засоби від електроструму: ізолюючі штанги - використовують при проведенні робіт під напругою з роз'єднувачами високої напруги; ізолюючі кліщі для включення запобіжника; діелектричні килимки із спеціальної гуми завтовшки 3-5 мм для установок до 1000 В і 7-8 мм понад 1000 В.

Для зменшення небезпеки поразки електричним струмом усі металеві частини конструкцій заземлюємо [22].

2.5 Заходи з пожежної безпеки

По вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці конвертер, а також розливний проліт, відноситься до категорії А. До категорії Б відноситься система газоочищення конвертерного газу, міксерне відділення і

завантажувальний проліт. До категорії Г відноситься відділення підготовки шихти.

У конвертерному цеху вибухи відбуваються головним чином або при контакті розплавленого металу і шлаку з водою або вологими матеріалами, або внаслідок бурхливого протікання хімічних реакцій при продуванні, розкислюванні і розливанні сталі. Вибухи у фурмах дуже небезпечні, тому що при цьому відкривається склепіння і через фурмений отвір викидаються на робочий майданчик розжарені кокс і газу, які в атмосфері запалюються і горять, утворюючи довгі язички полум'я.

Певну пожежну небезпеку представляють машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ). На МБЛЗ можливе виникнення пожежі біля рольгангів на ділянці видачі слябів при розриві гумових шлангів гідросистем з мастилом, що приводить до попадання мастила на розжарені сляби і моментального виникнення пожежі. Передбачаємо в районі рольгангів установку стаціонарної дренчерної системи пожежогасіння з ручним і дистанційним пуском.

Для обмеження поширення вогню використовуємо матеріали, що не згорають. У місцях введення газопроводів в підвальні приміщення будівлі встановлюємо дренажні пристосування, що запобігають проникненню газу в ці приміщення. Місце розташування пожежного депо - чотири кілометри від цеху. Протипожежні перешкоди в цеху: протипожежні стіни з межею вогнестійкості – 2,5 год; протипожежні перекриття – 1,0 год; протипожежні двері, вікна, люки, ворота – 1,0 год.

Внутрішній протипожежний водопровід передбачаємо для будівель і приміщень з установкою пожежних кранів.

Як технічні засоби виявлення пожежі в приміщеннях цеху, що захищаються, встановлюємо теплові пожежні сповісники і димові сповісники марок С-2000-СМК. У зовнішніх виходів передбачаємо ручні пожежні сповісники марки БолідИПР-513-3А. Установка пожежної сигналізації

призначена для виявлення пожежі, видачі звукового світлового сигналів про спрацьовування пожежних сповісників.

Автоматичні установки аерозольного і порошкового пожежогасіння модульного типу (АУП), які встановлюємо в приміщеннях цеху з електричним устаткуванням, призначені для виявлення вогнища пожежі, подачі сигналу про пожежу в приміщенні чергового персоналу, подачі і розподілу вогнегасящої речовини в приміщення, що захищаються, локалізації і ліквідації пожежі в початковій стадії.

В проєктованому конверторному цеху передбачаємо установку вибухозахисного електроустаткування, автоматичних вимикачів, що не допускають перегрівання електричних приладів.

Для захисту кабельних споруджень, як для однієї з головних завдань захисту конверторного цеху від вогню, передбачаємо установки автоматичної пожежної сигналізації, монтаж стаціонарних систем гасіння пожеж. У конвертерному цеху кабельні тунелі й підвали оснащуємо протипожежними перешкодами, неспаленими перегородками. Автоматична пожежна сигналізація встановлюється в усіх кабельних приміщеннях. Вона складається з датчиків, лінійної мережі й прийомної станції. Застосовуємо датчики теплові й димові, які встановлюють на стелі.

Кабельні приміщення в конверторному цеху обладнуємо стаціонарними засобами гасіння пожеж. Для гасіння пожеж кабелів застосовуємо повітряно-механічну піну. Для гасіння пожеж застосовуємо хімічні пінні вогнегасники ОХП-10 і вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 і ВВ-8, а також пересувні ВВ-25 і ВВ-80 [23].

Блискавкозахист будівель і споруди конвертерного цеху передбачаємо згідно вимог діючих норм [24], з використанням як заземлювачів, в основному, залізобетонних фундаментів будівель і споруд. Як блискавкоприймач використовуємо сталеву сітку, що накладається на покрівлю будівель.

У конверторному цеху у виробничих будівлях передбачаємо евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації людей, що перебувають в будівлі, у разі виникнення пожежі або аварії. Передбачаємо мінімум два евакуаційні виходи. Ширина всіх евакуаційних виходів (дверей) перевищує 0,8 м, що відповідає нормам [23].

2.6 Висновки до розділу 2

1. Процес конвертерної виплавки сталі супроводжується викидами розплавленого металу і шлаку. Крім того, процес продування супроводжується виділенням великої кількості відходів продування у вигляді розжарених газів і дрібнодисперсного пилу.

2. Основними виробничими шкідливими чинниками конвертерного цеху є: газовиділення, пилевиділення, тепловиділення від технологічного устаткування, розплавленого металу і шлаку, шум. Основні джерела небезпеки конвертерного виробництва наступні: рухомі частини механізмів і устаткування, переміщення вантажів, розплавлений метал і шлак, що обертаються; електроустаткування конвертерного цеху.

3. Дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара конвертора. Умови і характер праці відносяться до III класу 3 ступеня по шуму, мікроклімату та інфрачервоному випромінюванню. Робоче місце має 4 чинники I ступеня і 2 чинника II ступеня, 3 чинники III ступеня. За показниками робоче місце сталевара слід вважати з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці.

3 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок теплоізоляції поста керування конверторника

При розробці мір захисту від теплових випромінювань варто виходити з фактичних величин інтенсивності теплових опроміненнь на робочих місцях, Вт/м²:

$$E = \frac{0,91 \cdot \sqrt{F} \left[\left(\frac{T_{\text{випр.}}}{100} \right)^4 - A \right]}{r},$$

де E - інтенсивність теплових опроміненнь, Вт/м²;

F - площа випромінюваної поверхні, м²;

$T_{\text{випр.}}$ - температура поверхні, К;

r - відстань від центра випромінюючої поверхні до об'єкта, що опромінюється, м;

$A=110$ для спецодягу із сукна [25].

Площа горловини кисневого конвертора становить $F \approx 19,55$ м², інтенсивність теплових опроміненнь на робочому місці $E = 3000$ Вт/м². Таким чином, можна визначити температуру на зовнішній поверхні стінки поста керування:

$$E = \frac{0,91 \cdot \sqrt{19,55} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{випр.}}}{100} \right)^4 - 110 \right]}{1} = 3000 \text{ Вт/м}^2, \Rightarrow T_{\text{випр.}} = 541 \text{ К} = 268 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Теплоізоляція поста керування повинна забезпечити температуру поверхні стінки усередині поста $t_{\text{ст.}}=35^\circ\text{C}$ [25], температура повітря всередині поста $t_{\text{вс.п.}}=25^\circ$, температура джерела тепловипромінювання (кисневий конвертер) $t_{\text{випр.}} = 268$ °С, товщина шару вогнетриву $\delta_{\text{в}}=0,3$ м. Необхідно знайти товщину шару ізоляції δ , що забезпечує задану $t_{\text{вс.п.}}$.

Питомий тепловий потік через стінку поста керування, Вт/м²:

$$q = \alpha_1(t_{\text{випр.}} - t_{\text{зов.ст.}}) = \frac{\lambda_B(t_{\text{зов.ст.}} - t_{\text{ш.}})}{\delta_B} = \frac{\lambda_I(t_{\text{ш.}} - t_{\text{ст.}})}{\delta_I} = \alpha_2(t_{\text{ст.}} - t_{\text{вс.п.}}),$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітого зовнішнього повітря зовнішній стінці поста, Вт/м²К; $\alpha_1=50$ Вт/м²К [26];

$t_{\text{зов.ст.}}$ – температура зовнішньої поверхні стінки, °С;

$t_{\text{ш.}}$ – температура між шарами вогнетриву й теплоізоляції, °С;

λ_B, λ_I – коефіцієнт теплопровідності відповідно вогнетриву й ізоляції, Вт/м²К;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки повітря усередині поста керування, Вт/м²К.

На рисунку 3.1 показана розрахункова схема теплоізоляції стінки поста керування.

Коефіцієнт тепловіддачі можна розрахувати за формулою, Вт/м²К:

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(t_{\text{ст.}} - t_{\text{вс.п.}}) - 4,74 \cdot 10^{-4}(t_{\text{ст.}} - t_{\text{вс.п.}})^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(t_{\text{ст.}} - t_{\text{вс.п.}})^3;$$

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(35 - 25) - 4,74 \cdot 10^{-4}(35 - 25)^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(35 - 25)^3 = 10,5 \text{ Вт/м}^2\text{К.}$$

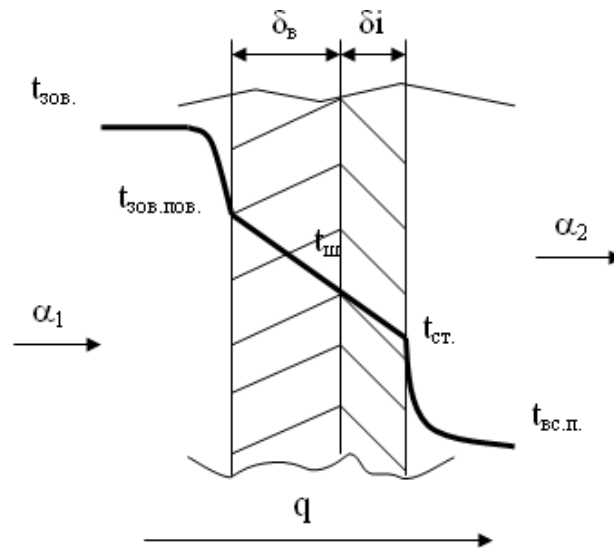
Питомий тепловий потік через стінку поста можна визначити по формулі:

$$q = \alpha_2(t_{\text{ст.}} - t_{\text{вс.п.}}) = 10,5(35 - 25) = 105 \text{ Вт/м}^2.$$

Температуру зовнішньої поверхні стінки посту можна визначити з формули питомого теплового потоку:

$$q = \alpha_1(t_{\text{випр.}} - t_{\text{зов.пов.}});$$

$$t_{\text{зов.пов.}} = t_{\text{випр.}} - q/\alpha_1 = 268 - 105/50 = 266 \text{ }^\circ\text{С.}$$



$\delta_{\text{в}}, \delta_{\text{і}}$ - товщина шару відповідно вогнетриву й ізоляції, м; $t_{\text{зов.}}$ - температура зовнішнього повітря, °С; $t_{\text{зов.пов.}}$ - температура зовнішньої поверхні поста керування, °С; $t_{\text{ш}}$ - температура між шарами вогнетриву й теплоізоляції, °С; $t_{\text{ст.}}$ - температура внутрішньої стінки поста, °С; $t_{\text{вс.п.}}$ - температура повітря всередині поста, °С; α_1, α_2 - коефіцієнти тепловіддачі відповідно від нагрітого повітря зовнішній стінці поста керування й від внутрішньої стінки повітря усередині поста, Вт/м²К; q - питомий тепловий потік через стінку, Вт/м².

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема теплоізоляції поста керування.

Орієнтовно приймаємо температуру між шарами вогнетриву й ізоляції, °С:

$$t_{\text{ш}} = 0,75(t_{\text{зов.пов.}} + t_{\text{ст.}}) = 0,75(266 + 35) = 169 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Знаходимо середню температуру шару вогнетриву, °С:

$$t_{\text{в}} = 0,5(t_{\text{зов.пов.}} + t_{\text{ш}}) = 0,5(266 + 169) = 217,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

При цій температурі визначаємо теплопровідність вогнетриву, Вт/мК:

$$\lambda_{\text{в}} = a + b \cdot 10^{-4} t_{\text{в}},$$

де a , b – коефіцієнти для матеріалу вогнетриву; для червоної цегли $a = 0,466$, $b = 5,12$ [25].

$$\lambda_B = 0,466 + 5,12 \cdot 10^{-4} \cdot 217,5 = 0,58 \text{ Вт/мК.}$$

Уточнюємо температуру між шарами з формули питомого теплового потоку:

$$q = \frac{\lambda_B (t_{\text{ЗОВ.ПОВ}} - t_{\text{Ш}})}{\delta_B};$$

$$t_{\text{Ш}} = t_{\text{ЗОВ.ПОВ}} - \frac{q \cdot \delta_B}{\lambda_B} = 266 - \frac{105 \cdot 0,3}{0,58} = 211,7^\circ \text{C}.$$

Знайдемо середню температуру шару ізоляції, коефіцієнт теплопровідності ізоляції й товщину шару ізоляції з рівняння питомого теплового потоку через стінку поста керування:

$$t_i = \frac{t_{\text{Ш}} + t_{\text{СТ}}}{2} = \frac{211,7 + 35}{2} = 123^\circ \text{C}.$$

Для матеріалу ізоляції – скловолокно $a = 0,04$ і $b=3$ [25], тоді коефіцієнт теплопровідності ізоляції дорівнює:

$$\lambda_i = 0,04 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot t_i = 0,04 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 123 = 0,077 \text{ Вт / мК};$$

$$\delta_i = \frac{\lambda_i (t_{\text{Ш}} - t_{\text{СТ}})}{q} = \frac{0,077(211,7 - 35)}{105} = 0,13 \text{ м.}$$

Таким чином, щоб захистити конверторника від шкідливого і небезпечного впливу теплового випромінювання, необхідно на робочому місці встановити пост керування з червоної цеглини із шаром ізоляції з скловолокна товщиною 0,13 м.

3.2 Розрахунок повітряного душу для захисту працюючих від перегрівання

Для захисту працюючих від перегрівання (при дії на них теплового опромінення інтенсивністю 350 Вт/м^2 і більш) передбачається повітряне душирування робочих місць.

Потрібно влаштувати повітряне душирування робочого місця конвертерника. Інтенсивність теплового опромінення конвертерника 3000 Вт/м^2 . Температура повітря в робочій зоні $t_{p.з.} = 34 \text{ }^\circ\text{C}$, температура повітря на робочому місці $t_{p.м.} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, швидкість повітря на робочому місці $v_{p.м.} = 2,5 \text{ м/с}$. Відстань від душуючого патрубку до робочого місця $x = 2 \text{ м}$.

Повітря подається системами повітряного душирування робочих місць через спеціальні патрубки, що дозволяють змінити напрям повітряного потоку. Повітряний душ направляють на робоче місце горизонтально або зверху під кутом 45° .

Температура повітря на виході з душуючого патрубку, $^\circ\text{C}$:

$$t_0 = t_{\phi.к.} + \Delta t,$$

де $t_{\phi.к.}$ – температура повітря на виході з камери форсунки, $^\circ\text{C}$;

Δt – нагрів повітря у вентиляторі і повітроводах між форсуночною камерою і душуючим патрубком, $^\circ\text{C}$; $\Delta t = 1,5 \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$t_0 = 18 + 1,5 = 19,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При $t_{p.м.} > t_0$ приймається адіабатичне охолодження повітря. Розрахунок душирування зводиться до визначення площі душуючого патрубку з умови забезпечення нормованих параметрів повітря на робочому місці.

Площа душуючого патрубку, м^2 :

$$F_0 = \left[\frac{(t_{p.з.} - t_{p.м.}) \cdot x}{(t_{p.з.} - t_0) \cdot n} \right]^2,$$

де $t_{p.z.}$ – температура повітря в робочій зоні, $t_{p.z.} = 34$ °C;

$t_{p.m.}$ – температура повітря на робочому місці, $t_{p.m.} = 20$ °C;

x – відстань від душируючого патрубка до робочого місця, $x = 2$ м;

n – коефіцієнт, що характеризує зміну температури по осі струменя, $n = 4,5$ [26].

Визначаємо площу душируючого патрубка:

$$F_0 = \left[\frac{(34 - 20) \cdot 2}{(34 - 19,5) \cdot 4,5} \right]^2 = 0,20 \text{ м}^2.$$

Діаметр душируючого патрубка, м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,20}{3,14}} = 0,5 \text{ м}.$$

Швидкість повітря на виході з душируючого патрубка, м/с:

$$v = v_{p.m.} \cdot x / m \sqrt{F_0},$$

де $v_{p.m.}$ – швидкість повітря на робочому місці, $v_{p.m.} = 2,5$ м/с;

m – коефіцієнт, що характеризує зміну швидкості по осі струменя, $m=6,6$ [26].

Знаходимо швидкість повітря на виході з патрубка:

$$v_0 = 2,5 \cdot 2 / 6,6 \sqrt{0,20} = 1,7 \text{ м/с}.$$

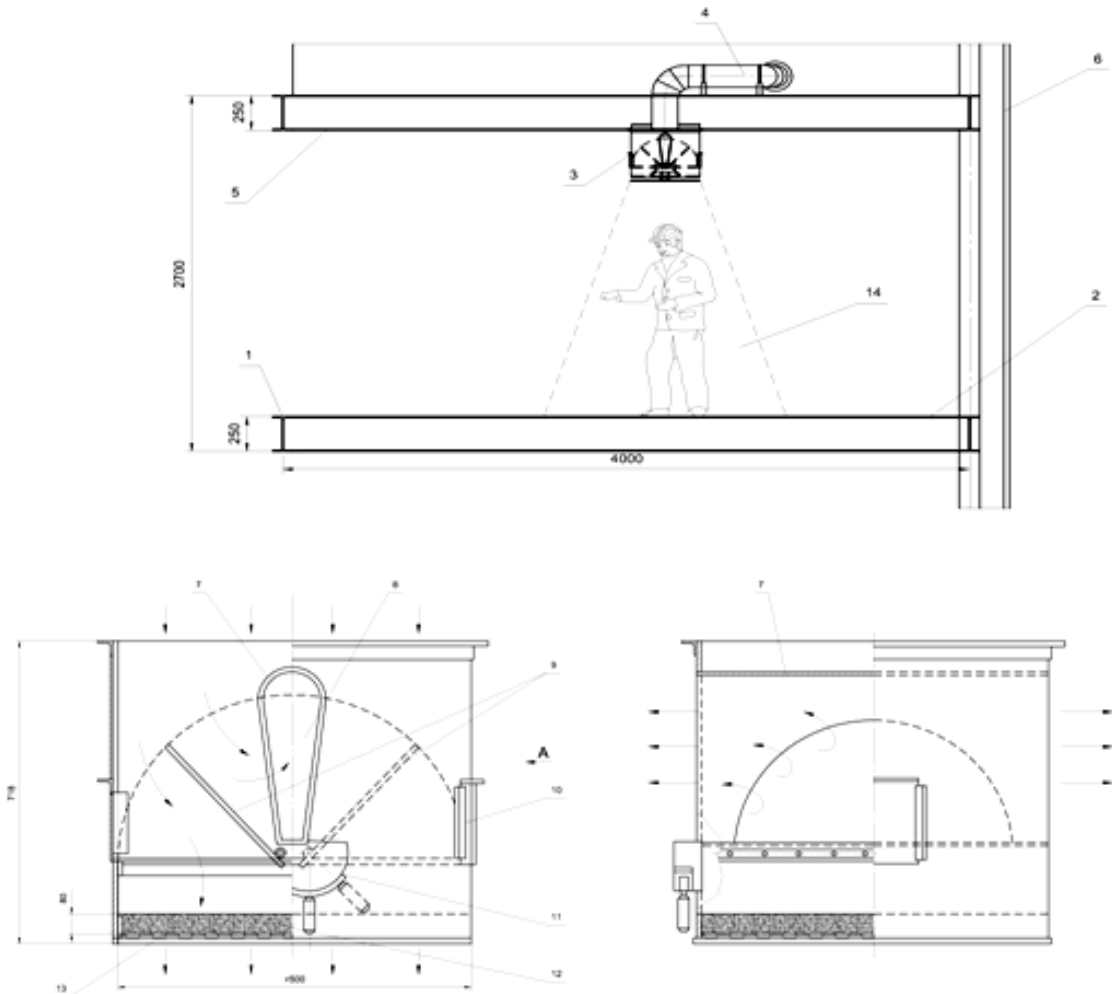
Кількість повітря на один душируючий патрубок, м³/г:

$$L_0 = 3600 \cdot F_0 \cdot v_0,$$

Встановлюємо витрату повітря, що подається душируючим патрубком:

$$L_0 = 3600 \cdot 0,20 \cdot 1,7 = 1224 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо циліндричний повітрярозподільник ЛІОТ (рис. 3.2).



- 1 – балки робочого майданчику; 2 – настил робочого майданчику;
 3 – циліндричний повітрярозподільювач ЛІОТ; 4 – розподільчий повітрявод;
 5 – перекриття; 6 – колона; 7 – коробка для розподілення повітря; 8 – боковий отвір;
 9 – дужка клапана; 10 – отвір з движками; 11 – привод для створок;
 12 – насадка з кілець; 13 – сітка; 14 – стаціонарне робоче місце; 15 – дугова піч

Рисунок 3.2 – Циліндричний повітрярозподільник ЛІОТ

Душируючі патрубкі повинні встановлюватися на висоті не менше 1,8 м від підлоги з таким розрахунком, щоб вони не заважали працюючим і щоб уникнути підсосу шкідливостей повітряним потоком і здування їх на інші робочі місця. Відстань від душируючого патрубка до робочого місця має бути не менше 1 м, розрахункова площа розподільника повітря – не менше 0,1 м². Діаметр душируючого патрубка має бути не менше 0,3 м.

3.3 Розрахунок витяжного зонту над ковшем зі сплавом

Для боротьби з надмірним теплом й пилом в умовах виробництва слід застосовувати аспірацію устаткування, відсмоктування і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу. Проектом пропонується встановлення аспірації над ковшем з металом за допомогою витяжного зонту, так як ця ділянка є джерелом надмірного виділення надлишкового тепла, а також пилу. Розрахуємо витяжний зонт встановлений над сталерозливним ковшем діаметром 2,0 м. Температура сплаву при розливці в ківш складає близько 1600°C, а в робочій зоні повинна бути $t_{p3} = 29^\circ\text{C}$. З графіка [26] знаходимо параметр $\alpha = 0,1$, який є відношенням:

$$\alpha = \frac{t^{\text{II}} - t_{p.з.}}{t_{\text{II}} - t_{p.з.}},$$

де t^{II} – температура в центрі повітряного потоку, що йде під зонт, в площині підстави зонту, °C;

t_{II} – температура тепло- й пиловиділяючої поверхні, °C.

$$t^{\text{II}} = t_{p.з.} + \alpha \cdot (t_{\text{II}} - t_{p.з.}),$$

$$t^{\text{II}} = 29 + 0,1 \cdot (1600 - 29) = 186,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура повітряного потоку біля входу в зонт:

$$t^{cp} = 0,39 \cdot (t^m - t_{p.з.}) + t_{p.з.};$$

$$t^{cp} = 0,39 \cdot (186,1 - 29) + 29 = 90,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо осьову швидкість потоку, м/с, за формулою:

$$V^m = 0,000555 \cdot (t_m - t_{p.з.}) + 0,3.$$

$$V^m = 0,00055 \cdot (1600 - 29) + 0,3 = 1,17 \text{ м/с}.$$

Середня швидкість потоку в плоскості зонту, м/с:

$$V^{cp} = V^m \cdot 0,39 = 1,17 \cdot 0,39 = 0,456 \approx 0,5 \text{ м/с}.$$

Визначаємо кількість конвекційного тепла Q_k , що виділяється з поверхні ковшу, Ккал/год:

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot (t_m - t_{p.з.}),$$

де α – коефіцієнт конвекції, ккал/м²год. град.

F – площа перетину джерела тепловипромінювання, тобто ковша;
 $F \approx 7,1 \text{ м}^2$.

Коефіцієнт конвекції α визначається з виразу:

$$\alpha = 2,8^4 \sqrt{t_m - t_{p.з.}};$$

$$\alpha = 2,8^4 \sqrt{1600 - 29} = 17,6 \text{ ккал/м}^2\text{год. град.}$$

$$Q_k = 17,6 \cdot 7,1 (800 - 27) \approx 196\,312 \text{ ккал/год.}$$

Кількість повітря, що підтікає під зонту визначається за формулою:

$$L = \frac{Q_k (t^{ep} + 273)}{39,7(t^u - t_{p.з.})},$$

$$L = \frac{196312 \cdot (90,3 + 273)}{39,7 \cdot (186,1 - 29)} = 11435,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Площа перетину потоку:

$$F = \frac{L}{3600 \cdot V^{\bar{n}\delta}};$$

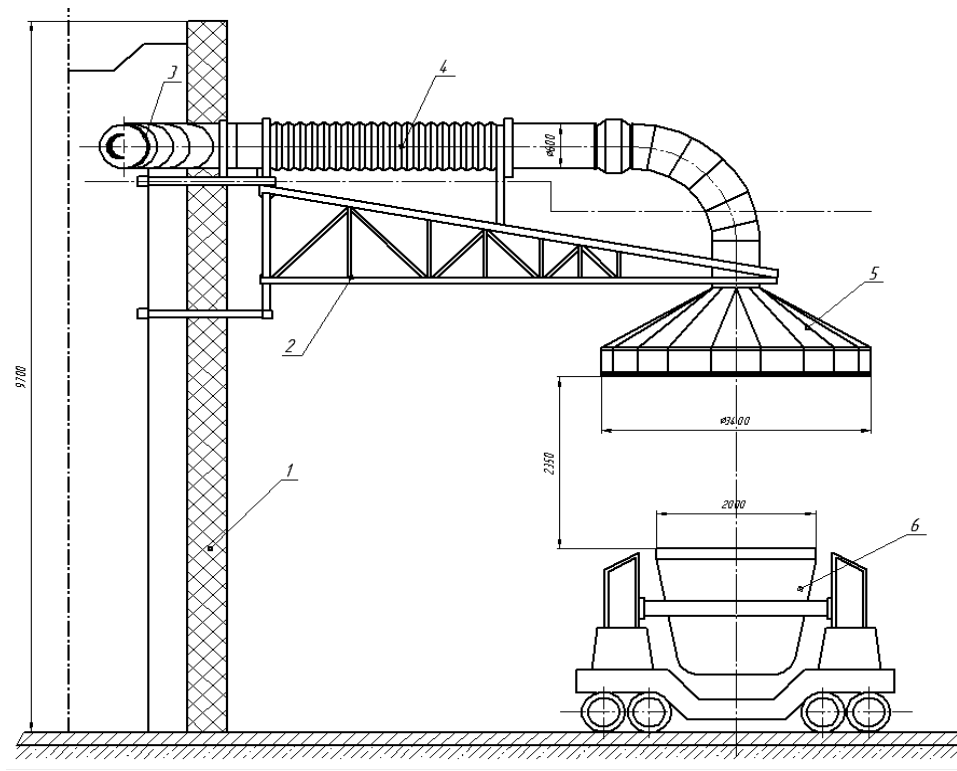
$$F = \frac{11435,3}{3600 \cdot 0,5} = 6,4 \text{ м}^2.$$

Приймаємо поперечний перетин зонту круглої форми, отже діаметр зонту складе:

$$d = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{6,4 \cdot 4}{3,14}} = 2,9 \text{ м.}$$

Приймаємо значення діаметру зонту (рис. 3.3) більшим на 0,4 м, ніж розрахунковий, тобто $d = 3,4$ м. Отже площа приймального перерізу зонту складе $8,55 \text{ м}^2$, тоді обсяг пилогазових викидів видаляємих за допомогою зонту складе:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V^{\bar{n}\delta} = 3600 \cdot 8,55 \cdot 0,5 = 15390 \text{ м}^3/\text{год.}$$



1 – опора; 2 – поворотний механізм; 3 – вентилятор; 4– гофрована вставка;
5 – витяжний зонт; 6 – ківш.

Рисунок 3.3 – Витяжний зонт над ковшем зі сплавом

3.4 Висновки до розділу 3

1. У конвертерному цеху в результаті технологічного процесу, що супроводжується утворенням великих кількостей надмірного тепла, інфрачервоного випромінювання, пилу і газів - важкі умови праці. Щоб захистити конверторника від шкідливого і небезпечного впливу теплового випромінювання, пропонується на робочому місці встановити пост керування з червоної цеглини із шаром ізоляції зі скловолокна товщиною 0,13 м.

2. Для захисту працюючих від перегрівання (при дії на них теплового опромінювання інтенсивністю 350 Вт/м^2 і більш) передбачається повітряне душирування робочих місць. Приймаємо циліндричний повітрярозподільник ЛЮТ. Площа душируючого патрубку 20 м^2 . Діаметр душируючого патрубку

0,5 м. Швидкість повітря на виході з душируючого патрубку 1,7 м/с. Витрата повітря, що подається душируючим патрубком становить 1224 м³/год.

3. Для боротьби з надмірним теплом й пилом в умовах виробництва слід застосовувати аспірацію устаткування, відсмоктування і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу. Проектом пропонується встановлення аспірації над ковшем з металом за допомогою витяжного зонту, так як ця ділянка є джерелом надмірного виділення надлишкового тепла, а також пилу. Приймаємо значення діаметру зонту $d = 3,4$ м. Площа приймального перерізу зонту складає 8,55 м², обсяг пилогазових викидів видалюємих за допомогою зонту складає 15390 м³/год.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

4.1 Аналіз економічних наслідків захворюваності і травматизму

Визначимо коефіцієнти частоти і важкості захворювань і травматизму в конвертерному цеху за рік:

- середньооблікова чисельність працюючих, $Ч = 750$ чол.;
- загальна кількість випадків захворювань, $Н_з = 100$;
- кількість виявлених професійних захворювань, $Н_{зп} = 0$;
- кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях, $ДН_з = 1300$;
- кількість нещасних випадків, $Н_т = 3$;
- кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами, $ДН_т = 80$.

Коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{чз} = 100 Н_з / Ч.$$

$$K_{чз} = 100 \cdot 100 / 750 = 13,33.$$

Коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{тз} = ДН_з / Н_з.$$

$$K_{тз} = 1300 / 100 = 13.$$

Коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_{чт} = 1000 Н_т / Ч.$$

$$K_{чт} = 1000 \cdot 3 / 750 = 4.$$

Коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_{\text{тТ}} = \text{ДН}_{\text{т}}/\text{Н}_{\text{т}}.$$

$$K_{\text{тТ}} = 80/3 = 26,7.$$

Оцінимо економічні наслідки захворюваності і травматизму в агломераційному цеху, виходячи з таких умов:

- середнє денне вироблення, СВ = 660 грн.;
- витрати на 1 грн. товарної продукції, З = 0,9 грн.;
- питома вага умовно-постійних витрат в собівартості, УП = 0,2;
- середній розмір оплати одного дня по листках тимчасової непрацездатності, ВН = 520 грн.;
- фонд робочого часу на одного працівника в році, Т_р = 330 дн.;
- середній розмір штрафів за порушення в області охорони праці на одного травмованого працівника, Ш = 9500 грн.

Кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях і травмах:

$$\text{ДН} = \text{ДН}_{\text{з}} + \text{ДН}_{\text{т}}.$$

$$\text{ДН} = 1300 + 80 = 1380.$$

Скорочення випуску продукції у зв'язку із захворюваністю і травматизмом:

$$\text{СП} = \text{ДН} \cdot \text{СВ}.$$

$$\text{СП} = 1380 \cdot 660 = 910\,800 \text{ грн.}$$

Собівартість цього об'єму продукції:

$$C = SP \cdot 3.$$

$$C = 910\,800 \cdot 0,9 = 819\,720 \text{ грн.}$$

Відносне збільшення собівартості:

$$3C = C \cdot UP.$$

$$3C = 819\,720 \cdot 0,2 = 163\,944 \text{ грн.}$$

Підприємство оплачує 5 перших днів тимчасової непрацездатності потерпілому від нещасного випадку (далі виплати здійснює Фонд соціального страхування). Тоді виплати по листках непрацездатності травмованим складуть:

$$B_T = 5N_T \cdot BH.$$

$$B_T = 5 \cdot 3 \cdot 520 = 7\,800 \text{ грн.}$$

Виплати по листках непрацездатності хворим:

$$B_3 = DN_3 \cdot BH.$$

$$B_3 = 1300 \cdot 520 = 676\,000 \text{ грн.}$$

Виплати по листках непрацездатності в цілому:

$$B = B_T + B_3.$$

$$B = 7800 + 676\,000 = 683\,800 \text{ грн.}$$

Загальний економічний збиток:

$$З = ЗС + В + Н_{ТШ}.$$

$$З = 163\,944 + 683\,800 + 3 \cdot 9500 = 876\,244 \text{ грн.}$$

4.2 Оцінка економічної ефективності заходів щодо охорони праці в конвертерному цеху

У проєктній частині кваліфікаційного проєкту пропонуються наступні заходи щодо зниження травматизму і захворюваності: теплоізоляційний пост керування, повітряне душирування робочих місць, встановлення аспірації над ковшем з металом за допомогою витяжного зонту.

В результаті виконання цих заходів очікується зниження травматизму в цеху приблизно втричі, а зниження загальної захворюваності – на 10%. Таким чином, замість 3 нещасних випадків очікуване річне число травм в цеху можна прийняти рівним 1.

Одноразові витрати на заходи щодо охорони праці складуть: теплоізоляційний пост керування (OB_1), повітряне душирування робочих місць (OB_2), встановлення аспірації над ковшем з металом за допомогою витяжного зонту (OB_3). Поточні витрати (ПВ) збільшаться за рік на 5000 грн.

Загальні одноразові витрати:

$$OB = OB_1 + OB_2 + OB_3.$$

$$OB = 500\,000 + 510\,000 + 526\,750,4 = 1\,536\,750,4 \text{ грн.}$$

Очікуване зниження травматизму:

$$\Delta H = 3 - 2 = 1.$$

Зменшення днів непрацездатності:

$$\Delta ДН = \Delta Н \cdot K_{\text{ТТ}} + 0,15 ДН_3.$$

$$\Delta ДН = 1 \cdot 30 + 0,15 \cdot 1300 = 225 \text{ днів.}$$

Річне вироблення на одного працівника:

$$ГСВ = T_p \cdot СВ.$$

$$ГСВ = 330 \cdot 660 = 217\,800 \text{ грн.}$$

Зменшення днів непрацездатності на одного працівника:

$$\Delta T = \Delta ДН / Ч.$$

$$\Delta T = 225 / 650 = 0,35.$$

Приріст продуктивності праці:

$$П_T = [(T_p + \Delta T) / T_p - 1] 100.$$

$$П_T = [(330 + 0,35) / 330 - 1] 100 = 0,11 \text{ \%}.$$

Зниження собівартості продукції:

$$E_c = ГСВ \cdot Ч \cdot 3 \cdot П_T \cdot УП.$$

$$E_c = 217\,800 \cdot 650 \cdot 0,9 \cdot 0,11 \cdot 0,2 = 280\,308 \text{ грн.}$$

Скорочення виплат по листках непрацевдатності:

$$E_{\text{л}} = (5 \cdot \Delta H_{\text{т}} + \Delta \text{ДН}_3) \cdot \text{ВН.}$$

$$E_{\text{л}} = (5 \cdot 1 + 225) \cdot 520 = 119\,600 \text{ грн.}$$

Скорочення штрафних виплат:

$$E_{\text{ш}} = \text{Ш} \cdot \Delta \text{Н.}$$

$$E_{\text{ш}} = 9500 \cdot 1 = 9\,500 \text{ грн.}$$

Загальний економічний ефект:

$$E_{\text{еф}} = E_{\text{с}} + E_{\text{л}} + E_{\text{ш}} - \text{ТЗ} - 0,15\text{ОВ.}$$

$$E_{\text{еф}} = 280\,308 + 119\,600 + 9\,500 - 5000 - 0,15 \cdot 1\,536\,750,4 = 173\,895,44 \text{ грн.}$$

Термін окупності одноразових витрат:

$$C_{\text{ок}} = \text{ОВ} / (E_{\text{с}} + E_{\text{л}} + E_{\text{ш}} - \text{ТЗ}).$$

$$C_{\text{ок}} = 1\,536\,750,4 / (280\,308 + 119\,600 + 9\,500 - 5000) = 3,8 \text{ років.}$$

Економічна ефективність одноразових витрат:

$$E = (E_{\text{с}} + E_{\text{л}} + E_{\text{ш}} - \text{ПВ}) / \text{ОВ.}$$

$$E = (280\,308 + 119\,600 + 9\,500 - 9500) / 1\,536\,750,4 = 0,26 \text{ грн./грн.}$$

Отримані данні заносимо до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Оцінка економічної ефективності заходів та засобів з охорони праці в електросталеплавильному цеху

Найменування показника	Одиниця виміру	Величина
Кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях	дні	1300
Кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами	дні	80
Одноразові витрати на заходи щодо охорони праці	грн.	1 536 750,4
Додаткові поточні витрати в рік	грн.	163 944
Зменшення кількості днів непрацездатності	дні	225
Зменшення кількості днів непрацездатності на одного працівника	дн./роб.	0,35
Приріст продуктивності праці	%	0,11
Зниження собівартості продукції	грн.	280 308
Річний економічний ефект від запропонованих заходів	грн.	173 895,44
Термін окупності одноразових витрат	років	3,8
Економічна ефективність одноразових витрат	грн./грн.рік	0,26

4.3 Висновки до розділу 4

Соціальний ефект від впровадження запропонованих заходів виразиться у зменшенні травматизму та захворюваності. Очікуваний річний економічний ефект від запропонованих заходів за рахунок скорочення виплат

по листках непрацездатності травмованим та зниження собівартості продукції складе 173 895,44 грн. Запропоновані засоби захисту з охорони праці в конвертерному цеху окупляться за 3,8 роки.

ВИСНОВКИ

1. Киснево-конвертерний процес являє собою один з видів переділу рідкого чавуну в сталь без витрат палива шляхом продувки чавуну в конвертері технічно чистим киснем. Переваги киснево-конвертерного способу виробництва сталі - висока продуктивність, екологічна чистота, простота управління, низькі питомі капіталовкладення, велика гнучкість як в частині здійснення технологічних варіантів, так і у виборі сировинної бази, можливість виробництва високоякісної сталі широкого сортаменту з чавуну різного хімічного складу, переробка щодо великої кількості металобрухту забезпечили його швидке поширення у світі.

2. У першому розділі розглядається опис марок сталі, що виплавляються, сировинні матеріали, конструкція кисневого конвертера з верхнім продуванням, технологія виплавки конверторної сталі, опис конвертерного цеху та його прольотів.

3. Процес конверторної виплавки сталі супроводжується викидами розплавленого металу і шлаку. Крім того, процес продування супроводжується виділенням великої кількості відходів продування у вигляді розжарених газів і дрібнодисперсного пилу.

4. Основними виробничими шкідливими чинниками конвертерного цеху є: газовиділення, пилевиділення, тепловиділення від технологічного устаткування, розплавленого металу і шлаку, шум. Основні джерела небезпеки конвертерного виробництва наступні: рухомі частини механізмів і устаткування, переміщення вантажів, розплавлений метал і шлак, що обертаються; електроустаткування конвертерного цеху.

5. Дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара конвертора. Умови і характер праці відносяться до III класу 3 ступеня по шуму, мікроклімату та інфрачервоному випромінюванню. Робоче місце має 4 чинники I ступеня і 2 чинника II ступеня, 3 чинники III ступеня. За показниками робоче місце

сталевара слід вважати з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці.

6. У конвертерному цеху в результаті технологічного процесу, що супроводжується утворенням великих кількостей надмірного тепла, інфрачервоного випромінювання, пилу і газів - важкі умови праці. Щоб захистити конверторника від шкідливого і небезпечного впливу теплового випромінювання, пропонується на робочому місці встановити пост керування з червоної цеглини із шаром ізоляції зі скловолокна товщиною 0,13 м.

7. Для захисту працюючих від перегрівання (при дії на них теплового опромінення інтенсивністю 350 Вт/м^2 і більш) передбачається повітряне душирування робочих місць. Приймаємо циліндричний повітрярозподільник ЛЮТ. Площа душируючого патрубку 20 м^2 . Діаметр душируючого патрубку 0,5 м. Швидкість повітря на виході з душируючого патрубку 1,7 м/с. Витрата повітря, що подається душируючим патрубком становить $1224 \text{ м}^3/\text{год}$.

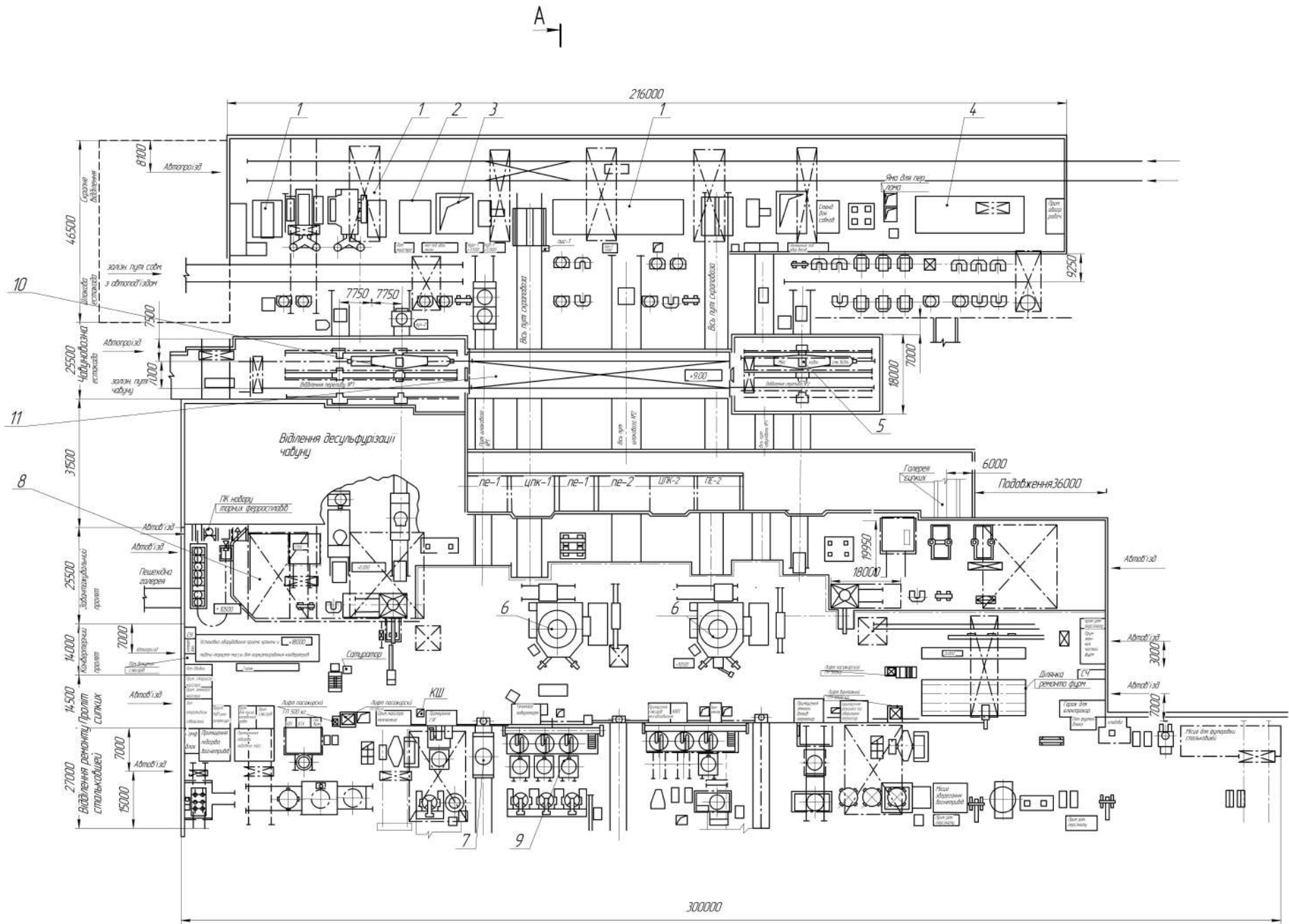
8. Для боротьби з надмірним теплом й пилом в умовах виробництва слід застосовувати аспірацію устаткування, відсмоктування і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу. Проектом пропонується встановлення аспірації над ковшем з металом за допомогою витяжного зонту, так як ця ділянка є джерелом надмірного виділення надлишкового тепла, а також пилу. Приймаємо значення діаметру зонту $d = 3,4 \text{ м}$. Площа приймального перерізу зонту складає $8,55 \text{ м}^2$, обсяг пилогазових викидів видалюємих за допомогою зонту складає $15390 \text{ м}^3/\text{год}$.

9. Соціальний ефект від впровадження запропонованих заходів виразиться у зменшенні травматизму та захворюваності. Очікуваний річний економічний ефект від запропонованих заходів за рахунок скорочення виплат по листках непрацездатності травмованим та зниження собівартості продукції складе $173\,895,44 \text{ грн}$. Запропоновані засоби захисту з охорони праці в конвертерному цеху окупляться за 3,8 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С. Конверторное производство стали : теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология : учебник. Днепропетровск : Днепр-ВАЛ, 2006. 454 с.
2. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия : учебник для вузов. 6-е изд., перераб и доп. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2005. 768 с.
3. Якушев А.М. Справочник конвертерника. Челябинск : Металлургия, 1990. 249 с.
4. Борнацкий И.И. Современный кислородно-конвертерный процесс. Киев: «Техника», 1974. 264 с.
5. Меджибожский М.Я. Конвертерные процессы производства сталі. Киев–Донецк : Высшая школа, 1984. 343 с.
6. Колпаков С.В. Технология производства стали в современных конвертерных цехах. Москва : Машиностроение, 1991. 461с.
7. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. 454 с.
8. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. Москва : Металлургия, 1975. 375 с.
9. Меджибожский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. Москва : «Металлургия», 1970. 232с.
10. Борнацкий И.И. Современный кислородно-конвертерный процесс. Киев : «Техника», 1974. 264 с.
11. Григорьев В.П., Нечкин Ю.М., Егоров А.В., Никольский Л.Е. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства. Москва : «МИСИС», 1995. 513 с.
12. Якушев А.М. Основы проектирования и оборудования сталеплавильных и доменных цехов. Москва : Металлургия, 1992. 421 с.
13. Финкель А.Ф., Ипатов П.П.. Технологическое оборудование заводов черной металлургии. Москва : Металлургия, 1982. 468 с.

14. Ефанов П.Д., Берг И.А. Охрана труда и техника безопасности в сталеплавильном производстве. Москва : Металлургия, 1987. 230с.
15. Тубольцев, Л.Г., Корченко В.П., Поляков В.Ф. К вопросу повышения промышленной безопасности конвертеров и экологической безопасности процессов выплавки стали. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Дніпропетровськ : ІЧМ НАНУ, 2011. Вип. 24. С. 258-272.
16. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і обладнання : навч. посібник. Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2005. 164 с.
17. Трахтенберг А.М. Гигиена труда и производственная санитария // Трахтенберг А.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. – К.: Киев, 1997. – 462 с.
18. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів : Афіша, 2002. 320 с.
19. Геврик Є.О. Охорона праці : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
20. Лапін В.М. Основи охорони праці : навч. посіб. Львів : ЛБУ НБУ, 2004. 124 с.
21. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок. Минск : Беларусь, 1987. 479 с.
22. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках : учебное пособие для вузов. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
23. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность в черной металлургии. Москва : Металлургия, 1991. 132 с.
24. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
25. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Ленинград : Стройиздат, 1992. 311 с.
26. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции : справочник. Киев, 1983. 351с.

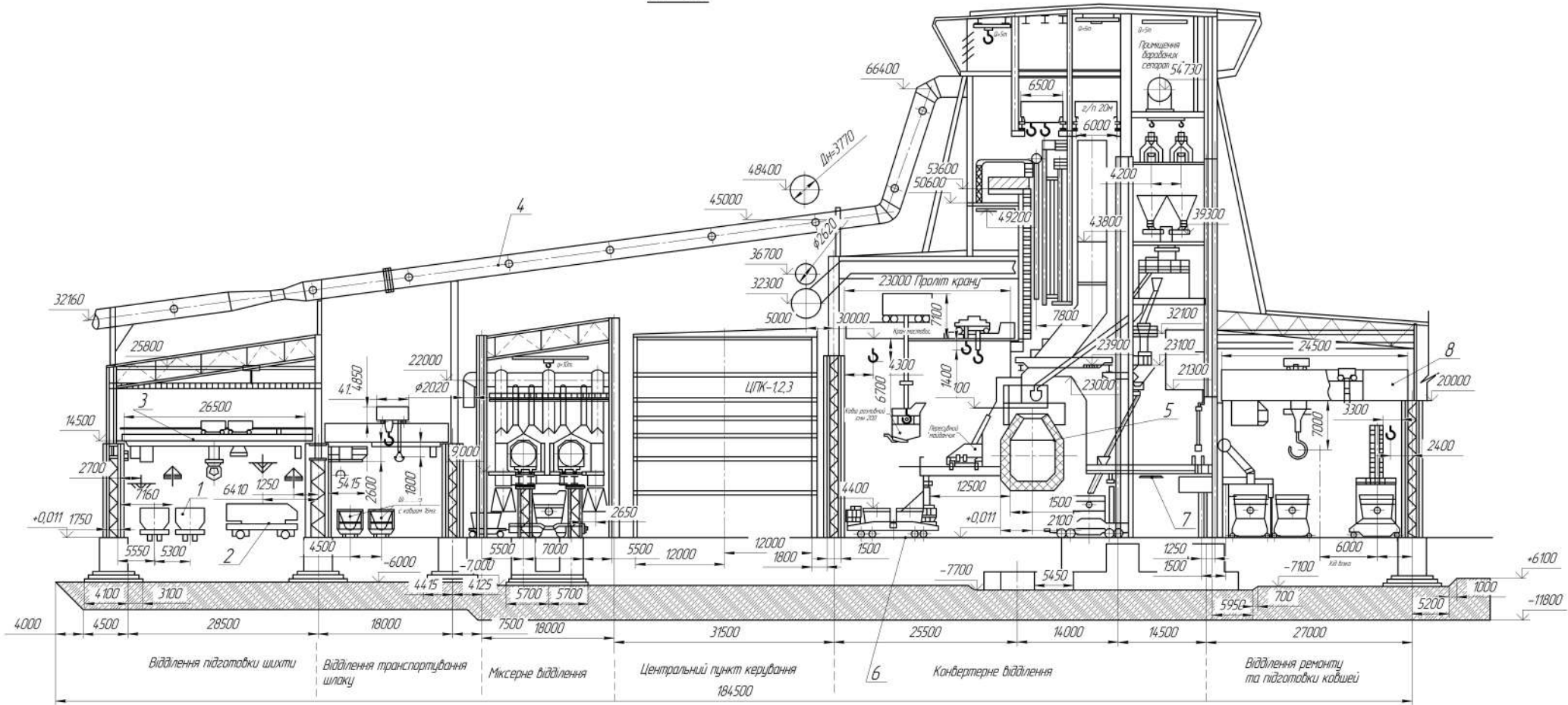


A

A

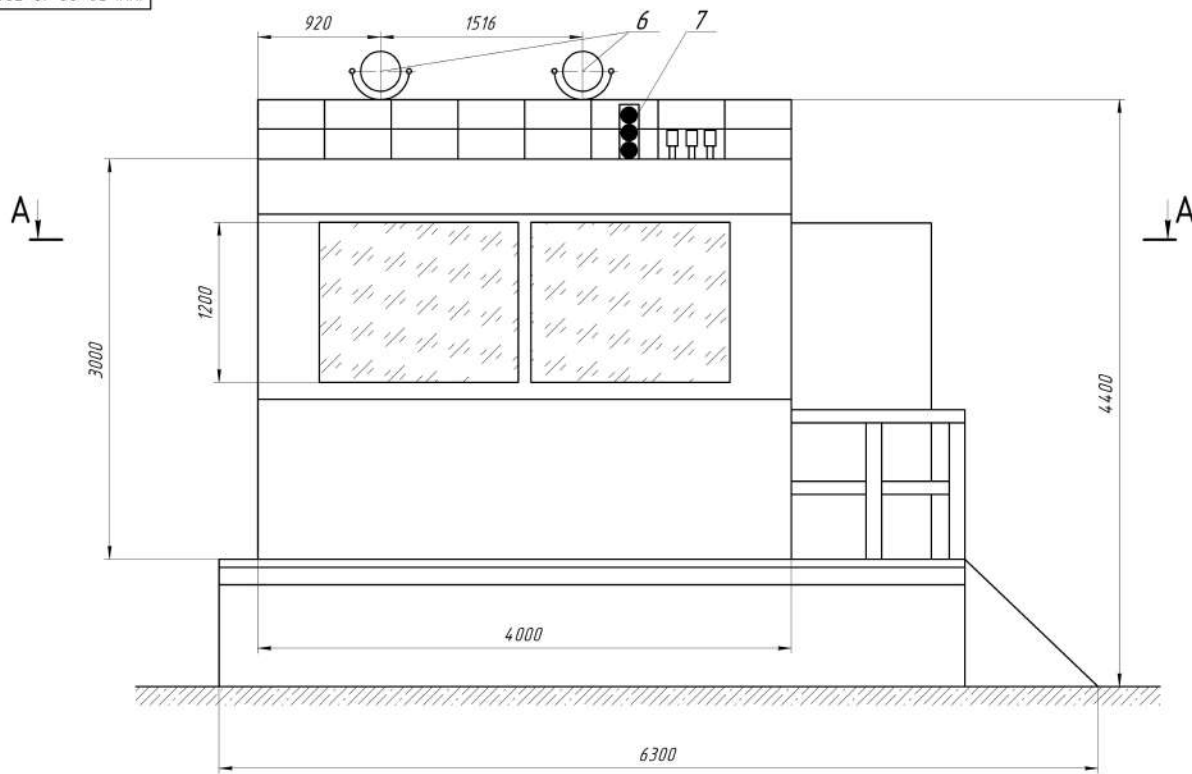
				ІННІ Д2. 99-19. 100. 3В		
Зам. Арх.	№ докум.	Підп.	Лист	Розробка згідно та згідно з угодами про технічну співпрацю в умовах конвертного виробництва		
Розроб.	Беленький О.В.					
Керуючий	Беленький К.В.			Лист	Місяць	1200
Контроль	Беленький К.В.			Лист 1 / Листів 9		
Наказано				Міністерство освіти і науки України ІННІ Д2. 99-19. 100. 3В		
Затв.				Корженко Т.В.		
				План конвертного цеху		
				код FEED: 20. 8.26.32		

A-A

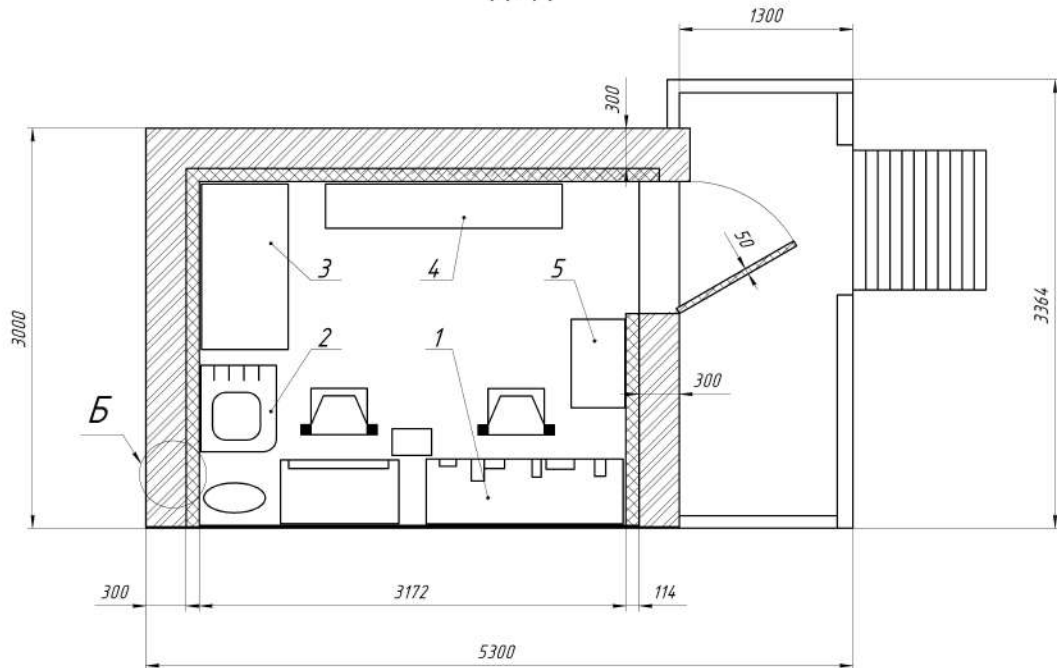


Відділення підготовки шихти 28500
 Відділення транспортування шлаку 18000
 Міксерне відділення 7500 18000
 Центральний пункт керування 31500 184500
 Конвертерне відділення 25500 14000 14500
 Відділення ремонту та підготовки кобшеї 27000

Лист	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН Д2 99-19 201	Совки для скрапу		
2	ІНН Д2 99-19 202	Скратовоз для двох совків		
3	ІНН Д2 99-19 203	Кран магнітно-грейферний		
4	ІНН Д2 99-19 204	Газодобірний тракт конвертера		
5	ІНН Д2 99-19 205	Конвертер		
6	ІНН Д2 99-19 206	Самохідний шлакобій		
7	ІНН Д2 99-19 207	Кришка сталевіа		
8	ІНН Д2 99-19 208	Кран мостовий електричний		
ІННІ Д2 99-19 200 3В				
Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист
Розроб	Аксель О.			
Керуюч	Белозань К.В.			
Констр	Белозань К.В.			
Начальн	Роздобір В.Г.			
Затв	Коваленко Г.В.			
Розробка згідно та заходів та заходів з погодженої проєкту та проєктованих параметрів в умовах конвертерного виробництва				Лист 2 / 1100
Розріз конвертерного цеху				Лист 2 / 1100
Міністерство освіти і науки України ІНН Д2				Лист 2 / 1100
код ІРДІ: дп. В.26.39				



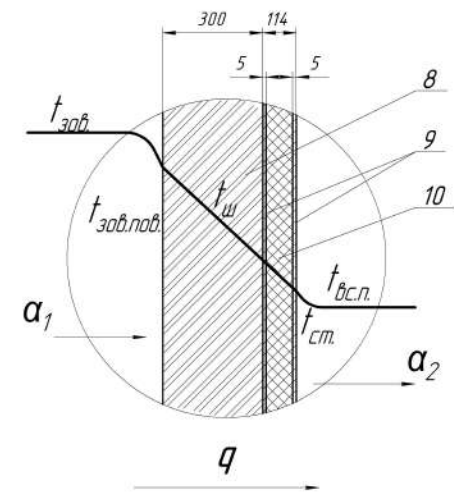
A-A



Б

Параметр	Найменування
$t_{зов}$	Температура зовнішнього повітря, °C;
$t_{зов.пов.}$	Температура зовнішньої поверхні поста керування, °C;
$t_{ш}$	Температура між шарами вогнетриву й теплоізоляції, °C;
$t_{ст.}$	Температура внутрішньої стінки поста, °C;
$t_{вс.п.}$	Температура повітря всередині поста, °C;
α_1, α_2	Коефіцієнти теплоїддачі відповідно від нагрітого повітря зовнішній стінці поста керування й від внутрішньої стінки повітря усередині поста, Вт/м ² К;
q	Тепловий потік через стінку, Вт/м ² .

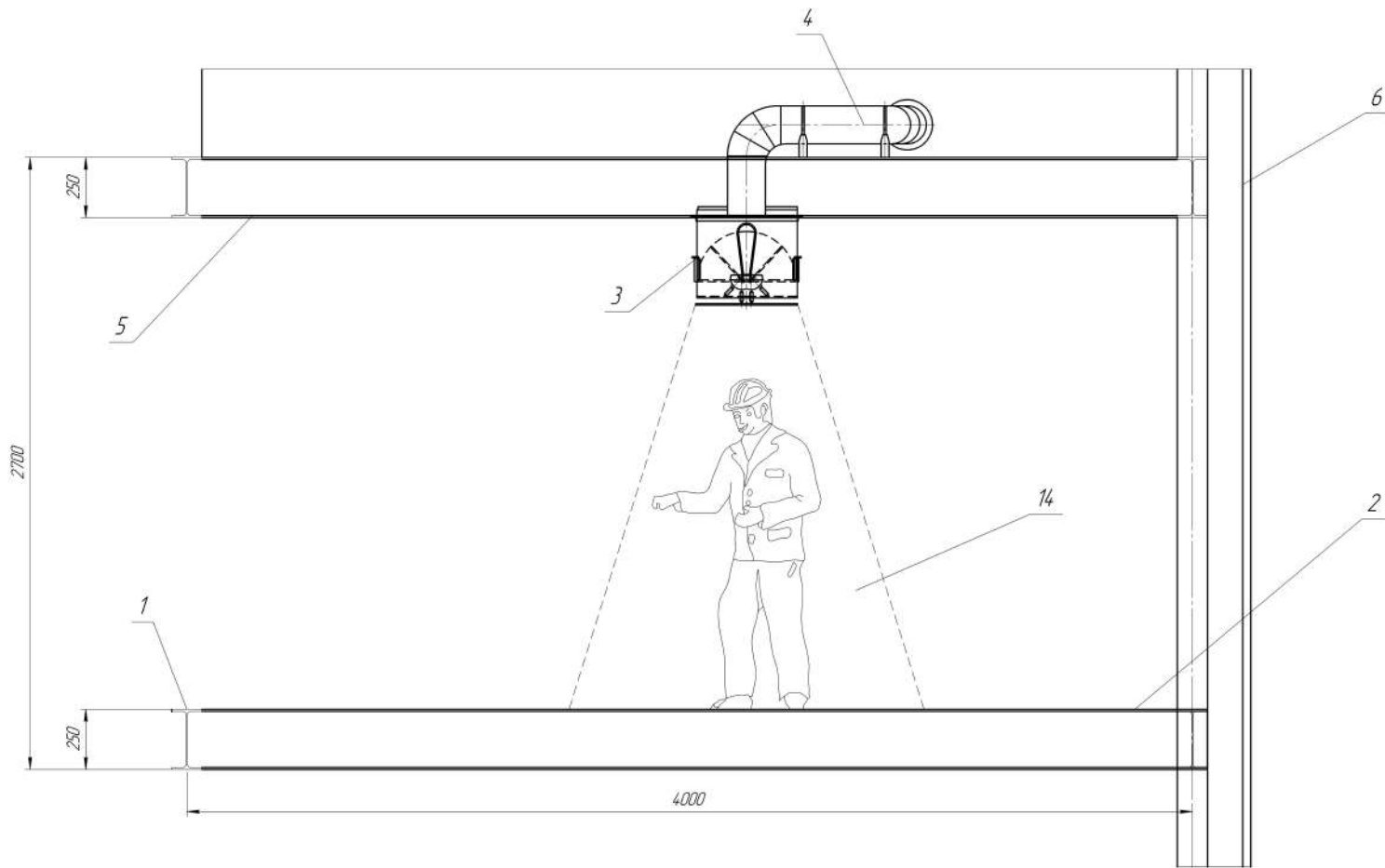
Б (1:2)



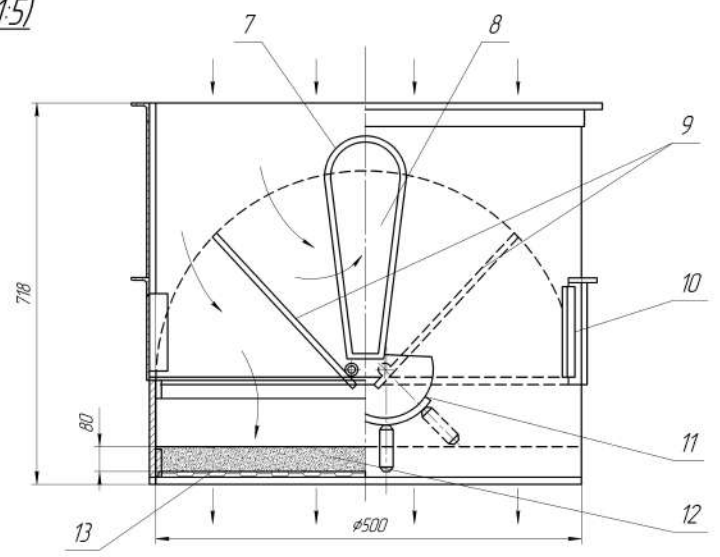
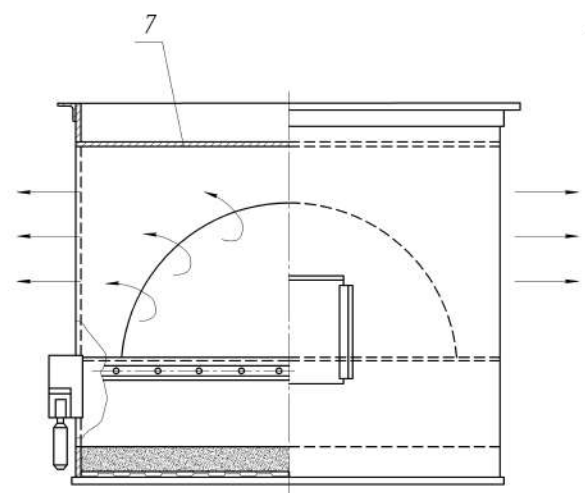
Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН Д2 99-19 501	Пульт керування	1	
2	ІНН Д2 99-19 502	Рухомий інструмент	1	
3	ІНН Д2 99-19 503	Шафа електрика	1	
4	ІНН Д2 99-19 504	Кондиціонер	1	
5	ІНН Д2 99-19 505	Стіл для комп'ютеру	1	
6	ІНН Д2 99-19 506	Проектор	2	
7	ІНН Д2 99-19 507	Сигналізація	1	
8	ІНН Д2 99-19 508	Цегельна стіна	1	
9	ІНН Д2 99-19 509	Металевий профіль	2	
10	ІНН Д2 99-19 510	Супертанке скловолокно	1	

ІНН Д2. 99-19. 500 3В

Вид	Лист	№ докум.	Група	Дата	Розробка	Лист	Всього	Масштаб
Розроб	1	1			Розробка замовд та засвідб з огляди праці та проєкції: санітарні в умових конструкторських виробництва	1/1	120	
Проєк					Бєславаєв К.В.			
Техніч					Бєславаєв К.В.			
Начальн					Рубанов В.Г.			
Зам					Колетський Г.В.			

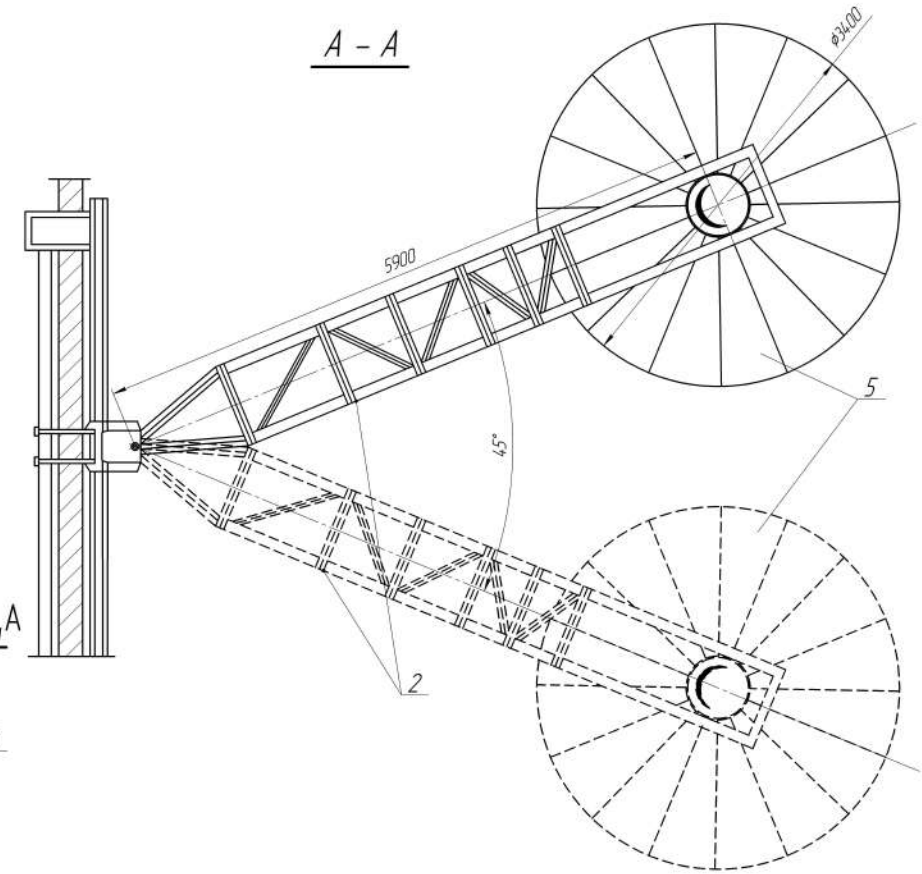
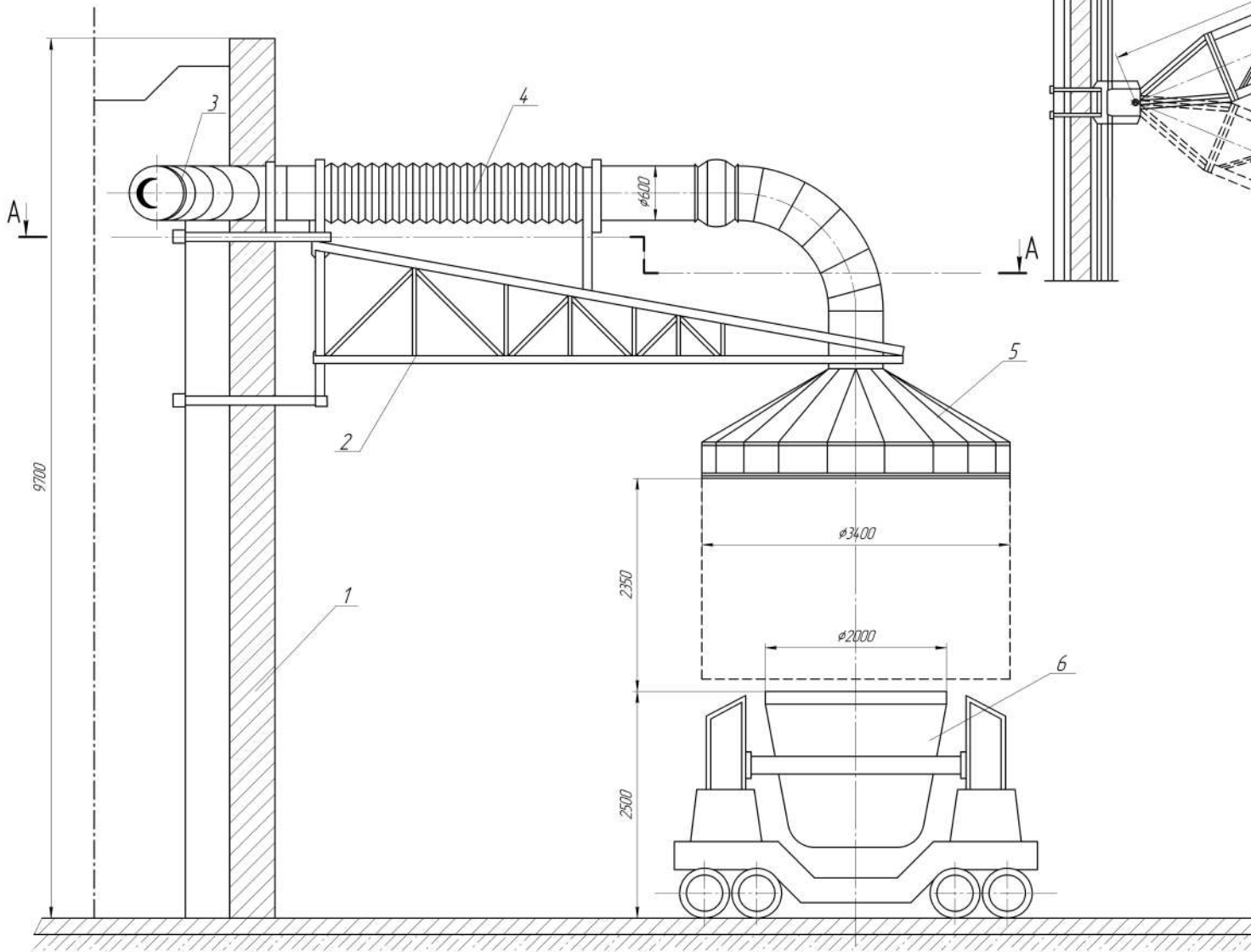


Поз.3 (1:5)



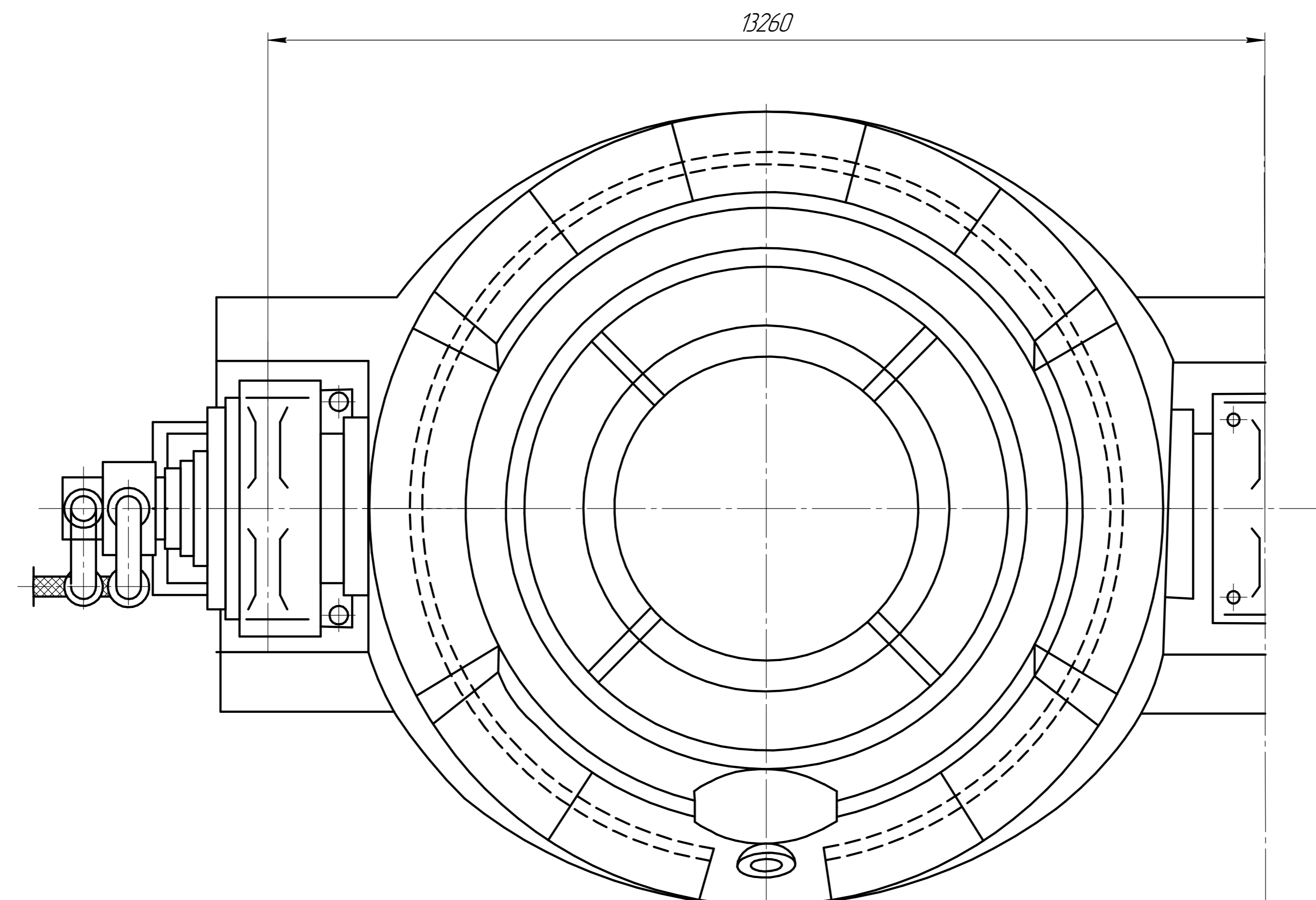
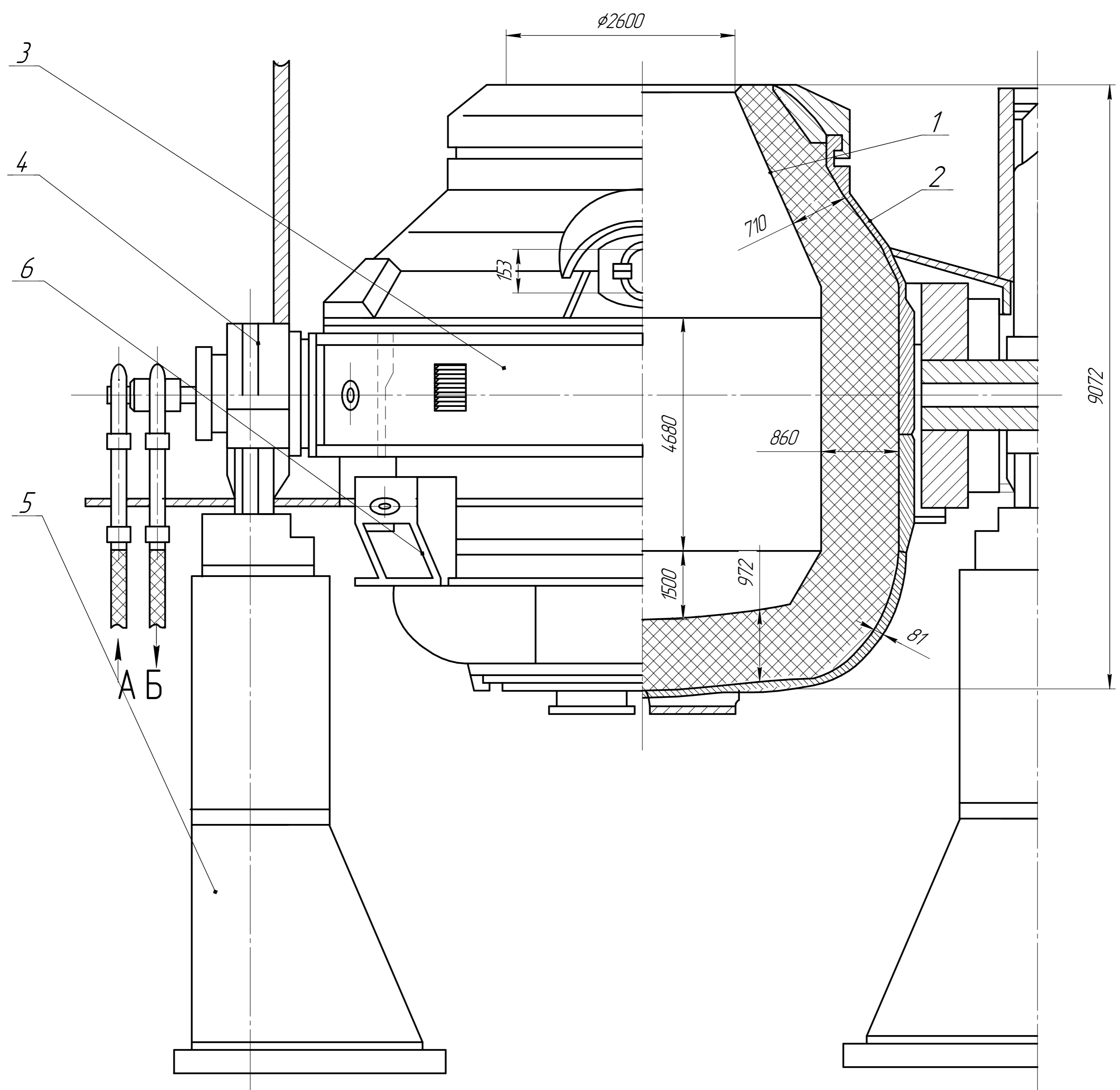
Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН Д2. 99-19. 601	Балки робочої площадки	2	
2	ІНН Д2. 99-19. 602	Настил робочої площадки	2	
3	ІНН Д2. 99-19. 603	Циліндричний повітро-розподільник /ЛОТ/	1	
4	ІНН Д2. 99-19. 604	Розподільний повітровід	1	
5	ІНН Д2. 99-19. 605	Перекрыття	1	
6	ІНН Д2. 99-19. 606	Колона	1	
7	ІНН Д2. 99-19. 607	Коробка для розподілу повітря	1	
8	ІНН Д2. 99-19. 608	Боковий отвір	1	
9	ІНН Д2. 99-19. 609	Ступка клапану	1	
10	ІНН Д2. 99-19. 610	Отвори з двигунами	1	
11	ІНН Д2. 99-19. 611	Привід для ступок	1	
12	ІНН Д2. 99-19. 612	Насадка з кілець	1	
13	ІНН Д2. 99-19. 613	Стіжка	1	
14	ІНН Д2. 99-19. 614	Стационарне робоче місце	1	

ІНН Д2. 99-19. 600 ЗВ			
Мет. Дист.	ІР. Арматура	Підлога	Двері
Розпод.	Кілець ІД		
Коробка	Беломан А.В		
Коробка	Беломан А.В		
Розробка засвід. та засвід. з вкази праці та проєктувати самостійно в угоді конструктора проєктувала			
		Лист 6	Лист 9
		Установлено засвід. / накази вказані ІНН Д2. 99-19. кор. ПЕОТ, зр. 2.26.39	
Підприємство: ДУ			



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІННІ Д2. 99-19. 701	Опора	1	
2	ІННІ Д2. 99-19. 702	Поворотний механізм	1	
3	ІННІ Д2. 99-19. 703	Вентилятор	1	
4	ІННІ Д2. 99-19. 704	Горбодана вставка	1	
5	ІННІ Д2. 99-19. 705	Витяжний зонт	1	
6	ІННІ Д2. 99-19. 706	Коби	1	

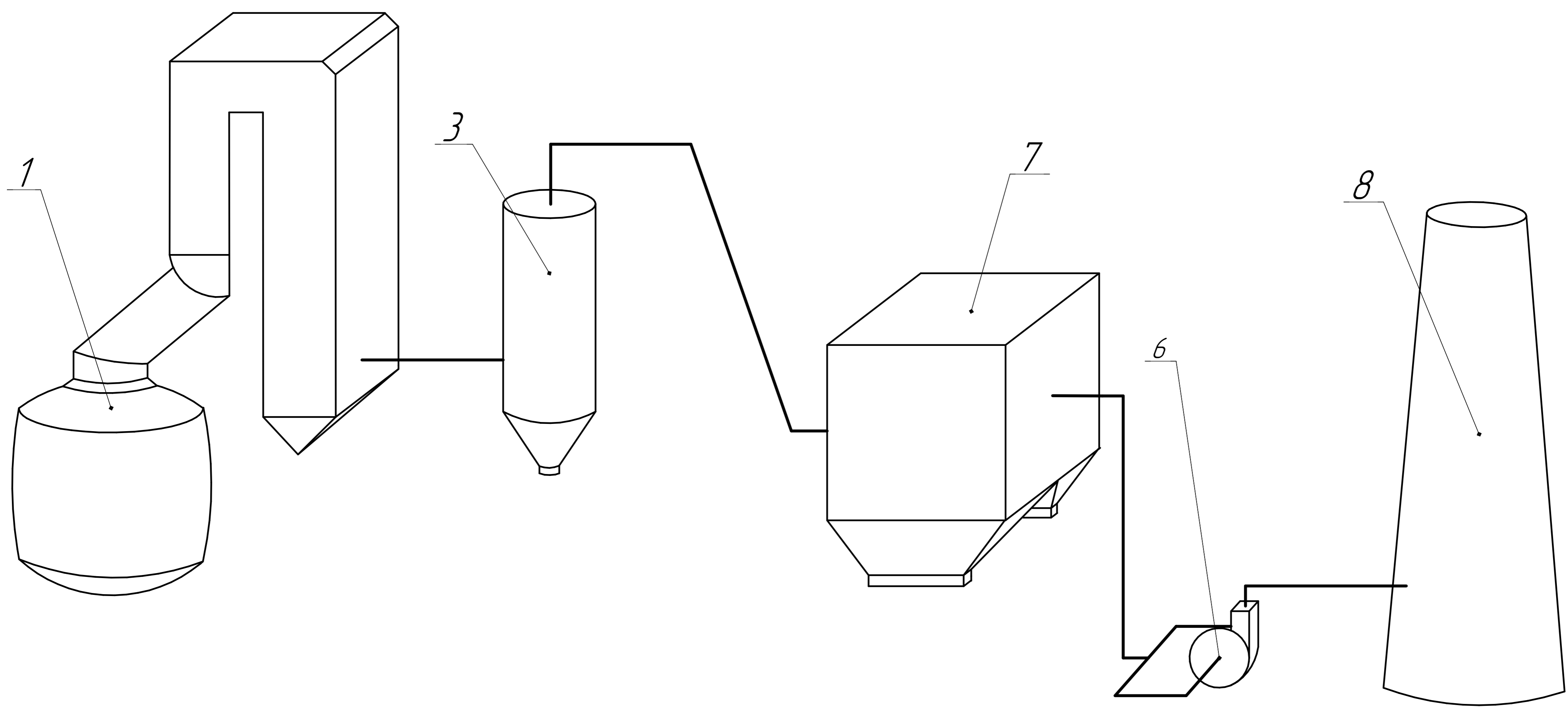
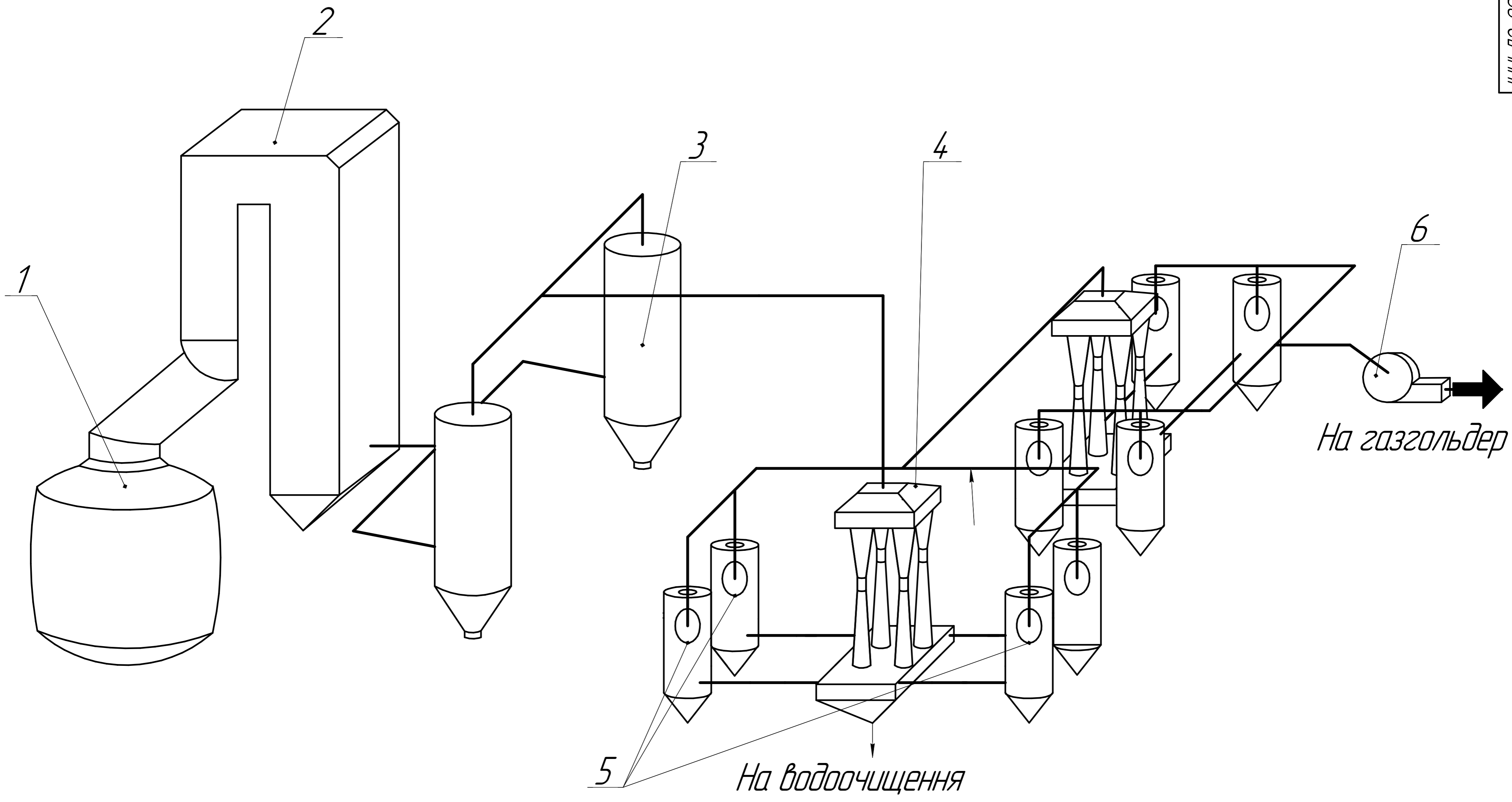
ІННІ Д2. 99-19. 700 ЗВ				
Висл. лист	№ докум.	Прод.	Лист	Розробка згідно та згідно з угодами про співпрацю та проєктуванні системи в умовах кондензерного виробництва
Розроб	Кисель І.О.			Лист 1
Прод.	Белаян К.В.			120
Лектор	Белаян К.В.			Лист 1 / Листів 9
Начальн.	Рижко В.Г.			Витяжний зонт
Заб.	Коваленко Г.В.			на дві коби з сталюю
				Міністерство освіти і науки України, Інш. інст. код. ГЕДХІ сп. В.26.99
				Копія
				Формат А1



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.ДЗ.99-19.301	Литий шолом	1	
2	ІНН.ДЗ.99-19.302	Корпус конвертору	1	
3	ІНН.ДЗ.99-19.303	Зварні сектори	2	
4	ІНН.ДЗ.99-19.304	Цапфи	2	
5	ІНН.ДЗ.99-19.305	Отвори конвертору	2	
6	ІНН.ДЗ.99-19.306	Нижній кранштейн	8	

ІННІ ДЗ. 99-19. 003 ЗВ							
Ізв./Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб	
Розроб.	Кисель І.О.						
Проб.	Бєлажань К.В.			Д	Н	150	
Т.контр.	Бєлажань К.В.			Лист	3	Листов	9
Інконтр.	Рижков В.Г.			Кисневий конвертер			Міністерство освіти і науки України ІННІ ЗНУ, каф. ПЕОП зр. 8.26339
Утв.	Кожем'якин Г.В.			Копіювати			Формат А1

Лист № 1
Всес. шифр №
Лист № 1 з 1
Лист № 1 з 1
Лист № 1 з 1
Лист № 1 з 1
Лист № 1 з 1



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Кисневий конвертер	1	
2	Котел-утилізатор	1	
3	Випарний скруб'єр	1	
4	Блок труб'єр Вентурі	8	
5	Циклон-краплевиловач	1	
6	Димотяг	1	
7	Електрофільтр	1	
8	Димова труба	1	

				ІННІ ДЗ. 99-19. 008 СХ			
Ізв./Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Розробка заходів та засобів з гігієни праці та промислової санітарії в умовах конвертерного виробництва			
Розраб.	Кисель І.О.						
Проб.	Бєлакань К.В.			Лист	8	Листів	9
Т.контр.	Бєлакань К.В.			Міністерство освіти і науки України ІННІ ЗНУ каф. ПЕОП зр. 8.2639			
Інконтр.	Рижков В.Г.			Схеми очищення конвертерних газів			
Упа.	Кожем'якин Г.Б.			Формат А1			

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9

Оцінка економічної ефективності заходів та засобів з гігієни праці та виробничої санітарії в конвертерному цеху

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Величина показника
1	Кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях	дні	1300
2	Кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами	дні	80
3	Одноразові витрати на заходи щодо охорони праці	грн	1 536 750,4
4	Додаткові поточні витрати в рік	грн	163 944
5	Зменшення кількості днів непрацездатності	дні	225
6	Зменшення кількості днів непрацездатності на одного працівника	дн./роб.	0,35
7	Приріст продуктивності праці	%	0,11
8	Зниження собівартості продукції	грн	280 308
9	Річний економічний ефект від запропонованих заходів	грн	173 895,44
10	Термін окупності одноразових витрат	років	3,8
11	Економічна ефективність одноразових витрат	грн./грн.рік	0,26

