

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

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційний проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження умов праці та розробка засобів з охорони праці в
доменному виробництві

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.2639

спеціальності 263 Цивільна

безпека

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Охорона праці

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Мешкова В.А.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Манідіна Є.А.

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

Рецензент проф., д.т.н. Куріс Ю.В.

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

Запоріжжя

2020

АНОТАЦІЯ

Мешкова В.А. Дослідження умов праці та розробка засобів з охорони праці в доменному виробництві

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма – Охорона праці, науковий керівник Є.А. Манідіна. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Приведена оцінка рівня травматизму на промислових підприємствах України. Проведено аналіз технології виплавки чавуну в доменних печах з точки зору виділення небезпечних та шкідливих факторів. Розроблені та запроектовані заходи з охорони праці, які поліпшують умови праці робітників в доменному цеху. Розраховані основні техніко-економічні показники впроваджених заходів та засобів з охорони праці.

Ключові слова: доменна піч, бункерна естакада, рівень травматизму, аварії на виробництві, вентиляція, глушник, клапан «Снорт»

SUMMARY

Myeshkova V.A. Study of working conditions and development of labor protection tools in blast furnace production

Qualification work for the Master's degree higher education in the specialty 263 – Civil Security, educational program - Occupational Health, scientific director E. A. Manidina. Zaporizhzhya National University. Institute of Engineering, Department of Applied Ecology and Occupational Health, 2020.

The assessment of the level of injuries at industrial enterprises in Ukraine is given. The analysis of the technology of iron smelting in blast furnaces from the point of view of the action of dangerous and harmful factors is carried out. Labor protection measures have been developed and designed to improve the working conditions of workers in the blast furnace shop. The main technical and economic indicators of the implemented measures and means for labor protection have been calculated.

Keywords: blast furnace, bunker overpass, injury rate, industrial accidents, ventilation, silencer, Snort valve

АННОТАЦИЯ

Мешкова В.А. Исследование условий труда и разработка средств по охране труда в доменном производстве

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 263 – Гражданская безопасность, образовательная программа – Охрана труда, научный руководитель Е.А. Манидина. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра прикладной экологии и охраны труда, 2020.

Приведена оценка уровня травматизма на промышленных предприятиях Украины. Проведен анализ технологии выплавки чугуна в доменных печах с точки зрения действия опасных и вредных факторов. Разработаны и спроектированы мероприятия по охране труда, которые улучшают условия труда рабочих в доменном цехе. Рассчитаны основные технико-экономические показатели внедренных мероприятий и средств по охране труда.

Ключевые слова: доменная печь, бункерная эстакада, уровень травматизма, аварии на производстве, вентиляция, глушитель, клапан «Снорт»

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

Кафедра прикладної екології та охорони праці
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»
(код та назва)
Освітня програма Охорона праці
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри [підпис]
«1» грудня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Мешкова Вікторія Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Дослідження умов праці та розробка засобів з охорони праці в доменному виробництві

керівник роботи Манідіна Євгенія Анатоліївна, к.т.н,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «9» 10 2020 року № 1583-с

2 Строк подання студентом роботи 23.11.2020

3. Вихідні дані до роботи продуктивність барабана-зволожувача, $m^3/год$, $G_m = 60 m^3/год$, рівнем шуму від клапану «Снорт» $121 дБА$, середньооблікова чисельність (річна) працюючих у цеху, $Ч = 800$ чол.; загальна кількість випадків захворювань у цеху, $N_z = 100$ шт; кількість виявлених професійних захворювань у цеху, $N_{зп} = 0$ шт; кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях, $ДН_z = 450$ днів; кількість нещасних випадків, $N_T = 4$; кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами, $ДН_T = 75$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз стану рівня травматизму на промислових підприємствах України; дослідження умов праці у доменному виробництві; характеристика приміщень цеху по небезпеці поразки електричним струмом; дослідження

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Об'єкт, предмет дослідження, мета роботи та наукова новизна роботи
діаграма розподілу причин нещасних випадків, розподіл подій, які складають
організаційні причини, розподіл за статтю травмованих робітників за 6 років
галузі, розподіл нещасних випадків за видом технологічного обладнання
коефіцієнт частоти травматизму за період 2015-2019 р.р., коефіцієнт тяжкості
травматизму за період 2015-2019р.р.


6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
2	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
3	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
4	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020


7 Дата видачі завдання 28.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Підбір статистичних даних та їх оброблення	28.09.2020- 21.10.2020	Виконано
	Аналіз умов праці робітників котелень	21.10.2020- 28.10.2020	Виконано
	Розробка рекомендацій по покращенню умов праці	28.10.2020 - 08.11.2020	Виконано
	Дослідження ефективності глушників	08.11.2020 - 13.11.2020	Виконано
	Розрахунок основних техніко-економічних показників	13.11.2020- 20.11.2020	Виконано


Студент 
 (підпис)

О.Г. Бабенко
 (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) 
 (підпис)

Є.А. Манідіна
 (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
 (підпис)

Рижков В.Г.
 (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

80 с., 7 табл., 21 рис., 28 джерел

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проекту магістра:

ДОМЕННИЙ ЦЕХ, ДОМЕННА ПІЧ, ОХОРОНА ПРАЦІ, БЕЗПЕКА
ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА, ПРИПЛИВНА ВЕНТИЛЯЦІЯ, КЛАПАН
«СНОРТ», ГЛУШНИК

Об'єкт дослідження (проектування) – доменний цех.

Мета проекту – дослідити шкідливі та небезпечні фактори доменного цеху, розробити заходи з охорони праці.

В теоретичній частині були встановлені основні джерела шкідливих та небезпечних факторів в доменному цеху.

В дослідницькій частині досліджено рівень безпеки доменного виробництва, проаналізовані умови праці робітників доменного цеху, надані рекомендації щодо поліпшення стану охорони праці на підприємстві.

В проектному розділі розраховані засоби з охорони праці впровадження яких дозволяє знизити загазованість та запиленість, тепловиділення та рівень шуму в робочих зонах робітників цеху.

В економічному розділі частині проведена оцінка економічної ефективності заходів та засобів з охорони праці, які запропоновані в проектному розділі запропонованих.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
Аналіз стану рівня травматизму на промислових підприємствах України .	9
Улаштування доменного цеху.....	12
2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	23
Аналіз безпеки процесу та обладнання при виплавці чавуну у доменних печах	23
Дослідження умов праці у доменному виробництві.....	29
Характеристика приміщень цеху по небезпеці поразки електричним струмом	35
Дослідження пожежної небезпеки доменного виробництва	37
3 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ	39
Проектування заходів та засобів з охорони праці в доменному виробництві	39
Проектування заходів щодо зменшення пиловиділення в повітря робочої зони	49
Проектування заходів по зменшенню впливу підвищеної температури на працівників ливарного двору	51
Розрахунок глушників для зниження рівня шуму від клапану «Снорт»	56
Засоби та заходи захисту від поразки електричним струмом.....	62
Пожежна безпеки в умовах доменного виробництва	65
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	71
Розрахунок економічних наслідків травматизму і захворюваності в доменному виробництві	71
Оцінка економічної ефективності запроєктованих заходів по охороні праці в доменному цеху	74
ВИСНОВОК.....	77

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	6 78
--------------------------------	---------

ВСТУП

Розв'язання проблеми створення безпечних і нешкідливих умов праці на виробництві на сьогодні є однією з актуальних як в Україні, так і в цілому світі. Від забезпечення безпечних умов праці залежить як успішна робота промислового підприємства, так і збереження життя та здоров'я працівників на протязі його трудової діяльності. Встановлено, що наявність на підприємстві негативних факторів виробничого середовища може призвести до виробничої травми, професійного чи виробничо обумовленого захворювання.

Держкомстат України встановив, що близько 30 % від загальної кількості штатних працівників в основних галузях економіки працюють в умовах, які не відповідають санітарним нормам. .

Металургійні підприємства належать до об'єктів підвищеної небезпеки. Тому від фахівців з питань охорони праці та промислової безпеки вимагають жорсткої відповідності їх рівня професійних компетентностей.

Сьогодні напрямками розвитку доменного виробництва є: удосконалення підготовки сировинних матеріалів, інтенсифікація процесу виплавки чавуну, збільшення розмірів печей. Тому кожного дня у фахівців з охорони праці стоїть завдання – підтримання безпечних умов праці працівників доменного цеху.

Мета магістерського проекту полягає в тому, щоб на основі аналізу існуючого законодавства України, теоретичного обґрунтування наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених у сфері трудового права, встановити розробити і запропонувати засоби та заходи з охорони праці, які поліпшували умови праці у доменному виробництві.

Для досягнення поставленої мети в роботі було необхідно розв'язати наступні задачі:

- здійснити аналіз безпеки технології виробництва чавуну у доменних печах;
- виконати аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища;
- обґрунтувати заходи щодо зменшення концентрації пилу в повітрі робочої зони на бункерній естакаді;
- розробити систему припливної місцевої вентиляції ливарного двору доменного цеху;
- запропонувати ефективний засіб захисту від шуму, який утворюється при роботі кларану «Снорт».

1 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз стану рівня травматизму на промислових підприємствах України

Рівні виробничого травматизму і професійної захворюваності відносяться до основних показників стану охорони праці як на підприємстві так і в Україні в цілому.

У 2019 році за даними Фонду соціального страхування України зареєстровано 4394 нещасних випадки, що пов'язані з виробництвом [1].

Відповідно до статистичних даних, які наведені Державною службою України з питань праці у 2018-2019 р.р. зафіксована значна кількість смертельних випадків травматизму на підприємствах металургійної галузі промисловості (рис.1.1) та становить близько 20 % від загальної кількості випадків [2].

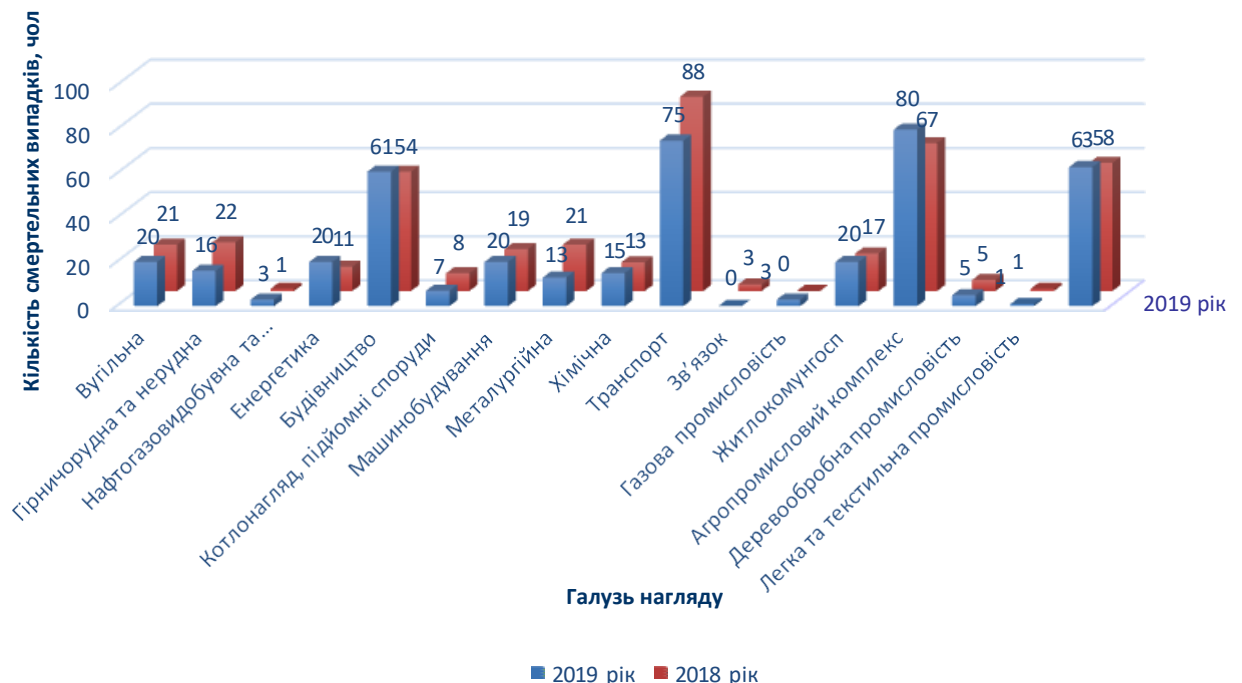


Рисунок 1.1 – Розподіл смертельних випадків травматизму за галузями нагляду за 2018-2019 роки

Високий рівень травматизму у металургійному виробництві обумовлений наявністю складних технологічних процесів, небезпечних умов праці, великою кількістю машин, механізмів, устаткування.

Згідно даних Фонду соціального страхування України (рис. 1.2) у 2019 році основними причинами нещасних випадків на виробництві є організаційні – 66,8%. Через психофізіологічні причини сталося 18,4% нещасних випадків, через технічні причини – 11,9% нещасних випадків, через техногенні, природні, екологічні та соціальні причини – 0,7% нещасних випадків та через інші причини – 2,2% нещасних випадків [1].

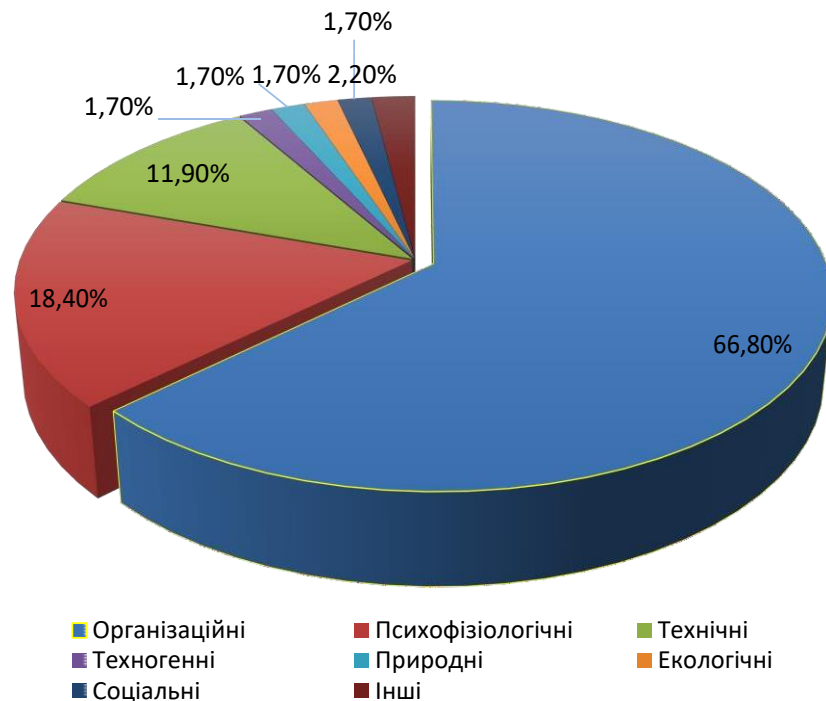


Рисунок 1.2 – Причини нещасних випадків на виробництві

По всій Україні у металургійній промисловості кількість працівників, які працюють в незадовільних умовах праці, становить 52,8 % від загальної кількості працівників галузі [1,2,4]. На працівників металургійних підприємств постійно впливають шкідливі фактори виробничого середовища. Саме працівники таких підприємств мають значну кількість професійних захворювань.

В роботі [3] встановлено, що найбільшому ризику виникнення захворюваності серед металургійних цехів піддаються працівники мартенівського, доменного та агломераційного цехів. Оцінка ризику порушення здоров'я працівників доменного цеху показала, що найбільші рівні ризиків реєструвалися серед наступних нозологічних форм: хвороби ока, хвороби органів дихання, хвороби шкіри та підшкірної клітковини, інфекційні та паразитарні хвороби, хвороби кістково-м'язової та сечостатевої систем (рис.1.3).

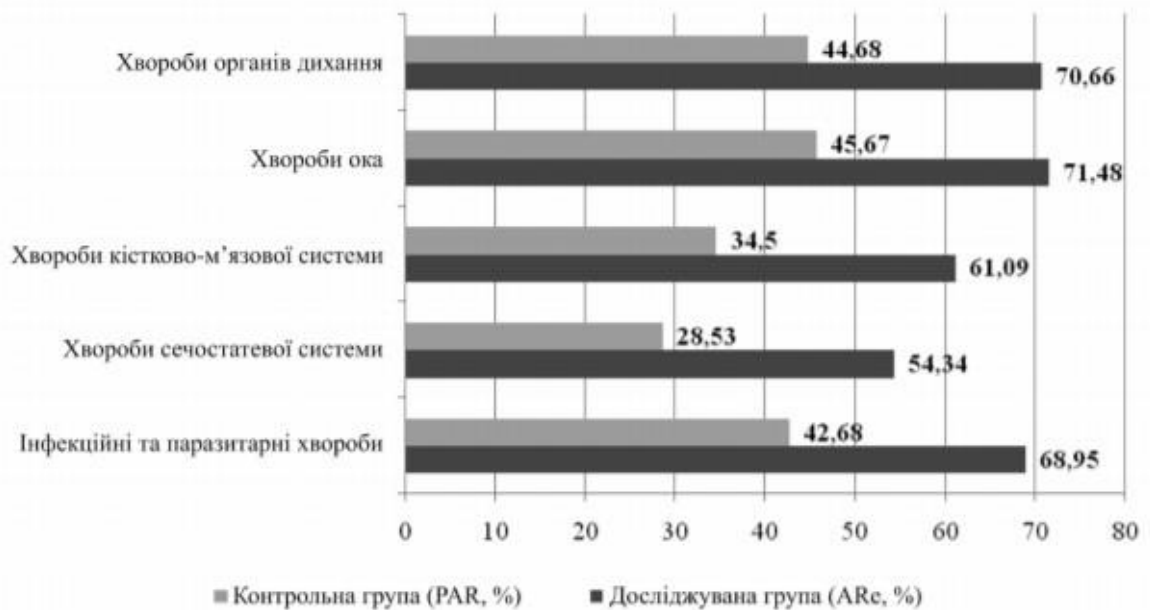


Рисунок 1.3 - Аналіз частки захворювань, викликаних впливом шкідливих умов праці, у працівників доменного цеху (ARe, %) та серед населення в цілому (PAR, %) [3]

Проведений у роботі [3] аналіз за показниками захворюваності з тимчасовою втратою працездатності показав, що рівень професійного ризику в працівників доменного цеху можна віднести до категорії «високий» професійний ризик. Оцінка професійних ризиків за даними захворюваності з тимчасовою втратою працездатності у доменному цеху також свідчить про високий ступінь її професійної обумовленості.

Таким чином, розробка заходів та засобів по поліпшенню стану охорони праці (умов праці) в доменному виробництві є актуальною проблемою сьогодення.

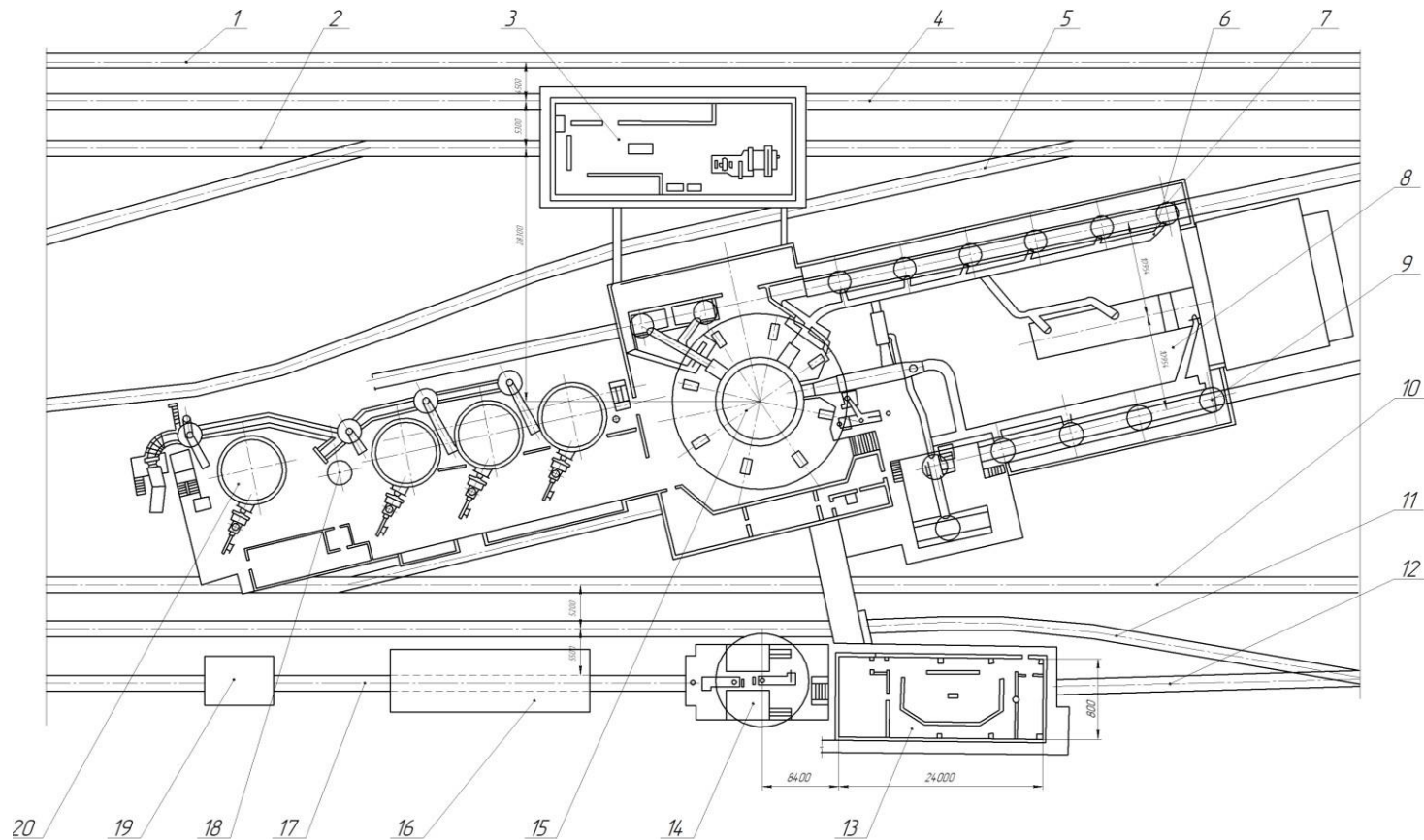
Облаштування території доменного цеху

Доменні цеха складаються з рудного двіру , ливарного двіру, бункерної естакади підбункерних приміщень (рис. 1.4).

Рудний двір застосовується для організації запасу сировини гарної якості і усереднення її за складом [5-8]. Руда вивантажується вагоноопрокидувачами до рудної траншеї, тоді мостовим краном вивантажується та розташовується в штабель висотою до 17 м. По довжині рудний двір має довжину всього фронту печей (до 3-5 шт). Сировина з рудного двору потрапляє в підбункерне приміщення, там дозується та насипається у скіпи, щою далі подати на доменну піч. Шихтові матеріали в за допомогою скіпового підйомника подаються на засипний пристрій, який рівномірно розподіляє шихту по перетину доменної печі.

Бункерні естакади доменного цеху мають вигляд металевих, споруди, що мають в своєму складі ряд бункерів для зберігання необхідного запасу шихтових матеріалів. Зверху бункера накриваються решітками з отворами 200 x 200 мм, через які проходить завантаження, а знизу вони мають затвори для розвантаження матеріалів. Бункерні естакади розташовують вздовж фронту доменних печей.

Ливарні двори доменного цеху необхідні для розташування жолобів для випуску чавуну і шлаку та механізмів, що необхідні для експлуатації горну доменної печі, змінного обладнання, засобів механізації і складання необхідного запасу матеріалів. Для транспортування матеріалів в перекритті ливарного двору доменного цеху розташовано отвори, під які ставлять вагони з необхідним вантажем. По боках ливарного двору розташовано залізничні колії для установки ковшів під чавун та шлак.



1 – залізничні колії для прибирання коксового дріб'язка; 2 – залізничні колії для прибирання шлаку; 3 – рудний двір; 4 – господарська залізнична колія; 5 – допоміжна залізнична колія; 6 – шлаковий жолоб; 7 – ківш для шлаку; 8 – ливарний двір; 9 – ківш для чавуну; 10,11 – залізничні колії для прибирання чавуну; 12 - залізничні колії для прибирання шлаку; 13 – машзал; 14 – сухий інерційний пиловловлювач; 15 – доменна піч; 16 – рукавний фільтр; 17 – залізнична колія ; 18 - димова труба; 19 – приміщення ГУБТ; 20 - повітрянагрівач

Рисунок 1.4 – План улаштування доменного цеху

З рудного двору сировину подають до підбункерного приміщення кожної печі, де відбувається їх дозування і розвантаження в скіпи для завантаження доменної печі. Матеріали з перевантажувального вагону, розвантажують в рудні бункера. За допомогою барабанних затворів шихтові матеріали видають в дві кишені вагон-ваг і через воронку вивантажують в скіп.

У лінії подачі коксу для завантаження коксових бункерів застосовують конусовий перевантажувальний вагон. З горловини бункера, під якою розташований грохот, великий кокс надходить в воронку-ваги і потім, в скіп.

На мосту скіпового підйомника укладено два паралельні шляхи для переміщення двох скіпів. Для переміщення скіпів служить скіпова лебідка, розташована в машинному приміщенні доменної печі. З скіпа матеріал вивантажується в прийомну лійку завантажувального пристрою. Шихта завантажуються в доменну піч. Маневрування конусами завантажувального пристрою здійснюється лебідкою. Кисень вдувають в доменну піч через кільцевої повітропровід, а природний газ через фурмені прилади. Доменний газ відводять через газопроводи. Через чавунну і шлакову льотки випускають відповідно чавун і шлак. По жолобах чавун за допомогою пристрою для одноноскового розливання направляють в ківші чавуновозів. Рідкий чавун в ківшах подають на розливну машину для отримання твердого чушкового чавуну в міксері. Для розкриття чавунної льотки служить свердлильна машина, а для забивання гармата. Шлаки з шлакової льотки по жолобах через пристрої для одноноскового розливання зливають в чашу шлаковозу і подають на установку для грануляції шлаку.

Технологія виплавки чавуну у доменних печах

Мета доменного виробництва - одержання чавуну із залізних руд шляхом їхньої переробки в доменних печах. На рис.1.5 наведена доменна піч.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд доменної печі

Основною сировиною для виплавки чавуну є: агломерат, окатиші, залізна руда, кокс, вапняк [5,6]. В якості палива для доменної плавки використовують кокс. Його роль полягає в забезпеченні процесу як паливом, так і відновлювальною енергією. Кокс також

застосовують для розпушення стовпу шихтових матеріалів і полегшення проходження газового потоку в шихті доменної печі.

Із залізними рудами в доменну піч вноситься хімічно пов'язане з іншими елементами залізо. У печі залізо відновлюється та переходить у чавун.

Шихтові матеріали в відповідному співвідношенні завантажують у доменну піч зверху за допомогою засипного апарата.

За допомогою повітродувної машини у горн доменної печі через фурми подають стисле повітря. Для зменшення витрати коксу й підвищення продуктивності доменної печі повітря нагрівають до 1000-1200 °С та збагачують киснем, а також в горн вдмхують природний газ, мазут або пиловугільне паливо. У результаті протікання в доменній печі складних фізико-хімічних процесів між вихідними матеріалами й дуттям утворюються чавун, шлаки й газ [5,6].

Чавун виплавляють у печах, які мають шахтного типу. Процес доменної плавки - безперервним. Зверху в піч завантажуються сирі матеріали, а в нижню частину подають через фурми нагріте повітря й газоподібне паливо. Далі отримані від спалювання палива газу проходять через стовп шихти й віддають їй свою хімічну й теплову енергію.

У доменній печі час перебування в ній матеріалів становить 4-6 год, а газ перебуває близько 1-3 с. Високі показники плавки можуть бути отримані при гарному розподілі газів по перетину печі. Тільки в цьому випадку газу в максимальному ступені віддають фізичне тепло матеріалам і найбільше повно буде використовуватися їх відновлювальна здатність. Розподіл газового потоку по перетину печі значно залежить від розподілу шихти по її перетину [24,25].

Шихту завантажують у піч окремими порціями – колошами. Рудну частину колоші можна завантажувати окремо або одночасно з коксом. Величину колоші й спосіб її завантаження вибирають так, щоб

розподіл газів у печі був найкращим. Ідеальним з погляду найкращого використання тепломісткості й відновлювальної здатності газів був б такий їх розподіл, при якому процеси нагрівання шихти й відновлення окислів заліза протікали так, щоб у будь-якому поперечному перерізі печі кожній одиниці оброблюваного матеріалу відповідала певна кількість газу [24,25].

У цьому випадку по всьому перетину печі окисли заліза й усі сирі матеріали повинні бути рівною мірою нагріті й відновлені, а температура та склад газів повинні бути однакові. Дуття надходить в піч у стін, а газовий опір шару шихти у стін менше, ніж у центрі, і тому газу прагнуть іти уздовж стін. Тому практично потрібно, щоб розподіл газів по перетину печі забезпечувало рівний схід матеріалів від колошника до горна.

До залізовмісного матеріалу відносять агломерат, шар якого менш газопроникний, ніж шар коксу. Тому доцільно, щоб шар агломерату у стін був товстіше, ніж у центрі печі, а шар коксу – навпаки. Завантаження шихти з конуса й здатність коксу розташовуватися в печі з меншим кутом укусу, ніж кут укусу агломерату або руди, забезпечують цю вимогу. Крім того, вибираючи відповідним чином зазор між конусом і колошником і змінюючи величину колоші, рівень насипу й порядок завантаження шихти, можна перерозподіляти шихту й регулювати газовий потік у печі.

Завантаження доменних печей здійснюється за рахунок двошляхових похилих скіпових підйомників [24,25]. Завантаження матеріалів у скіп відбувається в скіповій ямі, розвантаження – на колошнику в прийомну лійку засипного апарата шляхом перекидання (нахилу) скіпа. Перекидання скіпа відбувається внаслідок того, що передні скати скіпа рухаються по рейках, що загинаються донизу, а задні переходять на більше широку колію, що загинається догори. Час

підйому (опускання) скіпа звичайно становить 35 – 45 с., швидкість руху по мосту досягає 3 – 4 м/с [5,6].

В якості засипного устаткування можливо використовувати дво-трьох конусні засипні апарати або без конусні засипні апарати. Безконусний засипний апарат складається із прийомних воронок-бункерів із клапанами, що дозують, шихтових затворів і розподільників. Розподільник цього засипного апарата забезпечує розташування гребеня завантажувальних матеріалів на будь-якій відстані від стінок і осі печі, що відповідає вимогам, які пропонують до завантажувальних пристроїв сучасного доменного виробництва.

Контролювання вмісту матеріалів у бункерах відбувається за допомогою ізотопних датчиків. Тому додаткове зважування їх подальше не планується. Верхні відсічні клапани та нижні відсічні клапани обмежують бункера від зовнішнього середовища та робочого простору печі. Також встановлюються запобіжні клапани на верхній частині бункерів. Інтенсивність висипання шихтових матеріалів регулюється за допомогою шихтових затворів.

Для утримання механізмів, які призначено для завантаження шихти в доменну піч, пристроїв для їхнього монтажу й ремонту використовують колошникове обладнання.

Вогнетривкими матеріалами обраблюють робочий простір доменних печей, ковшів, повітронагрівачів, трубопроводів, жолобів. Вогнетривкі матеріали використовують для того, щоб знизити теплові втрати доменної печі, зберегти кожух печі від дії високої температури, агресивної дії газів, розплавленого рідкого чавуну й шлаків.

Доменне виробництво використовує значну кількість стислого повітря. Важливу роль під час ведення процесу у доменних печах відіграє вода, яка використовується для зниження температури чушок на розливній машині, для грануляції шлаків і при мокрому очищенні

газів від пилу. Вода використовується для зниження температури поверхні доменної печі та машин і механізмів, які її обслуговують.

З метою збільшення кількості виробленого чавуну застосовують дуття, яке збагачується киснем. Значна економія коксу, який використовується при виплавці чавуну відбувається при додаванні в дуття природного газу.

Пара в доменному виробництві використовують для зволоження дуття, що вводиться в горн доменних печей, що сприяє підвищенню їх продуктивності. Пару також використовують для ущільнення.

В доменній печі відбуваються фізико-хімічні процеси, основні з них наведені на рис. 1.6.

Для відновлення заліза й створення високої температури, що доходить до 1700—1900 °С, яка необхідна для плавки шихти й одержання рідкого чавуну, використовують кокс, а порожня порода за допомогою флюсів переходить у шлак [24-26].

Доменний процес ґрунтується на тому що потік шихти який буде зпускатися буде взаємодіти з висхідним потоком газу.

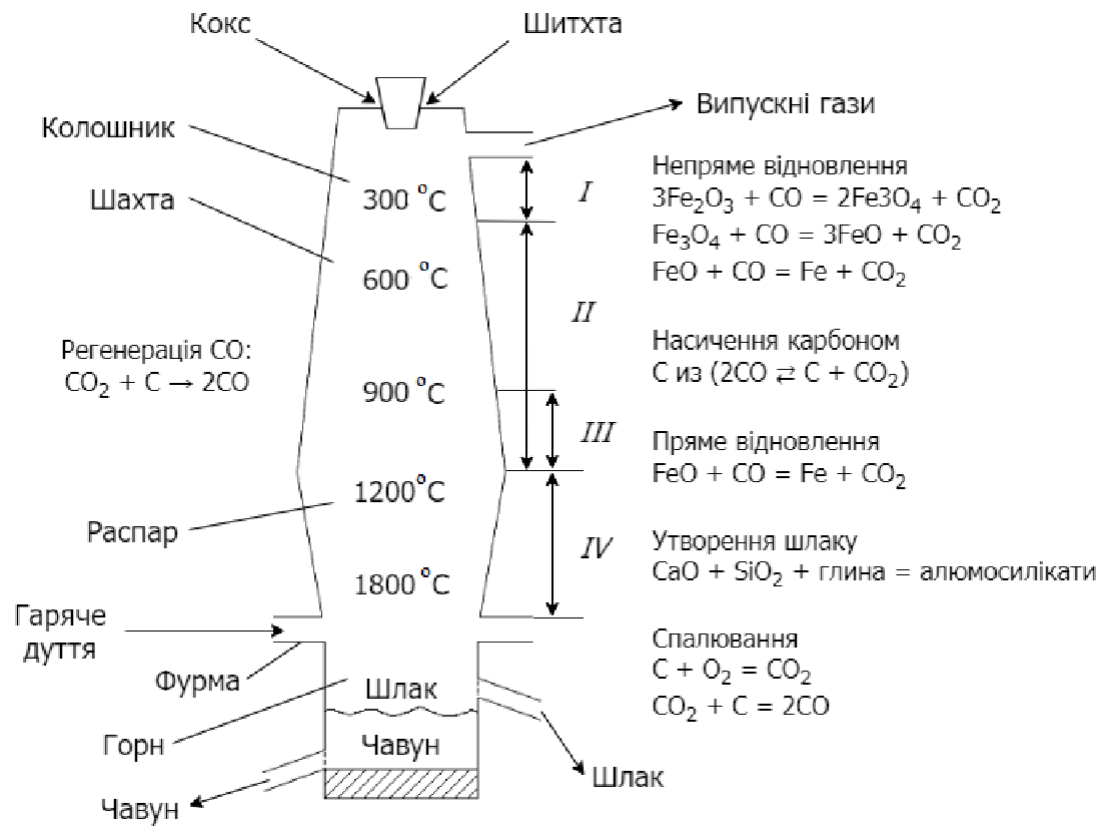


Рисунок 1.6 – Процеси, які відбуваються у доменній печі [24-26]

матеріалами шихти, що назустріч опускається, подається під тиском через повітряні фурми гаряче повітря, яке, стикаючись із розпеченим коксом, утворює окис вуглецю CO, що спрямовується з великою швидкістю до колошника печі.

Під час утворення газу оксиду карбону виділяється значна кількість тепла, тому доменні газы, що відходять мають температуру 190-210 °C. Доменні газы перебувають у печі дуже недовго. Однак за цей час газы роблять велику корисну роботу. Такі газы підвищують температуру шихти, по перетину всієї печі та приводять до утворення чавуну і шлаку. На рис.1.6 зазначені основні етапи протікання процесів у доменній печі: перший - розкладання плавильних матеріалів, другий - відновлення окислів заліза, третій - обезвуглецювання заліза, четвертий - виплавлення чавуну та утворення шлаку.

Поступове розкладання плавильних матеріалів починається з моменту їх вступу в доменну піч. У верхній частині печі температура

вихідних газів рівна 150-300 °С. Під дією цього тепла з коксу віддаляється волога, а потім летучі органічні речовини; залізна руда також віддає свою вологу. У цій верхній зоні, що володіє невисокою температурою, відбувається додаткова підготовка сирих матеріалів до плавки — їх просушка. При подальшому просуванні шихти вниз при температурі зустрічного газу 400—450 °С починається відновлення окислів заліза (тобто відділення кисню від заліза за допомогою вуглецю газу або коксу й частково водню). Основним відновлювачем заліза є вуглець. Цей процес відновлення відбувається у дві стадії, у першій з яких бере участь окис вуглецю, а в другій — твердий вуглець самого коксу.

Перша стадія відбувається в межах температур 400 - 950 °С у шахті печі. Відновлення руди супроводжується поступовим відібранням від неї кисню в результаті сполуки його з окисом вуглецю. Але оксид карбону може відновлювати лише 50% оксиду заліза FeO. Остання частина FeO відновлюється на другому етапі твердим вуглецем, що міститься у коксі при температурах 950 - 1100 °С. Під час процесу відновлення руди утворюється тверде залізо, що має температуру плавлення близько 1140 °С. Далі залізо науглецьовується за рахнок взаємодії з вуглецю газу та коксу. У процесі науглецювання й поступового переміщення карбиду заліза Fe₃C в область високих температур, що перевищують його температуру плавлення, відбувається оплавлення шматків металу й поява перших рідких крапель. Це явище спостерігається при температурі 1250—1300 °С у області розпару або верхньої частини заплечиків.

При відновленні заліза проходить відновлення марганцю та фосфору, які при взаємодії з окисом карбону та вуглецем коксу, відновлюються та переходять до чавуну. Відновлення оксидів сіліціуму та сірки проходить частково. А оксиди кальцію, магнію й алюмінію, що входять до складу порожньої породи є взагалі дуже

стійкими, тому вони повністю переходять у шлак. Утворення рідкого шлаку у печі відноситься до складних хімічних процесів, що відбуваються у доменній печі [24-26] .

Вапняк використовують у доменній печі в якості флюсів, при дії на вапняк високих температур відбувається утворення оксиду кальцію CaO . Оксид кальцію взаємодіє з глиноземом та переводить кремній та сірку у шлаки. Отже, доменні шлаки в своєму складі містять порожню породу шихти, флюси, матеріали футкування та частину оксидів заліза, які були не відновлені оксидом карбону або вуглецем коксу.

Шлаки впливають значно на склад чавуну, а також його температуру. Саме шлаки впливають на вміст шкідливих домішок у чавуні.

Таким чином, аналіз технології виплавки чавуну у доменних печах показав, що шкідливими і небезпечними виробничими факторами можуть бути: механізми, які рухаються та обертаються, незахищені рухомі елементи виробничого устаткування, розплавлений та розпечений метал та шлак, підвищена температура поверхні устаткування та матеріалів, загазованість та запиленість повітря робочої зони, шум та вібрація.

2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Аналіз безпеки технологічного процесу та обладнання при виплавці чавуну у доменних печах

У доменному виробництві до найбільш вірогідних подій, які ініціюють виникнення аварійних ситуацій та інцидентів, відносяться: прогарання горнів і поду доменних печей з витіканням чавуну; прогарання рам і холодильників чавунних льоток доменних печей; аварії при випуску чавуну з печі; прогарання та винос фурмених пристроїв з викидом розплавлених матеріалів; заливання розплавленим металом фурмених пристроїв; прогарання і розриви кожухів шахти і заплічок з викидом матеріалів; розриви і тріщини кожухів печей; вихід з ладу холодильників; несправності завантажувальних пристроїв; несправності в тракті транспортування доменного газу; несправності трактів холодного і гарячого дуття; вихід з ладу клапанів гарячого дуття; несправності в системах енерго- та паро-водопостачання [9].

Доменна піч є високотемпературним агрегатом, який виплавляє чавун, а також споживає і виробляє газоподібне паливо, яке здатне в певних умовах вибухати, викликати пожежі і отруєння персоналу. Досить навести приклади вибухів доменних печей, явища порівняно рідкісного, але резонансного, так як воно зазвичай супроводжується людськими жертвами. Вибух доменної печі №7 Дніпровського металургійного комбінату (Україна) під час її роздування в 1993 р, в результаті якого загинуло понад 20 осіб. В середньому щорічно в світі вибухає одна доменна піч. У 2008 р - аварія на видувці печі D, Burns Harbor (США). На щастя, ніхто не постраждав (рис.1). Вибухи доменних печей відбулися в різних частинах світу, в тому числі на металургійних підприємствах Австрії, Великобританії та США, відомих високим рівнем технології. Це свідчить про те, що доменна плавка сьогодні залишається однією з найбільш небезпечних сучасних технологій виплавляння металу.



Рисунок 2.1 - Аварія на видувці доменної печі D, Burns Harbor (США) в 2008 г [9]

При зупинках доменних печей створюються умови для утворення і вибуху газо-повітряної суміші в міжконусному просторі засипного апарату.

Займання вибухонебезпечної суміші походить від іскор, що вириваються з розпечених шихтових матеріалів, що знаходяться в печі [11].

Вибухи ці можливі тільки при зупинках доменних печей, вони виключаються при дотриманні наступних запобіжних заходів:

1) при короткочасних зупинках (максимум дві години) необхідно подавати пар в міжконусний простір і протягом всього часу зупинки дуття підтримувати в ньому тиск вище атмосферного;

2) при тривалих зупинках дуття (більше двох годин) необхідно відкрити люки газового затвора і конуса, підпалити газ на поверхні шихти в печі і встановити суворий контроль за його горінням.

Для цього на шихтових матеріалах під колошником розводять багаття з дров або завантажують розпечений кокс. Повітря для горіння коксу надходить через відкриті люки на газовідводі.

Нагрівання дуття, що подається в доменну піч, проводиться в спеціальних апаратах – повітрянагрівачів.

Вибухи і хлопки в повітрянагрівачах відбуваються порівняно часто, вони виникають головним чином в зоні пальників під час запалювання газу (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Вибух приміщення повітрянагрівачів і труби на тягу, доменна піч №3 НТМК Н. Тагіл 2012.04.08

Вибухи також відбуваються і при перемиканні повітрянагрівачів «на газ» і навіть під час переведення їх «на дуття». Причиною таких вибухів є утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей внаслідок порушення правил та інструкцій по запаленню газу в пальниках або при переведенні повітрянагрівачів «на дуття».

З теоретичного аналізу випливає, що основними нормованими параметрами безпеки доменного процесу є: маса, склад і швидкість руху шихтових матеріалів, тиск, склад і температура дуття [9].

Доменні печі відносяться до категорії вибухопожежонебезпечних

виробничих об'єктів, в яких використовуються, утворюються і транспортуються вибухонебезпечні і легкозаймісті речовини - рідини, гази, пил, а також рідкі чавун і шлак з температурою 900-1500 °С. Тому неодмінною умовою високопродуктивної та безаварійної їх роботи має бути чітке дотримання технології плавки в конкретних умовах.

У доменному виробництві вибухи виникають при контакті розплавленого металу і шлаку з водою.

Аналіз вибухів промислових газів, які відбуваються на підприємствах чорної металургії показує, що майже 30 % від загальної кількості вибухів припадає на технологічні комплекси доменних печей, які включають повітрянагрівачі, пиловловлювачі і скрубери з прилеглими газопроводами, причому близько 90% цих вибухів доводиться на пуско-зупинні операції, в тому числі: до 60% вибухів на доменних печах виникає при виконанні пускових операцій і близько 40% - при виконанні операцій по зупинці печей [10].

Окремі операції доменного процесу супроводжуються небезпечними виробничими факторами. Випуск чавуну з доменної печі завжди становить небезпеку травмування горнового навіть при вкрай незначних відхиленнях процесу від заданих норм. Це постійно повторюваний фактор.

Основними причинами прориву металу в районі чавунної льотки є [12]: незадовільна якість кладки чавунної льотки, недостатня стійкість вогнетривких матеріалів, які йдуть на футеровку горна і поду; незадовільний контроль стану печі з боку обслуговуючого персоналу і несвоєчасне вжиття заходів щодо недопущення виходу з ладу вогнетривкої кладки горна і поду.

Недостатнє просушування і ненадійне закриття чавунної льотки спричиняє розмивання маси чавуном і аварійного передчасного випуску [12].

Недостатня сушка набивання головного жолобу, чавунних і шлакових жолобів в більшості випадків веде до закипання чавуну в

жолобах, викидів чавуну і шлаку, а в окремих випадках до вибухів [12].

Розрив кожуха доменних печей відносяться до рідкісних, але при цьому важких аварій. Основними причинами розриву кожухів є їх перегрів внаслідок виходу з ладу вогнетривкої кладки і холодильників, несвоєчасне і недостатнє охолодження кожухів, мала міцність кожуха внаслідок неправильного підбору і недостатньої товщини кожуха, низька якість зварних швів, висока напруга в кожусі в наслідок теплового розширення вогнетривкої кладки і недостатня якість заповнення компенсаційного зазору між кладкою і кожухом, а також перегрів кожуха внаслідок проникнення газу в зазор між кожухом і кладкою при зсипання і ущільненні засипки в нижній частині затвору [12].

Періодично відбуваються прогари повітряних фурм на доменних печах. Такий фактор називають випадково-періодичним.

При аналізі частоти розподілу кількості аварійних ситуацій в доменному виробництві по шести позиціях [9-12] встановлено, що на прогари і несправності елементів повітряних фурм; розриви, тріщини, прогари кожуха доменної печі доводиться 34% аварій.

Отже, основними причинами виникнення аварійних ситуацій в доменному процесі є: порушення технологічного режиму роботи обладнання і агрегатів, недостатній рівень професійних знань персоналу та організації виробництва, порушення технологічних інструкцій, незадовільний контроль технологічного процесу, порушення регламенту ревізії технічних пристроїв, неякісний ремонт і налагодження обладнання [9-12].

Для встановлення кількісної оцінки доменного процесу застосовують показник рівня безпеки U_{Π} :

$$U_{\Pi} = 1 - (\Sigma t' + \Sigma \tau' + \Sigma \varphi') / T',$$

де $\Sigma t'$ - загальна тривалість часу, при цьому процес відбувається з порушеннями параметрів безпеки, тобто в зоні високої або низької інтенсивності процесу, год.;

$\Sigma \tau'$ - сумарна тривалість часу екстремальних відхилень процесу, год.;

$\Sigma \varphi'$ - загальна тривалість часу, коли процес протікав з порушеннями параметрів безпеки під впливом зовнішніх чинників або поломки агрегату або його окремих елементів, год.;

T' - час роботи печі або іншого обладнання, год.

Відповідно до вихідних даних, що наведені у завданні до магістерського проекту встановлюємо рівень безпеки доменного процесу. Розрахунок проводимо для печі об'ємом 1513 м³.

Вихідні дані:

Загальні порушення і екстремальні відхилення параметрів безпеки (тривалість в годинах):

1. Порушення параметрів t' :

-	зниження	температури	повітряного	дутьтя	
- 15					
	- зниження якості коксу				- 25
	- зниження витрати природного газу				- 30
	Всього				$\Sigma t' = 70$

2. Екстремальні відхилення параметрів τ' :

-	погіршення дренажу продуктів плавки в горні				- 10
-	зменшення довжини чавунної льотки				- 9
	Всього				$\Sigma \tau' = 19$

3. Порушення параметрів під впливом зовнішніх чинників або унаслідок поломки агрегату, його частин φ' :

-	прогар рами чавунної льотки				- 60
	Всього				$\Sigma \varphi' = 60$

Час безперервної роботи печі за місяць $T' = 720$

Отже, рівень безпеки доменного процесу буде становити:

$$U_{\text{п}} = 1 - (70 + 19 + 60)/720 = 0,79$$

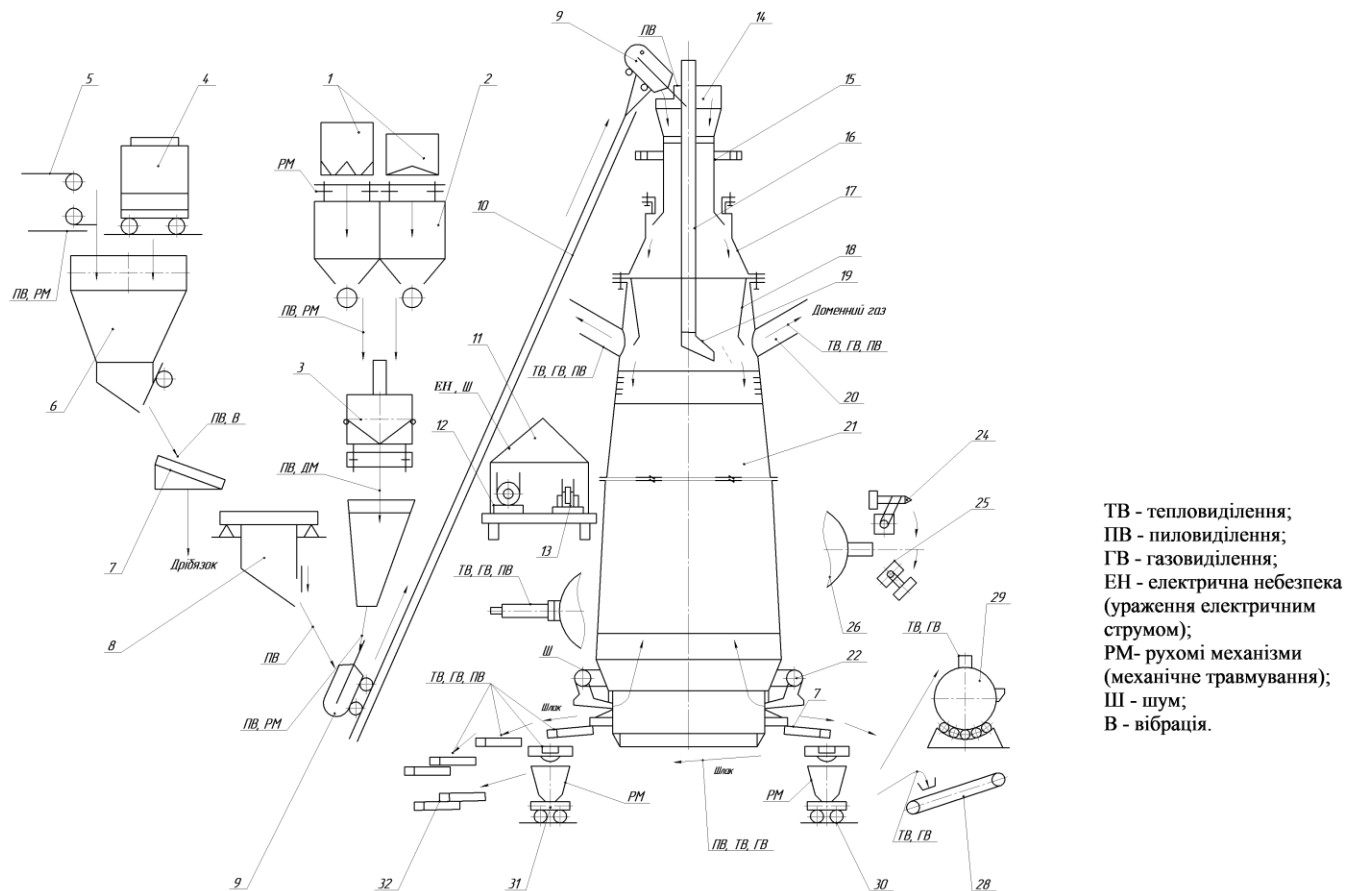
Таким чином, рівень безпеки доменного виробництва є середнім. Отже, відповідно до розрахунків, 21 % від загального часу роботи доменний процес буде відбуватися з відхиленнями, які можуть привести до виникнення аварійних ситуацій.

Дослідження умов праці у доменному виробництві

До шкідливих факторів доменного виробництва відносять: загазованість, запиленість, шум, вібрація, інфрачервоне випромінювання, підвищена температура повітря робочої зони. На рис.2.3 наведена апаратурно-технологічна схема доменного виробництва з зазначенням шкідливих та небезпечних факторів.

До найбільш шкідливих факторів доменного виробництва відносять запиленість та загазованість повітря робочої зони.

На ливарному дворі до джерел пилевиділення та газовиділення відносять поверхню розпеченого металу і шлаку, пилевідкладення на металоконструкціях [12].



1 – саморозвантажуючий вагон; 2 – рудний бункер; 3 – вагон – вази; 4 – коксовий перевантажувальний вагон; 5 – конвеєр з розвантажувальною теліжкою;
 6 – коксовий бункер; 7 – грохот; 8 – воронка-вази; 9 – скіп; 10 – міст скіпового підомника; 11 – Машзал; 12 – скіпова лебідка; 13 – лебідка; 14 – прийомна воронка
 завантажувального пристрою; 15 – оберտальна воронка розподільвача шихти; 16 – безконусний засипний апарат; 17 – газовий затвор засипного апарату;
 18 – чаша засипного апарату; 19 – засипний апарат; 20 – Газопровід доменного газу; 21 – доменна піч; 22 – кільцевий повітровод; 23 – фурменний прилад;
 24 – пушка для заливки чавунної льотки; 25 – машина для взкриття шлакової льотки; 26 – чавунна льотка; 27 – ківш чавуновозу; 28 – розливна машина;
 29 – міксер; 30 – шлакова льотка; 31 – чаша шлаковозу; 32 – устаткування для грануляції шлаку

Рисунок 2.3 – Апаратурно-технологічна схема доменного виробництва: шкідливі та небезпечні фактори

В таблиці 2.1 наведена запиленість повітря робочої зони ливарного двору для доменної печі ємкістю 2000 м³ [12].

Таблиця 2.1 - Запиленість повітря робочої зони ливарного двору для доменної печі ємкістю 2000 м³

Технологічна операція	Концентрація пилу в повітрі, мг/м ³
Випуск чавуну та шлаку:	
- відкриття льотки бурмашиною	16-64
- спостереження за випуском чавуну	10-256
- спостереження за випуском шлаку	15-45
- закриття льотки	14-86
Ремонт головного жолобу:	
- розламування та прибирання футерування та скрапу	85-540
- набивання жолобу	30-160
Ремонт чавунної льотки	45-60
Заміна фурмених жолобів	14-260

На ділянці шихтоподавання спостерігається значне виділення пилу в таких його приміщеннях: бункерна естакада – 185 – 543 мг/м³, на грохотах – 0,5-43 мг/м³; галерея конвеєра, який знаходиться під ухилом – 7-27 мг/м³, пульт керування шихтоподавання - 1-4 мг/м³ [12].

Встановлено, що в підбункерних приміщеннях доменних печей, які оснащені вагон-вагами запиленість повітря робочої зони буде значно вище ніж при транспортерному шихтоподавані.

На ділянці розливки чавуну в приміщені розливних машин при розливці чавуну утворюється в середньому 40 г пилу на 1 т чавуну. У своєму складі пил має: оксиди заліза (не більш 57%), діоксид кремнію (не більш 29%), графіт (не більш 7%). Даний пил надає фіброгенну дію на організм людини [13,14].

Ремонт чавунних та шлакових жолобів супроводжується виділенням токсичних газів: середня концентрація сульфур(IV) оксиду – 19 мг/м^3 , діоксиду вуглецю – 40 мг/м^3 . Забруднення повітря робочої зони діоксидом вуглецю, сульфур(IV) оксидом відбувається в основному при випуску чавуну і шлаку, а також в процесі плавки.

Концентрація діоксиду карбону в повітрі робочої зони коливається в межах $0,5...4 \text{ кг/т}$ виплавленого чавуну [13,14]. Встановлено, що максимальне виділення діоксиду карбону відбувається на колошнику під час роботи засипного апарату. Колошникові майданчики відносяться до газонебезпечних місць I групи. На горновому майданчику концентрація карбон(II) оксиду становить близько 30 мг/м^3 , що перевищує у 1,5 рази перевищує встановлений ГДК для повітря робочої зони [13,14]. Карбон(II) оксид виділяється у повітря приміщень ливарного двору і піддоменнику під час випуску чавуну і шлаку, за рахунок нещільності в кожусі печі і газових комунікаціях, а також утворюється під час згорання коксу.

В доменному цеху спостерігаються підвищений рівень інфрачервоного випромінювання та підвищення температури повітря робочої зони. Виділення значної кількості надлишкового тепла в процесі доменної плавки спостерігається при випуску чавуну і шлаку; інтенсивне інфрачервоне випромінювання - від продуктів плавки, а також від розігрітих поверхонь технологічного обладнання.

Встановлено, що тепловиділення від доменних печей, комунікацій і жолобів, які остигають, становлять для печі об'ємом 1513 м^3 приблизно $1,91 \text{ млн. кДж/год}$ [13-14]. Інтенсивність інфрачервоного випромінювання від розплавленого чавуну становить у межах від $0,48$ до $4,3 \text{ кДж/см}^2/\text{хв}$. Визначено, що інфрачервоне випромінювання у доменному цеху обумовлює нагрівання до $50-80 \text{ }^\circ \text{C}$ конструкцій, підлоги, стін, які в свою чергу діють як вторинні джерела тепловипромінювання [12-14].

Встановлено, що на мікроклімат підбункерних приміщень впливає такі чинники: тепловиділення від агломерату і неорганізованого надходження зовнішнього повітря. Так, у теплий період року в

підбункерних приміщеннях діє нагріваючий мікроклімат. У холодний період року надходження мас холодного повітря часто переважає над тепловими надлишками, в результаті чого приміщення вихолоджується і в ряді випадків спостерігаються негативні температури повітря [14].

Теплове опромінення, якому піддається персонал доменних печей, коливається в широких межах. Джерелом випромінювання [8,16] є розплавлені маси чавуну і шлаку, гарячий агломерат, нагріті елементи конструкцій і т.п. Рівень опромінення на ливарних дворах доменних печей становить: при підготовці шлакової льотки і жолоба від 0,35 до 7,0 кВт/м²; і під час випуску шлаку до 14,0 кВт/м²; при підготовці головного жолоба і під час розтину чавунної льотки від 2,1 до 6,3 кВт/м²; у головного горнового жолоба під час випуску чавуну до 15,4 кВт/м², в пульті управління електрогарматою від 0,18 до 3,3 кВт/м²; на майданчику під час наповнення ківшу чавуном від 0,7 до 4,9 кВт/м²; під час спостереження за роботою фурми випромінювання від 0,35 до 2,8 кВт/м² [13-15].

В табл.2.2 наведені параметри мікроклімату повітряного середовища на робочих місцях ливарного двору доменних печей.

Таблиця 2.2 - Параметри мікроклімату повітряного середовища на робочих місцях ливарного двору доменних печей 2000 м³ (теплий період року)

Технологічна операція	Температура, °С	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
1	2	3	4
Випуск чавуну та шлаку:			
- розкриття льоток бурмашиною	20-40	30	0,5
- спостереження за випуском чавуну	20-30	40	0,6
- спостереження за випуском шлаку	22-30 24-35	40 45	0,4 0,5
- закриття льотки			
Ремонт футеровки головного жолобу:			
- ламання та прибирання футеровки та скрапу			
- набивання жолобу	30-35 20-30	90 80	0,5 0,4

1	2	3	4
Ремонт чавунної льотки	34	40	0,3
Заміна фурмених приладів	25-30	40	0,3

Під час ведення доменного процесу спостерігається виникнення шуму на робочих місцях працівників цеху. Джерелами шуму у доменному цеху є : перевантажувальні вагони, рудні і коксові бункера, вагон - ваги, воронка, грохот, воронка - ваги, скіп, газопровід газу доменного, гармата, фурми доменної печі, клапан «Снорт». У табл. 2.3 наведена характеристика джерел шуму основного устаткування доменного цеху [12,14].

Таблиця 2.3 - Характеристика джерел шуму основного устаткування доменного цеху

Найменування устаткування	Рівень шуму		Рівень звукової потужності в дБ в октанових смугах зі середньгеометричними частотами, Гц							
	Корегований рівень звукової потужності, дБА	Загальний рівень звукової потужності, дБС	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Фурма доменної печі	111	113	105	103	105	104	104	103	104	104
Газовий пальник повітрянагрівача	115	118	110	108	109	110	109	106	109	107
Привод скіпу	107	112	109	97	104	105	104	97	89	81
Грохот інерційний коксовий	113	117	112	111	106	109	109	107	103	96
Живильник барабанний	97	105	99	95	101	95	91	83	76	67
Клапан "Снорт"	121	125	115	121	111	112	112	117	115	109

Таким чином, ведення доменного процесу супроводжується значними пило- та газовиділенням, тепловиділенням, інфрачервоним випромінюванням та шуму.

За практичними даними було складено карту умови праці для трудового процесу горнового доменної печі (табл.2.4).

Таблиця 2.4 – Оцінка шкідливих факторів виробничого процесу робітника - горнового доменного виробництва

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач.	Факт. знач.	III клас – шкідливі і небезпечні умови праці та характер праці			Час дії фактора, %, за зміну
				Iст.	IIст.	IIIст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м³ <u>II клас безпеки</u> Марганцю оксиди <u>III клас безпеки</u> Азота диоксид Ангидрид сірчистий Монооксид вуглецю	0,3 2,0 10,0 20,0	1,28 2,6 16,8 23,5	 1,3 1,68 1,18		4,26	80
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м³	4,0	18,5		4,63		80
3	Шум, дБА	80	86	6			80
4	Мікроклімат в приміщенні (теплий період): - температура, °C - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,5 75 140	31 0,45 41 3000	 - -	5	3000	80
5	Важкість та напруженість праці	III, напружена					

Таким чином, умови праці горнового доменної печі відносять до важких III ступеню. Робоче місце горнового має 3 фактори III класу I ступеня, 2 фактори III класу II ступеня, 2 фактори III класу III ступеня.

Характеристика приміщень цеху по небезпеці поразки електричним струмом

Споживачами електроенергії в доменному цеху є приводи наступних агрегатів: вагон-ваг, скіпового підйомника, механізмів колошнику,

мостових і козлових кранів, вентиляторів системи аспірації, вентиляторів, що подають повітря на пальники повітрянагрівачів.

В залежності від ПБЕ виробничі приміщення поділяють на три категорії. В результаті теоретичного аналізу встановлено:

Ливарний двір і піддоменник - сухі, жаркі, пильні. Відносна вологість повітря менше 60 %, температура повітря 32..40 °С, струмопровідний пил (містить в основному оксиди заліза і графіт), виділяється в основному при випуску і розливанні чавуну і шлаку.

Підбункерні приміщення - пильні. Це обумовлено тими технологічними процесами, які тут відбуваються (дозування, вантаження сировини до скіпів і так далі)

Приміщення пультів управління доменною піччю і пультів управління газоочисткою можна віднести до приміщень з нормальним середовищем.

По небезпеці поразки струмом всі виробничі приміщення згідно ПБЕ [27] можливо поділити на три категорії: з підвищеною небезпекою поразки струмом; особливо небезпечні; без підвищеної небезпеки.

Приміщення без підвищеної небезпеки: конторські приміщення у доменному цеху, приміщення пультів керування, кімнати відпочинку.

До приміщень з підвищеною небезпекою у доменному цеху належать: приміщення майстерень та електричних установок.

Особливо небезпечними є: ливарний двір і піддоменник, підбункерні приміщення, тунелі, підвали, колодязі доменного цеху

У доменному виробництві до пожежонебезпечної зони класу П-П відносяться підбункерні приміщення, так як тут виділяється горючий пил – коксовий, з нижньою концентраційною межею займання більше ніж 65 г/м³.

До зони класу П-Па у доменному цеху належать кабельні галереї, приміщення пультів керування.

Простір біля зовнішніх установок системи газоочищення доменного газу належить до вибухонебезпечної зони класу В-1г. Для зовнішніх

технологічних апаратів, які містять горючі гази, вибухонебезпечна зона класу В-1г вважається в межах до 3 м по горизонталі і вертикалі.

У доменному цеху для живлення електричної мережі використовують змінний струм напругою 380/220 В. Для живлення електродвигунів потужністю більше 200 кВт у доменному цеху використовують напругу 6 кВ. Чотиридротову мережу трифазного струму з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 використовують для живлення основної кількості обладнання доменного цеху.

Дослідження пожежної небезпеки доменного виробництва

До основних причин виникнення пожеж у доменному цеху відносять: неправильна експлуатація електроустаткування; несправність електроустаткування; попадання рідких продуктів плавки на горючі матеріали; вибухи доменного газу при його витоках.

У доменних печах застосовують наступні речовини, які можуть призвести до виникнення пожеж:

- доменний газ, який утворюється в результаті виплавлення чавуну у доменній печі. Він використовується в суміші з природним газом для роботи повітрянагрівачів. Має межі займання (46...68) %, температура самозаймання – (500..600) °С [12,26].

- природний газ використовується для роботи повітрянагрівачів, також для додавання в доменне дуття. Має межі займання (5..17)%, температура самозаймання - 530 °С [12,26].

- мінеральні масла використовують в системах змащення і гідроприводу механізмів доменного обладнання. Температура мінеральних мастил - (150..180) °С, температура самозаймання мастил (250...400) °С [26].

- кокс – застосовується у якості палива, температура займання коксу - 400°С , температура самозаймання коксу - 550°С [20, 21].

- ацетилен в доменному виробництві використовують лише для зварювання і різання металу; межа займання ацетилену (2,5...81) %, температура самозаймання ацетилену - 335 °С [26].

- бавовняна електроізоляція, гумова електроізоляція, пластикова електроізоляція.

- робочі дерев'яні меблі; температура займання деревини становить (270...300) °С , самозаймання – (330...470) °С [26].

- рідкий чавун і шлак.

У доменному цеху до вибухопожежонебезпечної категорії А належать газорозподільні і газорегуляторні пункти. До вибухопожежонебезпечної категорії Б належать приміщення транспортування пиловугільного палива в піч, закриті галереї для переміщення коксу.

До пожежонебезпечна категорії В у цеху належать підбункерні приміщення, склади мастил, приміщення трансформаторів, маслотунелі гідравлічних систем, електрокабельні приміщення.

До категорії Г у доменному цеху належать ливарний двір і піддоменник. До категорії Д у доменному виробництві належать склади руди, приміщення щитів управління, механічні і електроремонтні майстерні.

Відповідно до теоретичного аналізу технологічного процесу встановлено, що ступінь вогнестійкості приміщень доменного цеху повинна відноситися до Ша [26]. Тому для поліпшення та збільшення межі вогнестійкості рекомендовано в приміщеннях доменного цеху використовувати гіпсокартонні листи для обробки металевих конструкцій.

3 ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

Проектування заходів та засобів з охорони праці в доменному виробництві

В результаті, аналізу наведеного в розділі 2 найбільш шкідливими факторами доменного виробництва є: газо- та пиловиделення, теплове та інфрачервоне випромінювання, шум.

Зниження концентрації пилу в повітрі робочої зони. В ливарному дворі для зменшення пиловиделення в момент випуску чавуну та шлаку біля льотки необхідно впроваджувати відсмоктування газів. Запобіганню пилегазовиділенню в простір ливарного двору сприяє укриття головного жолобу від льотки до скіммеру на період випуску чавуну. В кінці головного жолобу на скіммері відбувається розділення чавуну і шлаку. Під час цього утворюються гази, які необхідно відбирати відсмоктувачем в районі скіммеру. Далі чавун та шлак по транспортним жолобам рухаються на колихаючі жолоби. Пройоми колихаючих жолобів укриті кришками, які рухаються. Відсмоктування від жолобів, що колихаються, проводиться двома збірними отворами, виконаними в стінках пройомів жолобів.

Зменшення кількості пилу, який виділяється на рудних дворах, можливо домогтися за рахунок механізації та автоматизації робіт на рудному дворі, встановлення вагоноперекидачів, які обладнані пристроями для очищення вагонів від шихтових матеріалів, транспортування шихти на бункерну естакаду в вагонах, що саморозвантажуються, подачі шихти з рудного двору на бункерну естакаду конвеєрами [12].

Високоєфективним засобом боротьби по зниженню концентрації пилу є його пилопридушення при використанні дрібнодисперсної води, що розпилюється в місцях утворення пилу (при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт).

В галереях конвеєрів для подачі шихтових матеріалів слід передбачати укриття перевантажувальних вузлів і інших місць пилоутворення з пристроєм аспірації, зрошення водою місць пиловиділення [8,15,16].

Для запобігання доступу пилу в приміщення галереї під час розвантаження вагонів з агломератом на бункера галерея коксоподачі ізолюються від залізничних колій.

Значне пиловиділення відбувається при завантаженні шихтових матеріалів з бункера до вагон-ваг і при вивантаженні з вагон-ваг в скіп підйомника. Зменшення концентрації пилу в повітрі робочої зони досягається за рахунок герметизації кабіни керування вагон-ваг, організації припливної вентиляції в кабіну керування.

В розділі 2 встановлено, що значний внесок в масовий викид пилу в повітря робочої зони здійснюють живильники та грохоти, то необхідно організувати укриття та аспірацію в місцях де встановлено це обладнання.

Для зменшення пиловиділення необхідно для подачі шихтових матеріалів застосовувати скребкові конвеєра КПС(2м) з системою аспірації. Скребкові конвеєри переміщують вантаж рухомими по жолобу скребками. Такі скребкові конвеєри використовують для переробки сипких або кускових вантажів, що надходять в жолоб через завантажувальну воронку. Робочою гілкою є нижня. Контур перетину жолоба і конфігурація скребків - прямокутна. Скребки скребкового конвейеру штамповані зі листової сталі, а жолоба – металеві. Скребкові конвеєри в порівнянні з пластинчастими мають меншу масу, можуть завантажуватися і розвантажуватися в будь-якій точці по всій довжині жолоба [12,14,16]. Скребкові конвеєр використовують для транспортування вантажу на відстань до 100 м. Скребкові конвеєри забезпечують пилонепроникність внутрішньої порожнини, можливість дистанційного керування, можливість завантаження і розвантаження в будь-яких точках траси,

можливість охолодження гарячого вантажу, можливість самодозування, мінімальне подрібнення вантажу.

Захист від надлишкових тепловиділень. До основних параметрів мікроклімату виробничих приміщень відносять: теплове випромінювання, швидкість руху повітря на робочому місці, вологість повітря робочої зони, інфрачервоне випромінювання [8,15,16]. Оптимальний мікроклімат в приміщенні цеху забезпечує підтримку теплової рівноваги між організмом працівника і навколишнім середовищем. Метеорологічні умови робочого середовища впливають на процес теплообміну і характер роботи. Відомо, що тривала дія на працівника несприятливих метеорологічних умов значно погіршує його самопочуття, знижує продуктивність праці і призводить до виникнення захворювань. Висока температура повітря сприяє швидкій стомлюваності працівника, може призвести до перегріву організму та виникненню теплового удару. В свою чергу, низька температура повітря робочої зони може сприяти виникненню місцевого або загального охолодження організму або навіть може стати причиною виникнення захворювання або обмороження [8,16].

Для забезпечення на заданому рівні параметрів мікроклімату необхідно використовувати кондиціонуванням або вентиляцією повітря робочої зони.

Всі заходи захисту від надлишкового теплового випромінювання у доменному цеху поділяють на чотири групи: заходи, які усувають джерело тепловиділень; засоби, які захищають від теплового випромінювання; заходи, які полегшують тепловіддачу тіла людини; заходи індивідуального захисту.

В роботах [8,15,16] зазначено, що при зміні технології можливо усунути джерела тепловиділень; використання автоматизованої та механізації роботи дозволить скоротити час перебування робітників у зоні дії надлишкового випромінювання або зовсім виключити таку дію на організм працюючого; скорочення довжини паропроводів і газопроводів. Захист від прямої дії теплового випромінювання здійснюється в

основному екрануванням, тобто встановленням термічного опору (перешкоди) на шляху теплового потоку [12].

Застосування водяної завіси, яку влаштовують в місцях технологічних отворів доменних печей і через яку вводять всередину печі прилади для вимірювання, оброблювані матеріали, заготовки також зменшує кількість тепловиділень, що надходять у повітря робочої зони..

Важливе місце має і правильна організація праці та відпочинку працівників, що виконують трудомісткі роботи в гарячих цехах.

Теплозахисні засоби повинні забезпечувати теплове опромінення на робочих місцях не більше 350 Вт/м^2 і температуру поверхні обладнання не вище 45°C при температурі всередині джерела тепла вище 100°C [12].

У доменному цеху в якості теплоізоляційних матеріалів для трубопроводів пари і гарячої води можуть бути використовують матеріали з мінеральної вати.

Захист від шуму. Надмірний шум обмежує можливе підвищення потужності обладнання. Це заважає правильній організації і проведенню виробничих процесів, негативно позначається на продуктивності праці. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум чинить негативний вплив на серцево-судинну і центральну нервову систему. На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств гранично допустимий рівень звуку встановлено 80 дБА, для якого ймовірність пошкодження слуху практично дорівнює нулю при будь-якому етапі роботи. [17]

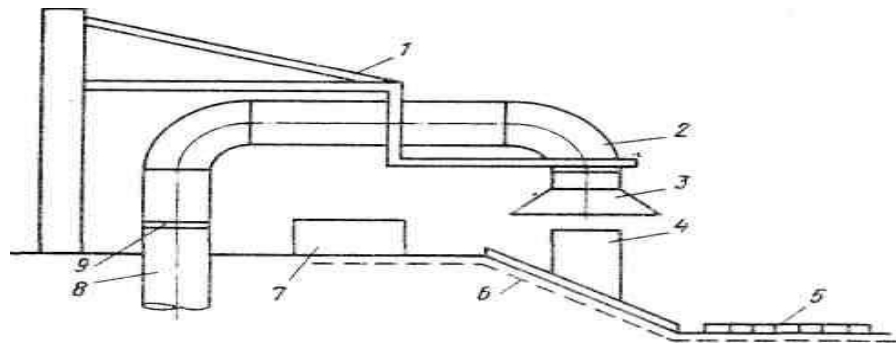
Найбільш шумоопасним обладнанням в доменному цеху є клапан «Снорт», газові пальники повітрянагрівачів, віброживильники, фурми доменних печей [8, 17]. Для зниження шуму від клапана «Снорт» рекомендується застосувати глушник.

Вентиляція і кондиціонування. Зі збільшенням потужності доменних печей відповідно зростає повітрообмін, який здійснюється механічною вентиляцією. Аналіз досвіду проектування і експлуатації вентиляційних систем підтверджує доцільність централізації систем вентиляції, що

забезпечує підвищення надійності, довговічності і спрощує їх ремонт і обслуговування [8,15,16]. Централізація вентиляційних систем дозволяє використовувати технологічні вентилятори, що володіють високою надійністю. На підставі ряду досліджень встановлено, що повітрозабір необхідно видаляти від доменного цеху в зоні, де концентрація пилу в повітрі стабілізується і знаходиться на рівні, близькому до середніх значень вмісту пилу в атмосферному повітрі металургійного підприємства. Під час визначення необхідного місця розташування повітрозабору необхідно враховувати стан повітряного середовища за вмістом токсичних газів, а також переважний напрямок вітру.

Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці на майданчику, де працює горновий і ливарному дворі в основному застосовуються аерація і аспірація. Джерела пилегазовиділення специфічні, тому системи аспіраційних укриттів відрізняються різноманітністю конструкцій. Аспіраційні системи ливарних дворів по призначенням і розміщенням можна умовно розділити на наступні групи: аспіраційні пристрої, розміщені під льоткою доменної печі і головним жолобом; аспіраційні пристрої, розміщені над чавунними і шлаковими жолобами, аспіраційні пристрої, розміщені над місцем зливу чавуну та шлаку в ковші; аспіраційні пристрої, розміщені над ливарними дворами [8,15,16]. Схема аспірації ливарного двору представлена на рис.3.3.

Пристрої, що передбачають укриття джерел газопилевиділень і установку місцевих відсмоктувачів безпосередньо над місцями викидів, дозволяють поліпшувати санітарний стан в робочій зоні і відводити на очистку порівняно невеликі обсяги газів (рис. 3.1 [14]). Аспіраційні укриття жолобів поєднуються з футерованими кришками жолобів. Кришки бувають знімними або виконуються з приводом для їх відводу в сторону при ремонті жолобів. Пристрій для відсмоктування газів над скіммером і чавунним жолобом показано на рис.3.1.



1- консольно-поворотна опора; 2 - газохід; 3 - витяжний зонт; 4 - кришка з видвідною трубою; 5 - плоскі кришки; 6 - жолоби для чавуну; 7 - кришка над скіммером; 8 - газохід до колектору; 9 - рухоме з'єднання

Рисунок 3.1 - Пристрій для відсмоктування газів над скіммером і чавунним жолобом

Відсмоктане повітря від аспіраційної системи бункерної естакади, скіпової ями і приймальної воронки засипного апарату направляється в систему апаратів газоочищення. Виділення пилу з газів відбувається в рукавних фільтрах або циклонах. Далі пил, який вловлюється в апаратах очищення за допомогою шлюзових живильників дозується на скребкові конвеєри КПС-200. Далі пил переміщується на скребковий конвеєр КПС-250. Вивантаження пилу з конвеєра відбувається в бункер. З бункеру пил передається на барабан-зволожувач, де метою зменшення пиловиносу проходить його зволоження. Зволожений пил по жолобу направляється до вагону. Для того щоб не допустити потрапляння пилу до повітря робочої зони над місцем розвантаження барабану встановлюють витяжний зонт [8,17].

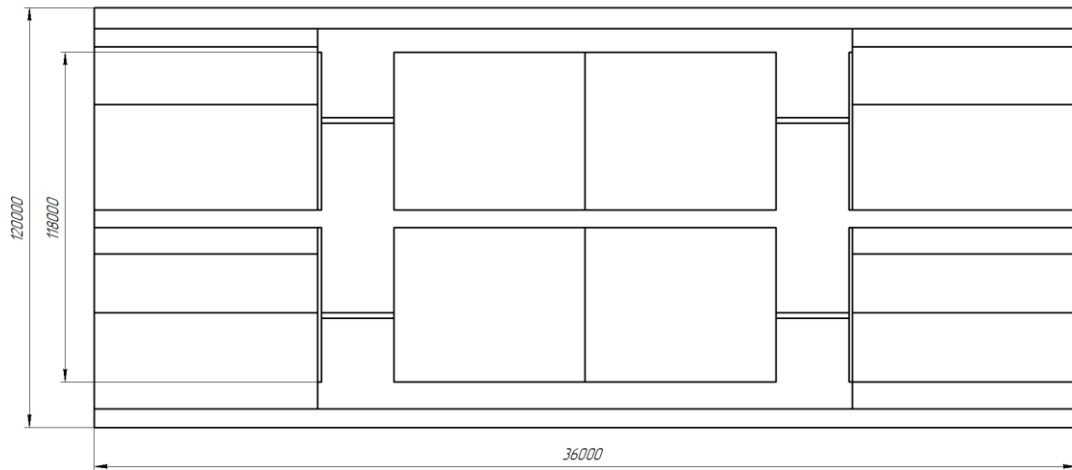
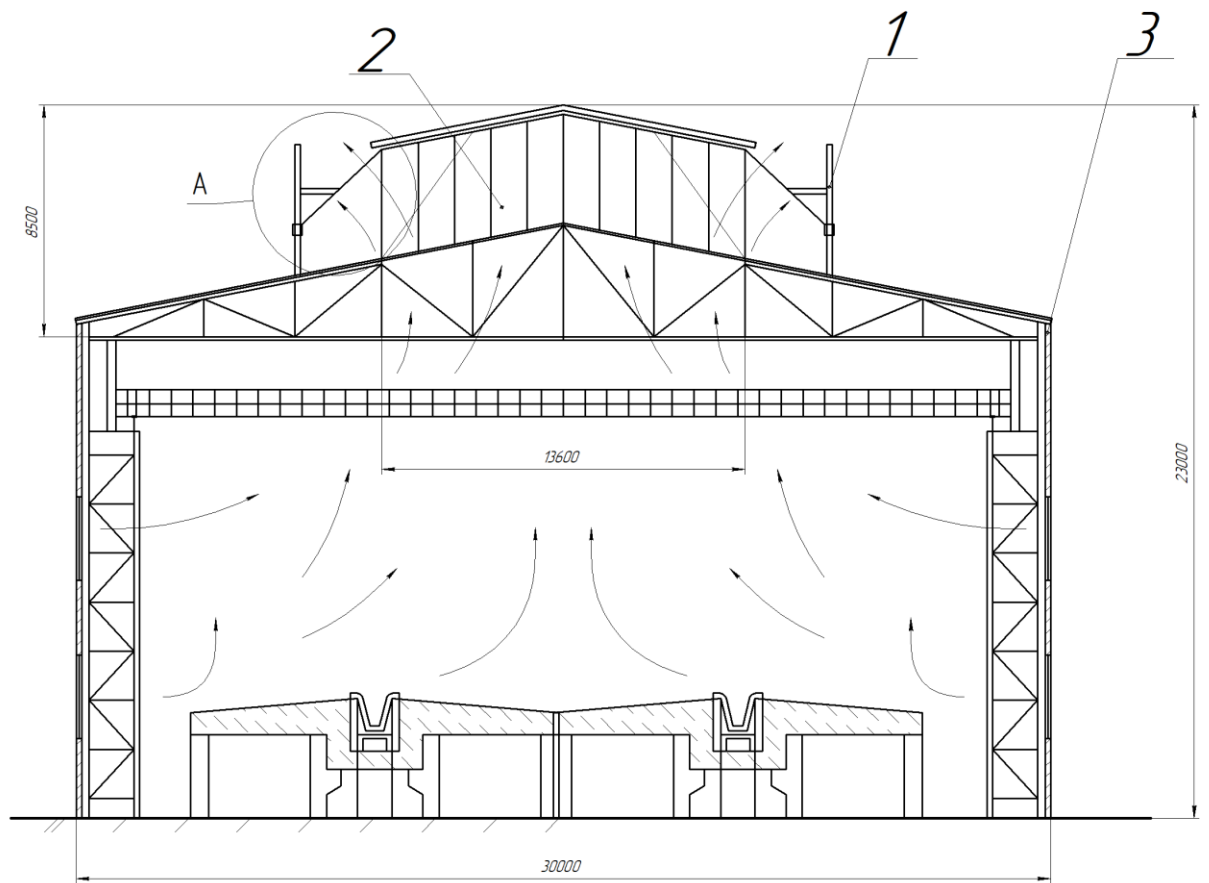
Організація вентиляції ділянок розливки чавуну. В результаті розливки чавуну на розливній машині проходить виділення: вологої пари, значного тепла, пилу. Видалення надлишкового тепла і вологої пари відбувається через аераційні ліхтарф. Організації системи аспірації в зоні

розливки чавуну в ковші встановлюють місцеву витяжну вентиляцію. Витяжні зонти встановлюють над ковшем і над місцем зливу чавуну.

Організація системи аерації. Для організації ефективного способу зменшення надлишкового тепловиділення є аерація. Аерація організується за рахунок встановлення витяжних ліхтарів на кришах ливарних дворів та встановлення припливних та витяжних отворів в нижній частині та верхніх частинах стін приміщень цеху. Припливні отвори - це вікна з стулками, що можуть закриватися жалюзійними ґратами. Аерація утворює великий повітрообмін в приміщеннях ливарного двору, але при цьому будуть маленькі капітальні та експлуатаційні витрати. Згідно проекту аерація організується у приміщеннях ливарного двору, приміщеннях де розміщені повітрянагрівачів, приміщенні де встановлені розливної машини.

Для аерації в цеху влаштовані три ряди отворів в поздовжніх стінах будівель: перший ряд - на рівні 1 м від підлоги, другий - 4,2 м і третій - на рівні підкранових балок. Видалення повітря здійснюється з верхньої зони, так як мають місце надлишки тепла [8,15,16,30] (рис.3.2).

Припливна вентиляція – душення. З метою зменшення надлишкової температури на робочих місцях у доменних цехах організують душення.



1 – панель, яка повертається, 2 – укриття торця аераційного ліхтаря
покрівельною сталлю, 3 – сталеві залізобетонні плити перекриття

Рисунок 3.2 - Аерація ливарного двору доменного цеху

Система подачі потоку повітря і обдування поверхні тіла працюючого сприяє нормальному теплообміну між тілом людини і навколишнім середовищем. Організація повітряного душу забезпечує створення на робочому місці оптимальної (допустимої) температури та вологості повітря, які відповідають гігієнічним і фізіологічним вимогам. Даний вид вентиляції виключає організацію загальної вентиляції в цеху [8,15,16]. Завдяки обдування тіла працівника прохолодним чистим повітрям поліпшується теплообмін тіла з повітрям та покращується самовідчуття працівника в процесі його трудової діяльності. При організації повітряного душу на робочому місці необхідно дотримуватися норм швидкості повітря робочої зони ДСН 3.3.6.042-99. Перевищення швидкості руху повітря на робочому місці вище нормованих значень є неприпустимим, так як викликає неприємні відчуття в очах, шум у вухах і призводить до погіршення загального стану працюючого.

У разі влаштування душу безпосередньо у робочого місця слід застосовувати насадку конструкції В. В. Батуріна. Агрегат складається з вентилятору з вісьмома лопатками типу ЦАГІ і електродвигуна типу СТ-4, змонтованих на одному валу. Для вирівнювання потоку повітря насадка Батуріна забезпечена 24 лопатками.

Опалення основних приміщень організується відповідно до (ДБН В.2.5-67:2013). повітряне, сполучене із припливною вентиляцією. Подавання підготовленого повітря на робоче місце здійснюється установками, які розташовують групами.

Для видалення надлишкового тепла на ливарному дворі доменному цеху організують повітрообмін, особливо в літню пору, тому на ливарному дворі доменному цеху організують природну вентиляцію. Аерація ґрунтується на різниці внутрішньої температури повітря і зовнішня температури і вітрового напору. Для аерації організують отвори в стінах приміщення: нижній ряд – для подавання повітря в теплий період року (вони облаштовуються на висоті не більш 1,8 м); верхній ряд –

використовують у холодний період - на висоті не менш ніж 4 м. На криші при міщень встановлюють дефлектори або аераційний ліхтар.

Відповідно до ДСНЗ.3.6.042-99 норми параметрів мікроклімату для горнового повині відповідати величинам, що наведені у табл.3.1.

Відомо, також, що не правельно облаштоване освітлення шкодить безпечному проведенню робіт та призводить до збільшення рівня травматизму і підвищує рівень професійної захворюваності.захворювань очей. Розрізняють природне й штучне освітлення.

Таблиця 3.1 – Величини нормованих параметрів повітря робочої зони горнового ь

Категорія	Період року						Температура повітря поза постійних робочих місць, T, °C		
	На постійних робочих місцях								
	Температура повітря, t, °C		Відносна вологість повітря, φ, %		Швидкість руху повітря, W, м/с				
Важка - III	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	
	Холодний період								
	16-18	13-19	40-60	75	0,3	Не більше 0,4	19-22	12-20	
	Теплий період								
18-20	15-26	40-60	75	0,4	0,2-0,6	22-24	13-28		

Усвітлі години доби природне освітлення в приміщенні забезпечує рівень освітленості на робочих місцях. Природне освітлення ливарного двору доменного цеху організують через прорізи в стінах, через світлові прорізи в аераційних ліхтарях та одночасно з використанням двох попередніх варіантів

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 на ливарних дворах та робочих площадках доменних цехах облаштовують штучне освітлення .

Аварійне освітлення облаштовують з використанням незалежного джерела живлення. Для безпечної організації евакуації людей з приміщення цеху облаштовують аварійне освітлення. Для цього освітленість на рівні

підлоги у будівлі цеху повинна мати значення не менше ніж 0,5 лк і на відкритих територіях не менш 0,2 лк.

Проектування заходів щодо зменшення пиловиделення в повітря робочої зони

Розрахунок укриття барабана-зволожувача. При організації системи аспірації бункерної естакади застосовують укриття барабана-зволожувача. На рис.3.3 наведена аспірація бункерної естакади

Витрата повітря, що видаляється з укриття визначається за формулою, м³/год: $L_y = L + L_n$,

де L — витрата повітря, яке потрапляє в укриття за рахунок ежекції матеріалу, м³/год;

L_n — витрата повітря, яке поступає в укриття за рахунок розрідження, м³/год;

$$L = 0,04 \cdot K \cdot G_m \cdot V_k^2,$$

де G_m — кількість матеріалу, який завантажується, приймаємо рівним продуктивності барабана-зволожувача, м³/год, $G_m = 60$ м³/год ;

K — коефіцієнт, який залежить від конструкції укриття та умов надходження матеріалу, $K = 2,25$;

V_k — швидкість руху матеріалу при вході до укриття, м/с.

Розраховуємо швидкість руху матеріалу при вході до укриття, м/с:

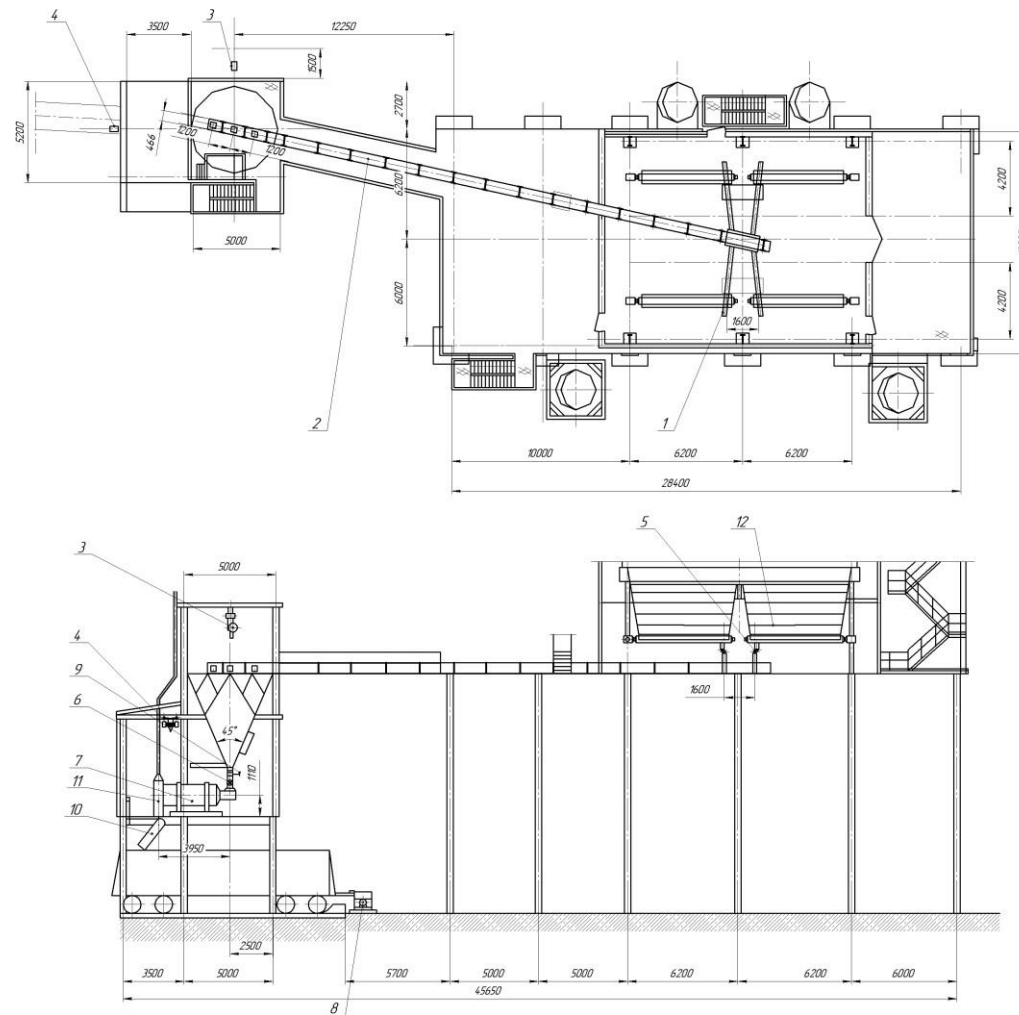
$$V_k = 0,0963 \cdot D_6 / t,$$

де D_6 — діаметр барабану, м, $D_6 = 1,6$ м;

t — час одного обертання барабану, год, $t = 0,008$ год;

$$V_k = 0,0963 \cdot 1,6 / 0,008 = 19,26 \text{ м/с}$$

Відповідно, витрата повітря, яке надходить до укриття за рахунок ежекції матеріалів становить, м³/год:



1 – конвеєр скребковий КПС-200; 2 – конвеєр скребковий КПС-320; 3,4 - таль електрична; 5,6 – живильник шлюзовий; 7 – барабан-зволожувач; 8 – устаткування маневрової лебідки; 9 – затвор шибєрний; 10 – жолоб підйомний; 11 – укриття барабана; 12 – рукавний фільтр

Рисунок 3.3 – Витяжна вентиляція бункерної естакади доменного цеху

$$L=0,04 \cdot 2,25 \cdot 60 \cdot 19,26^2 = 2003,17$$

Об'єм повітря, який надходить в укриття через нещільності за рахунок розрідження, яке створюється в укриття, м³/год:

$$L_n=3600 \cdot F_n \cdot V_n,$$

де F_n — сума поверхні нещільностей, м², $F_n = 0,4$ м²;

V_n — мінімальна швидкість повітря в нещільностях, м/с,
 $V_n = 3$ м/с [14];

Розраховуємо витрату повітря, яке потрапляє в укриття, м³/год:

$$L_n=3600 \cdot 0,4 \cdot 3 = 4320$$

Кількість повітря, яке видаляється з укриття, м³/год:

$$L_y = 2003,17 + 4320 = 6323,17$$

Таким чином, встановлено, що для організації системи аспірації бункерної естакади необхідно видаляти від укриття барабана-зволожувача 6323,17 м³/год пилогазової суміші від барабана-зволожувача.

Проектування заходів по зменшенню впливу підвищеної температури на працівників ливарного двору

Для поліпшення умов праці горнового необхідно організувати на його робочому місці припливну місцеву вентиляцію. Приймаємо площу робочого місця на якому буде організована припливна вентиляція з використанням патрубку для душування Батуріна рівною $dp = axb = (1 \times 1)$ м².

Інтенсивність інфрачервоного опромінення горнового становить за практичними даними 3000 Вт/м² (табл.2.4). Допустима швидкість на робочому місці горнового $v_p = 0,5$ м/с (ДСН 3.3.6.042-99). Відстань від

патрубка Батуріна до майданчика, де розміщено робоче місце горнового -
 $ax = 2,5$ м. Температура на робочому місці $t_p = 31^\circ\text{C}$, $t_{нар} = 34^\circ\text{C}$,
 температура в цеху $t_{зовн} = 37^\circ\text{C}$.

1. Встановлюємо патрубок Батуріна, який має наступні
 характеристики: $d_0 = 400$ мм, коефіцієнт турбулентності $a = 0,12$ [12,14].

2. Діаметр поперечного перерізу струменю d_x на заданій відстані від
 патрубка Батуріна:

$$d_x/d_0 = 6,8(ax/d_0 + 0,145),$$

$$d_x = 6,8(ax + 0,145d_0),$$

$$d_x = 6,8(0,12 \cdot 2,5 + 0,145 \cdot 0,4) = 2,43 \text{ м.}$$

3. Визначаємо співвідношення $d_p/d_x = 1 / 2,43 = 0,412$.

4. За графіком при $d_p/d_x = 0,412$ знаходжу значення коефіцієнтів $b =$
 $0,32$; $c = 0,33$ (рис.3.4)

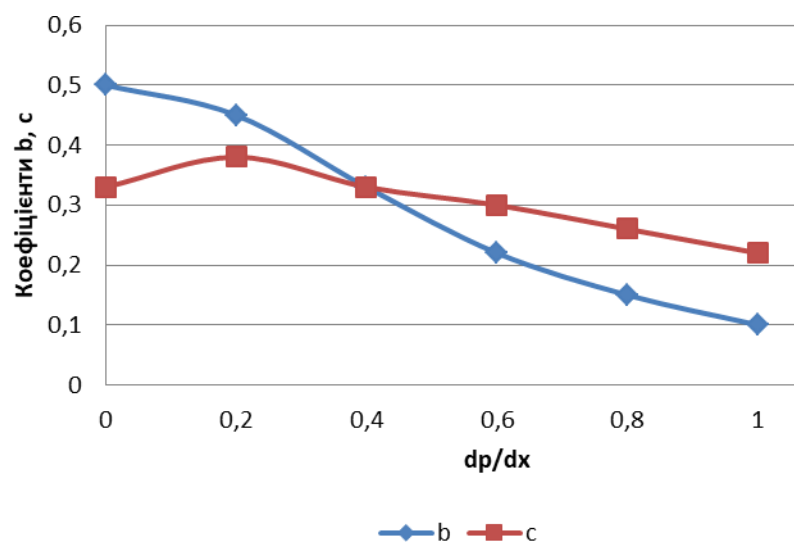


Рисунок 3.4 - Залежність коефіцієнтів b і c від dp/dx

5. Розраховуємо початкову швидкість повітря в площині патрубка:

$$v_0 = (v_p/b)(ax/d_0 + 0,145) = (0,5/0,32) \cdot (0,12 \cdot 2,5/0,4 + 0,145) = 1,4 \text{ м/с}$$

6. Витрата повітря L_0 , що подається патрубком на робоче місце горнового, складе:

$$L_0 = F \cdot v_0 \cdot 3600 = 0,785 \cdot 0,4^2 \cdot 1,4 \cdot 3600 = 633,02 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де F - площа поперечного перерізу патрубку, м^2 ;

v_0 - початкова швидкість повітря в площині патрубку;

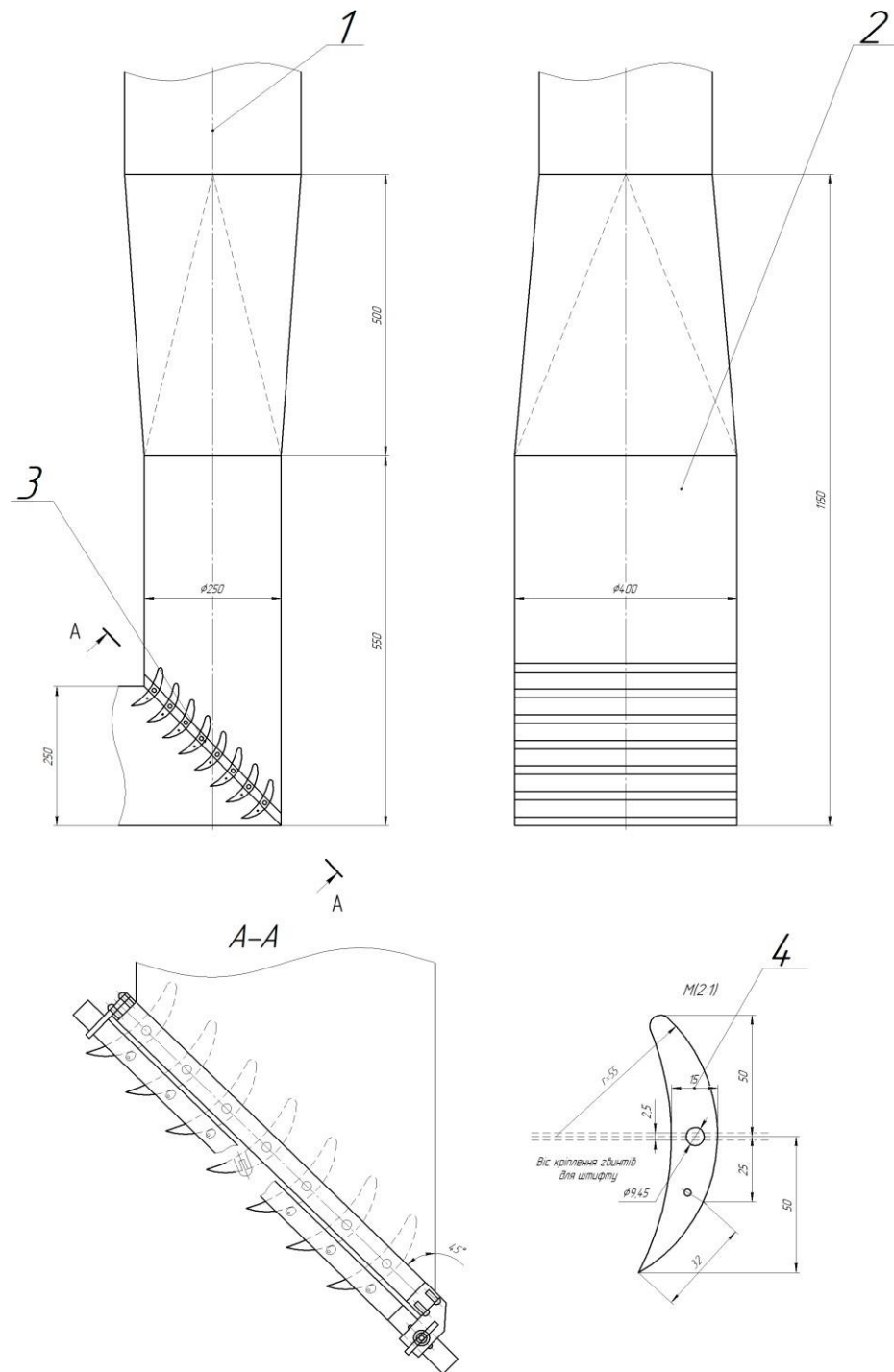
7. Встановлюємо початкову температуру повітря при виході з патрубку:

$$t_0 = t_{\text{зовн}} - ((t_{\text{зовн}} - t_p) / c) \cdot (\alpha x / d_0 + 0,145),$$

$$t_0 = 37 - [(37 - 31) / 0,33] \cdot (0,12 \cdot 2,5 / 0,4 + 0,145) = 18,6 \text{ }^\circ\text{C.}$$

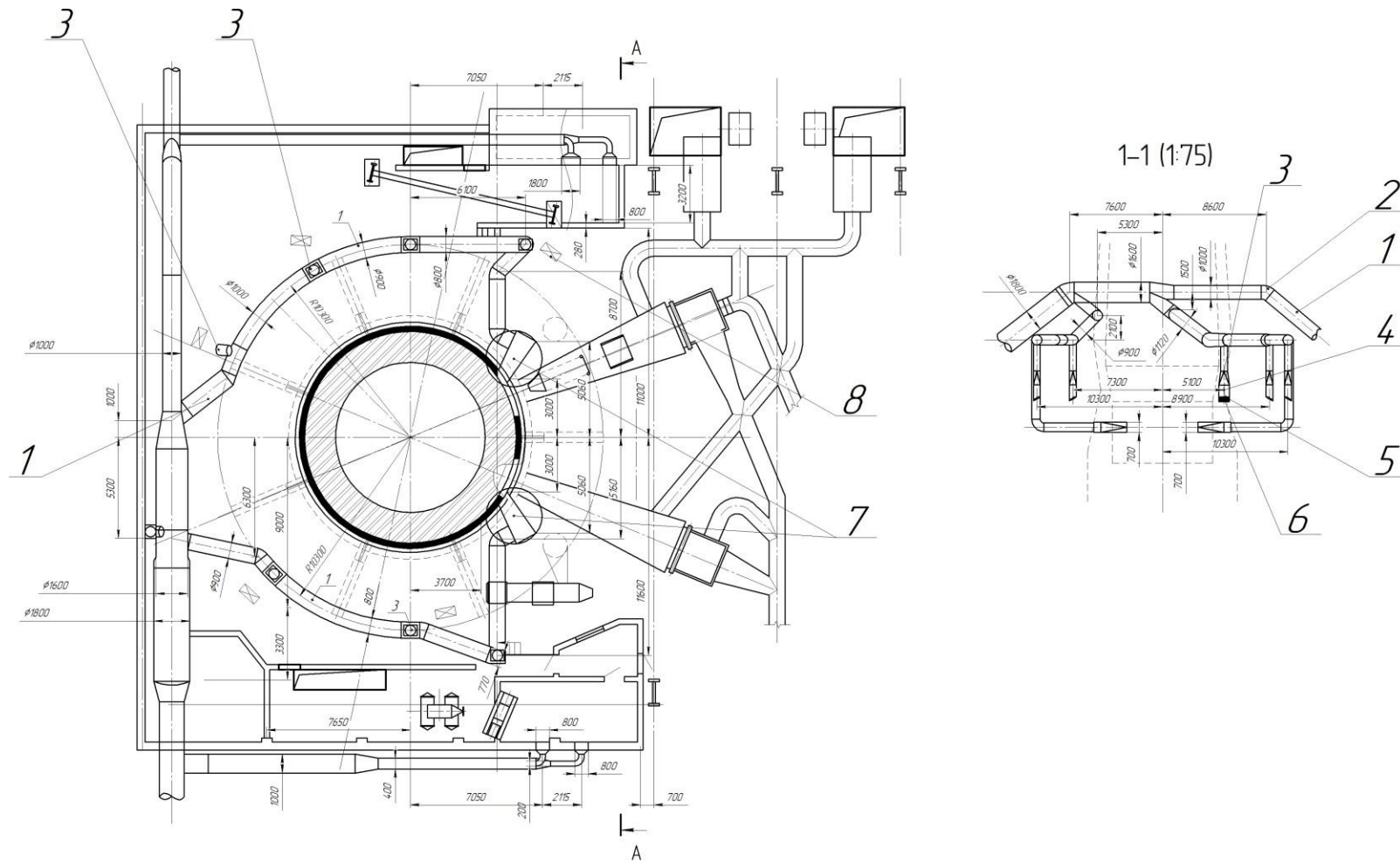
За допомогою номограми визначаємо витрату L за швидкістю повітря v і діаметру воздуховоду d . При $v = 11 \text{ м/с}$ і $d = 0,800 \text{ м}$ витрата буде становити 16000 м^3 . Встановлюємо відношення (λ / d) за швидкістю повітря і діаметру $(\lambda / d) = 0,016$. Динамічний тиск при $v = 11 \text{ м/с}$ становить: $R_d = 7,7 \text{ кгс/м}^2$.

На рис. 3.5 наведена конструкція патрубку Батуріна та на рис.3.6 наведена схема припливної місцевої вентиляції ливарного двору доменного цеху.



1 – повітровод, 2 – насадок, 3 – лопатка, 4 – деталь лопатки

Рисунок 3.5 – Конструкція патрубку для подання припливного повітря конструкції Батурина



1 – повітропровід; 2 – відведення; 3 душіруючого патрубков; 4 - насадка; 5 - лопатки; 6- деталь лопатки; 7 - розподільник повітря; 8 - аератор

Рисунок 3.6 - Місцева припливна вентиляція ливарного двору

Розрахунок глушників для зниження рівня шуму від клапану «Снорт»

Повітряно-розвантажувальний клапан «Снорт» (рис.3.7) встановлюється на повітропроводі холодного дуття в безпосередній близькості від блоку повітронагрівачів. Цей клапан служить для зменшення або повного припинення подачі дуття в доменну піч без зміни режиму роботи повітродувної машини. Клапан об'єднує два механічно пов'язаних між собою клапана: поршневий і дросельний. При відкриванні поршневого повітря випускається в атмосферу безпосередньо або через спеціальний глушник; одночасно з цим повітропровід, що веде до повітронагрівача, перекривається дроселем [17].

Клапан, крім застосування в зупиночних і пускових операціях на печі, служить для виробництва штучних осаджень в разі підвисання печі, а також для аварійної зупинки її в екстрених випадках.

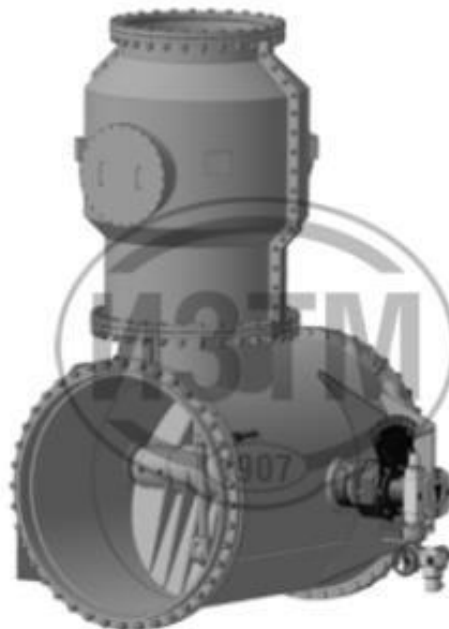
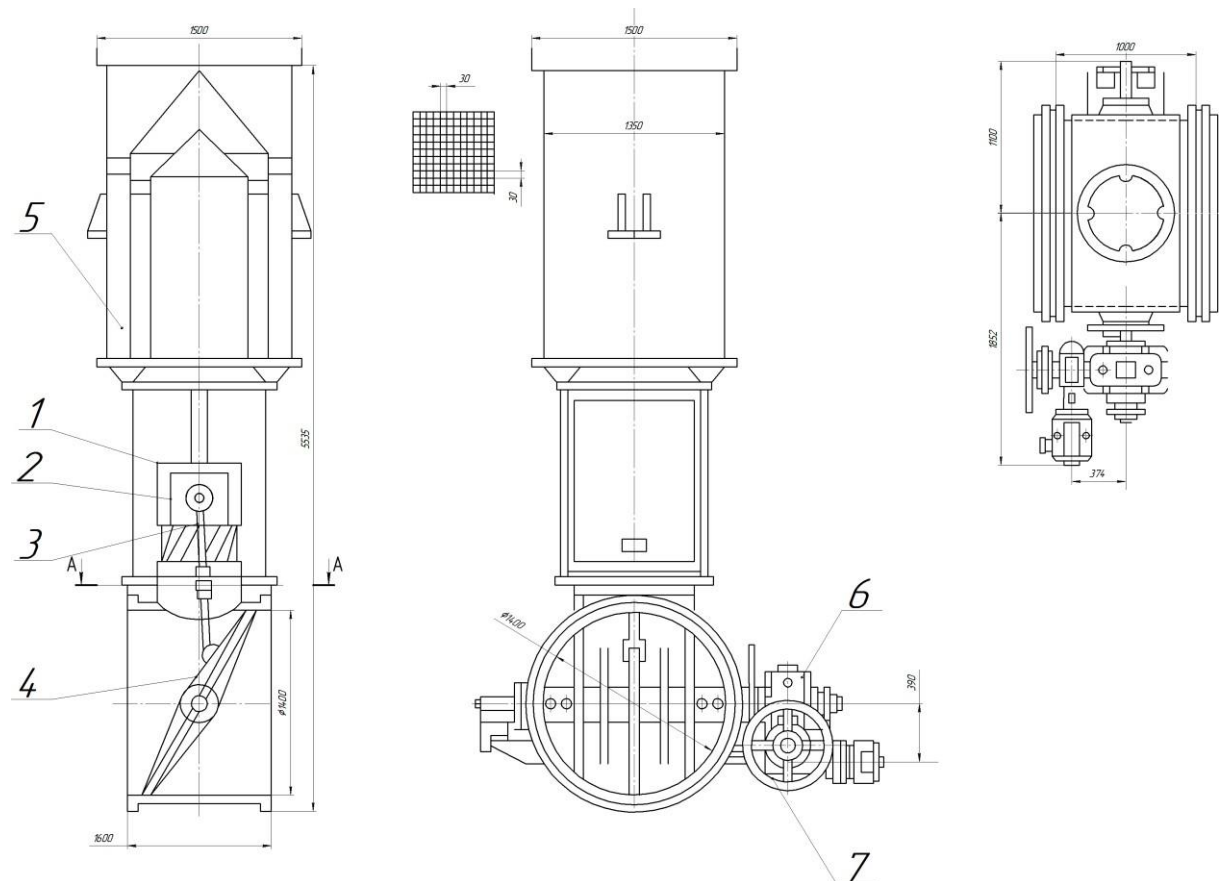


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд клапану «Снорт» [18]

Оскільки випуск стислого повітря в атмосферу через повітряно-розвантажувальний клапан «Снорт» відбувається при великому надлишковому тиску, тому його робота супроводжується підвищеним рівнем шуму 121 дБА (табл. 2.3).

З практичних даних відомо, що для зниження рівня шуму клапану «Снорт» використовують спільно з ним глушник типу М101-21 [19] (рис.3.5)

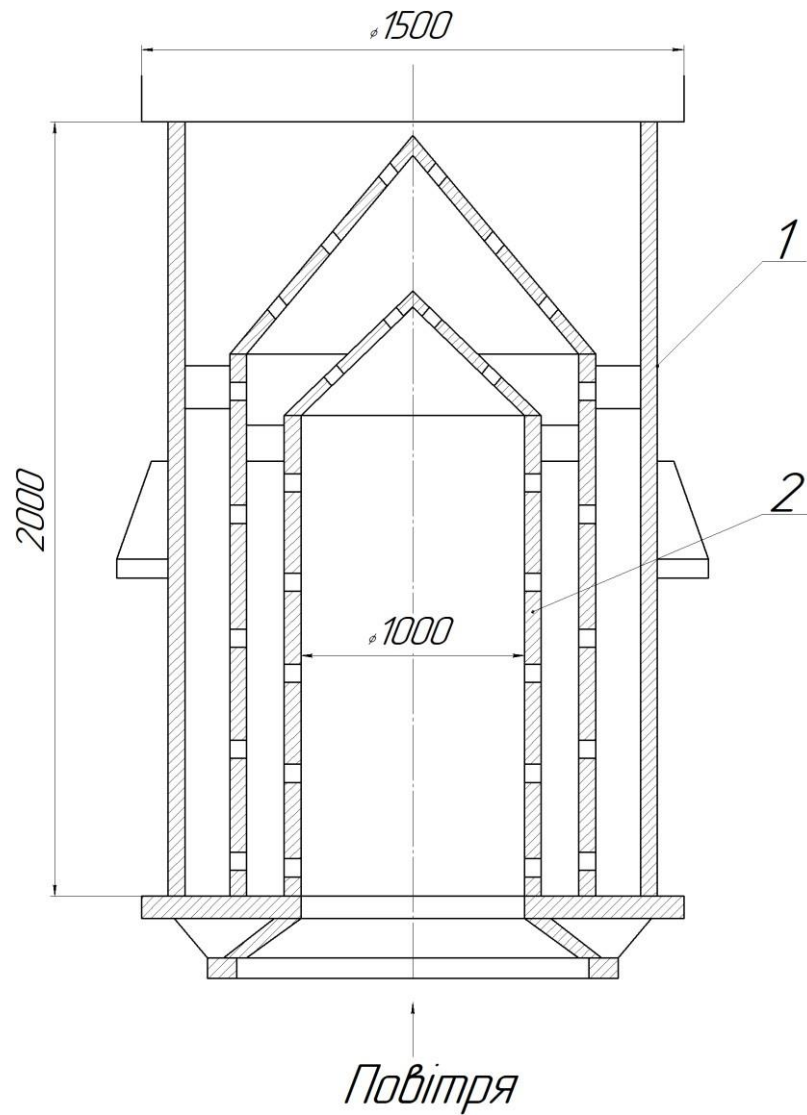


1 – корпус, 2 – поршень, 3 – шатун, 4 – дросель, 5 – глушник, 6 – привод, 7 – механізм ручного керування

Рисунок 3.5 – Клапан «Снорт» спільно з глушником типу М101-21

Глушник типу М101-21 (рис.3.6) представляє собою сталевий циліндр 1, в якому встановлені дві сталеві перфоровані труби 2. Перфорація виконана в вигляді розташованих у шаховому порядку отворів діаметром 20 мм, загальна площа яких становить 18 % площі бокової поверхні труби.

Для встановлення ефективності такого глушника проводимо акустичний розрахунок. Приймаємо, що глушник напівнескінченний



1 – сталевий циліндр; 2 – стальова перфорована труба

Рисунок 3.6 – Конструкція глушника типу M101-21

Визначення ефективності зниження шуму за допомогою глушника типу M101-21.

Позначаємо звукову потужність біля входу в канал 1 ($x=0$) через $P_1(0)$, а звукову відстань в цьому каналі на відстані x - $P_1(x)$. Відповідні щільності звукової енергії будуть

$$\varepsilon_1(0) = P_1(0) / c \cdot S_1$$

та

$$\varepsilon_1(x) = P_1(x) / c \cdot S_1$$

де c – швидкість звуку в повітрі, м/с;

S_1 – площа поперечного перетину каналу 1, м².

За умов, що в нормальних до осі каналу площині встановлюється дифузійне звукове поле, тоді на стінці шириною dx каналу 1 падає звукова потужність. Тоді після нескладного математичного перетворення визначаємо величину рівня звукової потужності, яка поширюється у каналі 1, на відстані l від входу в глушник за наступною формулою:

$$\Delta L_1 = 10 \lg \frac{P_1(0)}{P_2(l)} = 10\delta_1 l_1 l g e = 4,36\delta_1 l$$

В роботі [19] авторами наведена формула для обрахунку зниження рівня звукової потужності в каналі 2 на відстані l від входу у глушник:

$$\Delta L_2 = 4,36 \frac{\alpha_1 l}{d_1} + R + 10 \lg \alpha_2 + 4,5$$

де α_1 – коефіцієнт звукопоглинання стінки каналу 1,

d_1 – діаметр каналу 1, м

R – звукоізоляція стінок каналу 1, дБ

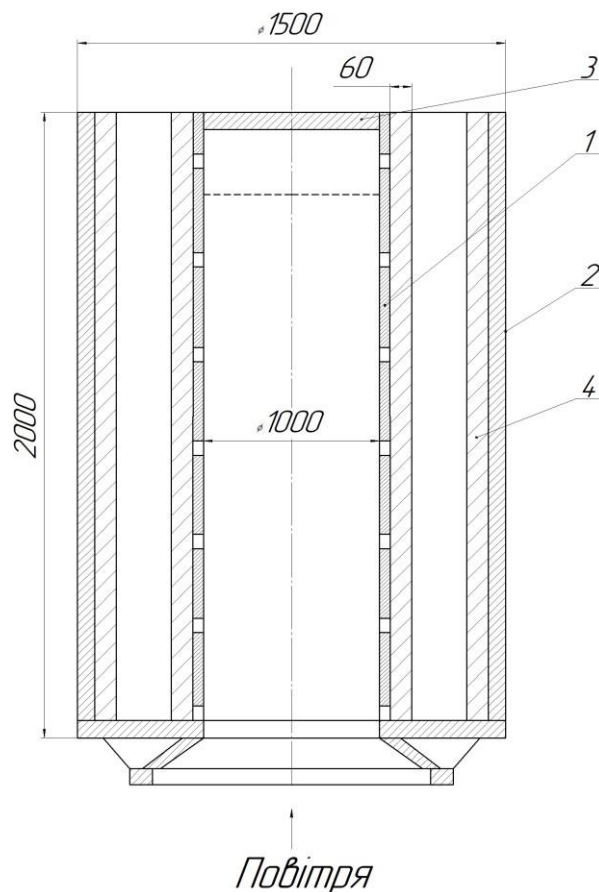
Загальне зниження рівня звукової потужності глушника складає:

$$\Delta L = -10 \lg(10^{-0,1\Delta L_1} + 10^{-0,1\Delta L_2})$$

Коли вихід з каналу 1 закрито, то загальний рівень звукової потужності визначається по формулі для обрахунку зниження рівня звукової потужності в каналі 2. Оскільки для даного глушника коефіцієнт перфорації зовнішніх труб дорівнює 0,18, то поглинання звукової енергії на середніх та високих частотах відбувається практично на стінках зовнішнього циліндру. На низьких частотах в результаті ефекту перфорації, який турбулізує, величина зниження рівня шуму становить 8-10 дБ [19].

В роботі [19] відзначено, що значно кращими звукозахисними показниками володіє трубчатий глушник, який виконано у вигляді труби, в якій внутрішні стіни облицьовані звукопоглиначом. В якості звукопоглинального матеріалу використовується сталевий войлок. Сталевий войлок виконано зі сплутаної дроту діаметром 0,05-0,1 мм, яка спресована до щільності 500-700 кг/м³. Визначаємо величину рівня звукової потужності, яка поширюється у каналі 1, на відстані 1 від входу в глушник. Отримані дані заносимо до табл. 3.1. Відповідно до цих даних, даний глушник знижує рівень шуму клапану «Снорт» краще ніж глушник М101-21.

Розглянемо ефективність глушника (рис.3.7), який складається з перфорованої сталеві труби 1 з закритим виходом 3 та зовнішнього сталеві циліндру 2, що облицьовані шаром сталеві войлоку 4.



1 – перфорована сталеві труба, 2 – зовнішній сталеві циліндр, 3 – закритий вихід, 4 – сталеві войлок

Рисунок 3.7 – Конструкція глушника для клапану «Снорт»

Враховуючи, що площа поперечного перетину внутрішнього каналу дорівнює площі зовнішнього каналу та $\alpha_1 = \alpha_2$.

Відповідно до рекомендацій, які надані в роботі [19], на частоті до 1000 Гц ефективність глушника розраховується за формулою:

$$\Delta L_2 = 10 \lg \frac{P_1(0)}{P_2(l)} = R + 10 \lg \alpha_1 + 2,18(\chi_2 - \chi_1) - 10 \lg(\chi_1 + \chi_2) + 6 - 10 \lg \left[\frac{(1 - e^{-\chi_1})}{\chi_1} + \frac{(1 - e^{-\chi_2})}{\chi_2} \right]$$

Для більш високих частот ефективність глушника розраховують за формулою, яка наведена для обрахунку зниження рівня звукової потужності в каналі 2 на відстані l від входу у глушник.

В табл. 3.1 наведені отримані розрахункові дані по зниженню рівня шуму при використанні глушника типу М101-21 та глушника, який виконано відповідно до рис.3.7.

Таблиця 3.1 – Розрахунок ефективності глушника

Розрахункові величини	Середньгеометричні частоти октанових полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL_T , дБ	12	10	5	9	12	19	19	14
ΔL_1 , дБ	2,2	2,6	3,0	3,9	7,0	7,4	8,4	8,3
R, дБ	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
ΔL_2 , дБ	2,3	4,0	6,8	10,3	16,5	19,0	21,3	23,2

Таким чином, відповідно до отриманих результатів розрахунку найбільш ефективним є глушник, який виготовлено за конструкцією, що наведена на рис.3.7.

Засоби та заходи захисту від поразки електричним струмом

Для забезпечення безпечної роботи працівників доменного цеху проводимо проектування захисного заземлення електроустаткування системи аспірації ливарного дворудоменного цеху. У приміщенні розташовано 4 електродвигуна: типу АРФ - 3 шт та питу ДА304 - 1 шт. Облаштуємо захисне заземлення: 12 електродів довжиною 2 м та діаметром 40 мм. За даними підприємства відстань між електродами, які розташовано вертикально $a = 2$ м; ширина горизонтального електроду (смуги, що сполучає) $b = 5$ см. Встановлюємо питомий електричний опір ґрунту $\rho = 20$ Ом м. Розрахунок зводиться до перевірки відповідності опору проектованої системи заземлення нормативному значенню опору 4 Ом.

Для Запоріжжя коефіцієнт сезонності для вертикального заземлювача становить $\psi_v = 1,3$, а для горизонтального - $\psi_{\Gamma} = 2,5$ (у випадку горизонтального заземлювача довжиною 10 м і менш). У Визначаємо розрахункове значення питомого опору ґрунту, ρ , Ом · м :

$$\rho = \psi \rho_0$$

Визначаємо величину опіру розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача, верхній кінець якого знаходиться на рівні землі, R_0 , Ом:

$$R_0 = (\rho/2\pi l) \ln(4 l/d),$$

де l - довжина заземлювача, м;

d - діаметр заземлювача, м.

Верхній кінець заземлювача заглиблено на глибину t , опір тоді для, R_0 використовуємо наступну формулу, Ом:

$$R_o = (\rho/2\pi l) [\ln 2 l/d + 0,5 \ln(4t + 3 l)/(4t + l)]$$

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів, n шт:

$$n = 1,3R_o/R_H$$

Тоді встановлюємо довжину горизонтальної сполучної смуги l_r – горизонтального заземлювача. З урахуванням розташування електродів визначаємо коефіцієнти використання, які включають в себе вплив взаємного екранування.

Тоді встановлюємо опір групи вертикальних заземлювачів з урахуванням взаємоекранування, R_B , Ом:

$$R_B = R_o/n\eta_B$$

Приймаємо, що горизонтальний заземлювач розташовано на глибині $t = 0,7$ м, використовується формула, R_r , Ом:

$$R_r = (\rho/2\pi l_r \eta_r) \ln(2 l_r^2 /bt)$$

Тоді опір розтіканню струму заземлювача в цілому, визначаємо за наступною формулою R_3 , Ом:

$$R_3 = R_B R_r / (R_B + R_r)$$

Для вищенаведених даних та відповідно до формули (3.10) проводимо розрахунок необхідної кількості заземлювачів розрахункового значення опору ґрунту для вертикального електрода, Ом м:

$$\rho_B = 1,3 \cdot 20 = 26$$

Опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача, який занурено у землю, Ом:

$$R_o = (26/2 \cdot 2) [\ln 2 \cdot 2/0,06 + 0,5 \ln(4 \cdot 0,8 + 3 \cdot 2)/(4 \cdot 0,8 + 1)] = 27,3$$

Орієнтовна кількість вертикальних електродів:

$$n = 1,3 \cdot 27,33 / 4 = 8,88 \text{ шт}$$

Приймаємо $n = 9$ шт. Довжина сполучної смуги при розташуванні електродів в ряд, м:

$$l_{\Gamma} = 2(9-1) = 16$$

По додатку знаходимо коефіцієнти екранування:

$$\eta_{\text{в}} = 0,60 \qquad \eta_{\Gamma} = 0,64$$

Опір групи вертикальних електродів, Ом:

$$R_{\text{в}} = R_0 / n \eta_{\text{в}}$$

$$R_{\text{в}} = 27,3 / 9 \cdot 0,6 = 5,05$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальної смуги, Ом·м:

$$\rho_{\Gamma} = 2,5 \cdot 20 = 50$$

Опір сполучної смуги з урахуванням екранування, Ом:

$$R_{\Gamma} = (50 / 3,14 \cdot 16 \cdot 0,864) \ln(2 \cdot 16^2 / 0,8 \cdot 5,05) = 10,86$$

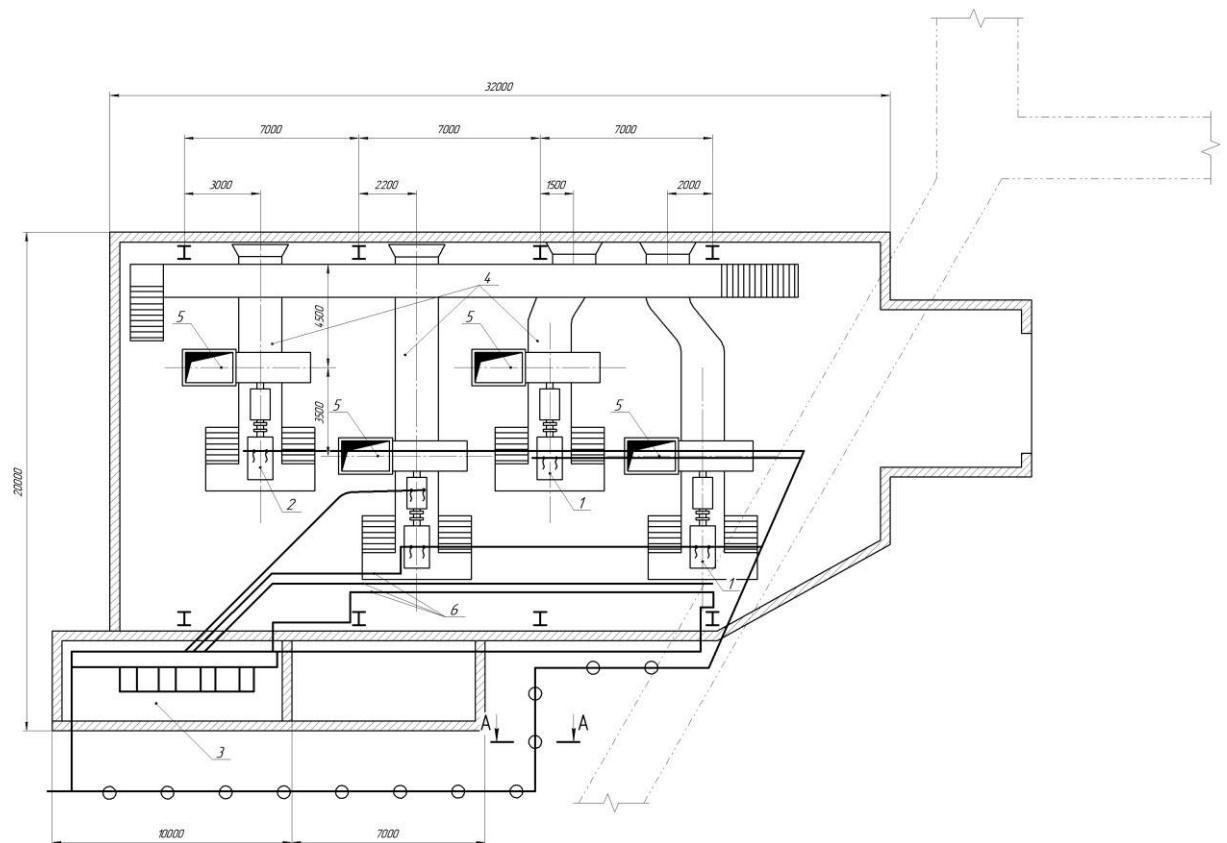
Опір заземлювача в цілому, Ом:

$$R_3 = R_{\text{в}} R_{\Gamma} / (R_{\text{в}} + R_{\Gamma})$$

$$R_3 = 5,05 \cdot 10,87 / (5,05 + 10,86) = 3,45$$

Розрахункове значення не перевищує допустиме. Отже, для забезпечення безпечної роботи працівників з електроустаткуванням використовуємо 12 вертикальних заземлювачів, які мають діаметр 0,060 м, довжину 2 м. Довжина сполучної смуги 16 м.

Розрахована схема заземлення електрообладнання аспірації ливарного двору доменного цеху наведена на рис. 3.8.



1,2 - електродвигун; 3 – пост керування; 4 – повітроводи; 5 – вентилятор;
6 – труби електропроводки; 7 – кабельний тунель; 8 - заземлювач

Рисунок 3.8 - Заземлення електроустаткування в приміщенні аспірації ливарного двору доменного цеху

Пожезна безпека в умовах доменного виробництва

За теоретичними даними встановлено, що ливарний двір має I ступінь вогнестійкості будівель та категорію Г. Приміщення ливарного двору доменного цеху виконується з негорючих матеріалів, тому немає необхідності в застосуванні протипожежних стін та перегородок.

Для того щоб не вдарила блискавка у будівлі цеху та окремо розташовані установки облаштовують системи блискавкозахисту. Безпека евакуації робітників при пожежі є основною під час організації протипожежних заходів.. Примусова евакуація робітників є гарною, якщо вона може бути виконана на протязі часу, при якому шкідливі впливи при пожежі не наносять негативної дії на організм людини.

Загальна кількість евакуаційних виходів з приміщень доменного цеху прийметься не менше двох. Відстань між найбільш віддаленим робочим місцем до найближчого виходу, з якого проводять евакуацію не обмежується для будівель з категоріями Б , організуються сходові клітки 1-го типу.

Значно на пожежобезпеку на ливарному дворі доменного цеху діють автоматичні системи пожежні сигналізації та автоматичні системи пожежогасіння. В побутових приміщеннях доменного цеху встановлюються сповіщувачі СП 105 -211 , які використовуються для виявлення пожеж в приміщеннях при температурі повітря у приміщенні 70 °С. Він роботає разом з станціями пожежної сигналізації та приймає інформацію про обрив сигнальної лінії.

Для попередження утворення вибухонебезпечних сумішей в міжконусному просторі доменної печі в нього подають азот або інший інертний газ. Подача газу блокується із завантажувальним пристроєм, аби без подачі інертного газу в міжконусний простір механізм завантаження не працював.

У фундаментів доменних печей не можна складати які-небудь горючі матеріали, відходи виробництва. Дахи і навіси ливарних дворів повинні регулярно очищатися від пилу.

Перш ніж вдувати в доменну піч пилоподібне паливо або мазут, треба переконатися в справності відсікаючої і замкової апаратури і контрольно-вимірювальних приладів.

Горючі гази в трубопроводах і устаткуванні створюють вибухопожежонебезпечні ділянки в доменному виробництві. Найбільш

вірогідні місця загоряння газу - нещільність в з'єднаннях, яка пропускає газ; погано провітрювані приміщення, де знаходиться апаратура під тиском; газові тракти з горючим газом, при попаданні в яких повітря (із-за зниження тиску або припинення подачі газу) утворюється вибухонебезпечна суміш. Небезпека вибуху газу зростає при зупинці печі, оскільки при цьому з неї припиняється вихід газу, а газ, що залишився в мережі, охолоджується і зменшується в об'ємі, створює розрідження, що викликає приплив повітря. Щоб уникнути вибуху при зупинці печі в газові тракти повинна подаватися пара.

Гасіння пожежі на трактах подачі газу може здійснюватися наступними способами: відривом полум'я сильними струменями води, пари, стислого повітря або азоту; закладенням місця прориву газу густим розчином глини, сіткової маси; забиванням пробки в отвір, що пропускає газ, і карбівкою отвору азбестом; накладенням пластиру з азбестового полотна з одночасним рясним змочуванням водою, зниженням тиску газу до 500 Па; заповненням газопроводу парою. Після закінчення гасіння газового полум'я необхідно забезпечити припинення виходу газу в атмосферу щоб уникнути її отруєння і утворення вибухонебезпечної суміші.

У вибухонебезпечних приміщеннях електричне устаткування, прилади, світильники встановлюються у вибухозахищеному виконанні. Недопустима самовільна заміна світильників, вимикачів і іншого електроустаткування, оскільки це може привести до вибуху.

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях забороняється: користуватися факелом для відігрівання газопроводу і замкової арматури, а також для визначення місця витoku газу; застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів і отворів на газопроводах; витратити газ в разі падіння його тиску в газопроводі до значення менш 500 Па; складати поблизу газопроводу горючі матеріали; підпалювати газ, що випускається при продуванні газопроводу.

На ділянках шихтоподачі щоб уникнути загоряння транспортних стрічок не допускається приймати неохоложені шихтові матеріали (агломерат, кокс і ін.) з температурою вище 100°C.

Ковші для чавуну і шлаку повинні подаватися лише сухими. Щоб уникнути виплеску чавуну і шлаку ковші не доливають до верхньої кромки на відстань, вказану в цеховій інструкції. Електрокабельне господарство має бути надійно захищене від попадання розплавленого чавуну і шлаку.

Протипожежні розриви між будівлею доменного цеху і довколишніми будівлями і спорудами складають: для будівель і споруд І і ІІ ступеню вогнестійкості - 9м, ІІІ, ІІІа і ІІІб - 12м, для інших - 15м [22,28].

Кожна ділянка цеху, на якому розташовується доменна піч, має не менше двох евакуаційних виходів. Ці виходи розташовуються розосереджено. Ширина доріг евакуації в світлу має бути не менше 1 м, дверей – не менше 0,8 м. Висота проходу на дорогах евакуації має бути не менше 2 м. Довжину доріг евакуації, що допускається, приймають залежно від об'єму приміщення, категорії і ступеню вогнестійкості. Для доменного цеху ця відстань не регламентується. Двері на дорогах евакуації повинні відкриватися по прямуюванню виходу з будівлі. Висота дверей в світлу на дорогах евакуації має бути не менше 2 м. Зовнішні евакуаційні двері будівель не повинні мати замків, які не можуть бути відкриті зсередини без ключа.

Способи і засоби гасіння пожежі розробляються відповідно до класу пожежі. У доменом цеху можливі пожежі класів А, В (рідини), С (горючі гази) і Е (електроустановки під напругою). Відомо, що найчастіше для гасіння пожежі класу А використовують воду..

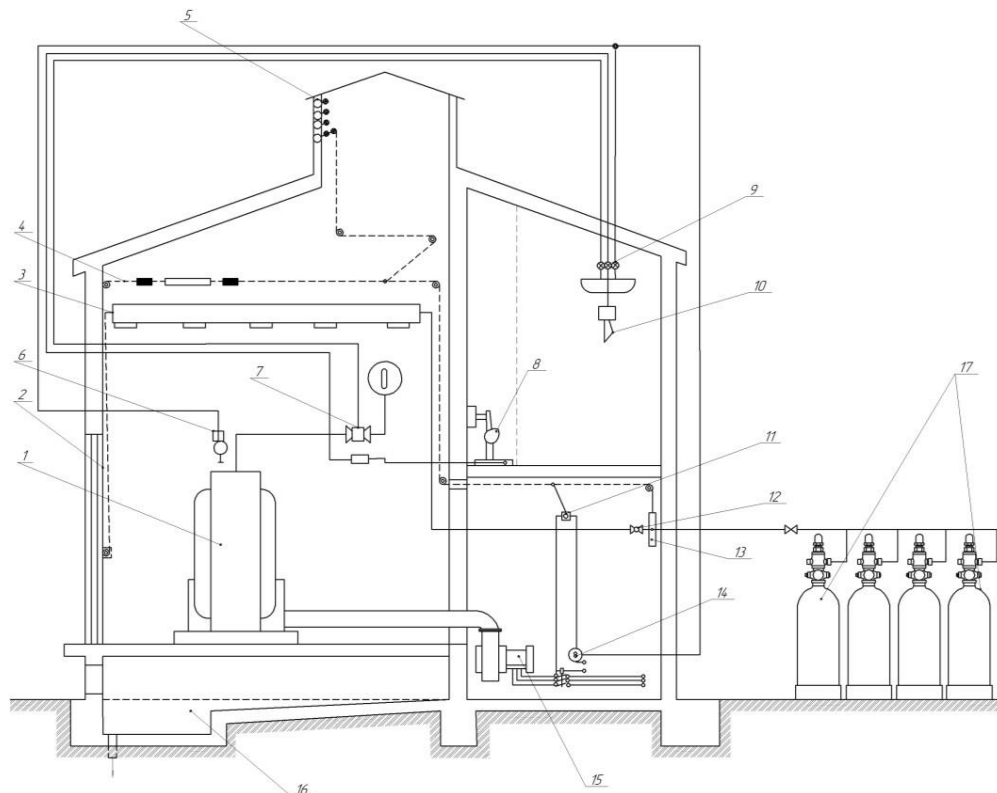
Вода має велику теплоємність і велику теплоту паротворення, завдяки чому учиняє великий охолоджуючий ефект. Пара, що утворюється, у свою чергу, знижує вміст кисню в повітрі.

Будівля доменного цеху відноситься до категорії Г і має ступінь вогнестійкості ІІІа. Для таких будівель зовнішнє пожежогасіння не передбачено [28].

Кількість струменів, відповідно до розрахунку, на внутрішнє пожежогасіння - 2, отже кожна точка приміщення зрошується за допомогою двох струменів – з кожного сусіднього стояку по одному з витратою води по 2,5 л/с. [28].

Для організації внутрішнього пожежогасіння беруть пожежнікрани., які встановлюють на висоті 1,35 м над підлогою у виходів або на майданчиках чи в проходах. Пожежні крани розташовують в шафах. Кожен пожежний кран розміщують поряд з пожежним рукавом довжиною 20 м та з використанням пожежного стволу [28]. Принципова схема вуглекислотного пожежогасіння у трансформаторній підстанції наведена на рис.3.9

Для подавлення незначних пожеж використовують ручні вогнегасники. В доменному цеху встановлено: пінні вогнегасники 10л - 2шт. на 1800м² площі цеху; порошкові вогнегасники- 5л - 2 шт. на 800 м² ; вуглекислотні вогнегасники - 8 л - 2 шт. на 1800 м² [28]. Встановлюємо, що на один ливарний двір необхідно встановити такі вогнегасники: ОВП-10.01 – 4 шт., ОП-5-01 11шт., і ВВ-8 – 6 шт.



1 – трансформатор; 2 – тросова система; 3 – розподільний трубопровід вуглекислотного устаткування; 4 – плавкий замок; 5 – жалюзі; 6 – термоопір; 7 – реле; 8 – вимикач напруги; 9 – світлова сигналізація; 10 – звукова сигналізація; 11 – вимикач; 12 – пусковий вентиль вуглекислотного устаткування; 13 – вантаж; 14 – пусковий пристрій; 15 –и вентиляційне устаткування; 16 – гравійна засипка; 17 – балон з двоокисом вуглецю

Рисунок 3.9– Принципова схема вуглекислотного пожежогасіння у доменному цеху

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Розрахунок економічних наслідків травматизму і захворюваності в доменному виробництві

Відомо, що основними показниками, які характеризують стан охорони праці на підприємстві є коефіцієнти частоти і важкості травматизму та захворювань. Тому для аналізу стану охорони праці у доменному виробництві визначаємо вищенаведені показники. Вихідні дані взяті з завдання до магістерського проекту:

- середньооблікова чисельність (річна) працюючих у цеху , $Ч = 800$ чол.;
- загальна кількість випадків захворювань у цеху, $Н_3 = 100$ шт;
- кількість виявлених професійних захворювань у цеху, $Н_{зп} = 0$ шт;
- кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваннях, $ДН_3=450$ днів;
- кількість нещасних випадків, $Н_т = 4$;
- кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами, $ДН_т=75$.

Визначаємо коефіцієнт частоти захворювань у доменному цеху за формулою:

$$K_{чз} = 100 Н_3 / Ч$$

$$K_{чз} = 100 \cdot 100 / 800 = 12,5$$

Розраховуємо коефіцієнт важкості захворювань у доменному цеху за звітній період:

$$K_{тз} = ДН_3 / Н_3$$

$$K_{тз} = 450 / 100 = 4,5$$

Визначаємо коефіцієнт частоти травматизму у доменному цеху:

$$K_{чт} = 1000 Н_т / Ч$$

$$K_{\text{чт}} = 1000 \cdot 4 / 800 = 5,00$$

Коефіцієнт важкості травматизму у цеху становить:

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

$$K_{\text{тт}} = 75 / 4 = 18,75$$

Встановлюємо економічні наслідки від захворюваності і травматизму у доменному цеху. Вихідні дані приймаємо виходячи з завдання до магістерського проекту:

- середнє денне вироблення, СВ = 820 грн.;
- витрати на 1 грн. товарної продукції, З = 0,8 грн.;
- питома вага умовно-постійних витрат в собівартості, УП = 0,2;
- середній розмір оплати одного дня по листках тимчасової непрацездатності, ВН = 600 грн.;
- фонд робочого часу на одного працівника в році, Т_р = 230 дн.;
- середній розмір штрафів за порушення в області охорони праці на одного травмованого працівника, Ш = 6500 грн.

Розраховуємо кількість днів тимчасової непрацездатності по захворюваності і травмуванні:

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

$$\text{ДН} = 450 + 75 = 525$$

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

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

$$\text{СП} = 525 \cdot 820 = 445875 \text{ грн.}$$

Оцінка собівартість об'єму продукції, який було скорочено:

$$\text{С} = \text{СП} \cdot \text{З}$$

$$C = 445875 \cdot 0,8 = 356700 \text{ грн.}$$

Тоді відносне збільшення собівартості продукції визначаємо за формулою:

$$УС = C \cdot УП$$

$$УС = 356700 \cdot 0,2 = 71340 \text{ грн.}$$

Відповідно до Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» [23] підприємство виплачує 5 перших днів тимчасової непрацездатності потерпілому від нещасного випадку, а з шостого дня виплати здійснює Фонд соціального страхування України. Тоді виплати підприємства по листках непрацездатності травмованим працівникам складуть:

$$V_T = 5N_T \cdot V_N$$

$$V_T = 5 \cdot 4 \cdot 600 = 12000 \text{ грн.}$$

Визначаємо виплати по листках непрацездатності хворим у доменному цеху:

$$V_3 = DN_3 \cdot V_N$$

$$V_3 = 450 \cdot 600 = 270000 \text{ грн.}$$

Виплати по листках непрацездатності в цілому становлять:

$$V = V_T + V_3$$

$$V = 12000 + 270000 = 282000 \text{ грн.}$$

Встановлюємо величину загального економічного збитку від :

$$У = УС + V + N_TШ$$

$$У = 71340 + 282000 + 4 \cdot 6500 = 379340 \text{ грн.}$$

Таким чином, розрахована величина економічних збитків від захворюваності і травмування у доменному цеху становить 379340 грн/рік.

Оцінка економічної ефективності запроектованих заходів по охороні праці в доменному цеху

Відповідно до розділу 3 в магістерському проекті частини розраховані наступні заходи по поліпшенню умов праці в доменному цеху: укриття бункерної естакади, місцева припливна вентиляція ливарного двору, глушник для клапану «Снорт», заземлення електрообладнання аспіраційної системи ливарного двору доменного цеху, система автоматичного пожежогасіння трансформаторної підстанції. В результаті виконання цих заходів очікується зниження травматизму в цеху приблизно в чотири рази, а зниження загальної захворюваності – на 20 % (вихідні дані завдання до магістерського проекту).

Одноразові витрати на заходи по охороні праці становлять наступні величини:

- укриття бункерної естакади (OB₁) - 300000 грн.;
- місцева вентиляція ливарного двора (OB₂) - 600000 грн.;
- глушник для клапану «Снорт» (OB₃)- 30000 грн;
- система захисного заземлення (OB₄) – 50000 грн;
- автоматична система пожежогасіння (OB₅) – 100000 грн.

Поточні витрати (ТЗ) збільшаться за рік на 10000 грн.

Загальні одноразові витрати:

$$OB = OB_1 + OB_2 + OB_3 + OB_4 + OB_5$$

$$OB = 300000 + 600000 + 30000 + 50000 + 100000 = 1080000 \text{ грн.}$$

Визначаємо з Очікуване зниження травматизму:

$$\Delta H = 4 - 1 = 3$$

Зменшення днів непрацездатності :

$$\Delta ДН = \Delta H \cdot K_{\text{ТТ}} + 0,15 \Delta H_3$$

$$\Delta ДН = 3 \cdot 18,75 + 0,15 \cdot 450 = 123,75 \text{ днів}$$

Встановлюємо величину річного вироблення на одного працівника:

$$ГСВ = T_p \cdot СВ$$

$$ГСВ = 230 \cdot 820 = 188600 \text{ грн.}$$

Розраховуємо зменшення днів непрацездатності на одного працівника:

$$\Delta T = \Delta ДН / Ч$$

$$\Delta T = 163,5 / 800 = 0,204$$

Визначаємо приріст продуктивності праці:

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

$$\Pi_T = [(230 + 0,204) / 230 - 1] 100 = 0,089 \%$$

Тоді оцінюємо величину зниження собівартості продукції:

$$E_c = ГСВ \cdot Ч \cdot \Pi_T \cdot УП$$

$$E_c = 188600 \cdot 800 \cdot 0,8 \cdot 0,00089 \cdot 0,15 = 16113,98 \text{ грн.}$$

Величина скорочення виплат за листками непрацездатності буде становити:

$$E_{л} = (5 \cdot \Delta Н_T + \Delta ДН_3) \cdot ВН$$

$$E_{л} = (5 \cdot 3 + 123,75) \cdot 123 = 17066,25 \text{ грн.}$$

Скорочення штрафних виплат:

$$E_{ш} = Ш \cdot \Delta Н$$

$$E_{ш} = 10000 \cdot 3 = 30000 \text{ грн.}$$

Термін окупності одноразових витрат:

$$C_{ок} = ОВ / (E_c + E_{л} + E_{ш} - ТЗ)$$

$$C_{ок} = 1080000 / (16113,98 \cdot 3 + 17066,25 + 30000 - 6016,4) = 5,9 \text{ років}$$

Економічна ефективність одноразових витрат:

$$E = (E_c + E_n + E_{ш} - ПВ) / ОВ$$

$$E = (57911 + 213340 + 10000 - 6016,4) / 1080000 = 0,169 \text{ грн./грн.}$$

Отримані данні заносимо до табл. 4.1

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

Найменування показника	Одиниця виміру	Величина
Одноразові витрати на заходи щодо охорони праці	грн.	1080000
Додаткові поточні витрати в рік	грн.	6016,4
Зменшення кількості днів непрацездатності	дні	123,75
Зменшення кількості днів непрацездатності на одного працівника	дн./роб.	0,204
Приріст продуктивності праці	%	0,0089
Зниження собівартості продукції	грн.	161130,98
Термін окупності одноразових витрат	років	5,9
Економічна ефективність одноразових витрат	грн./грн.рік.	0,169

Таким чином, запропоновані засоби захисту з охорони праці в доменному цеху окупяться за 5,9 років.

ВИСНОВОК

В результаті проведеного теоретичного аналізу встановлено, що у доменному виробництві до найбільш вірогідних подій, які ініціюють виникнення аварійних ситуацій та інцидентів, відносять: прогари горна і поду з виходом чавуну; прогари рам і холодильників чавунних льоток; неполадки на випусках чавуну; прогари і винос фурмених пристроїв з викидом матеріалів; заливка фурмених пристроїв; прогари фурм і несправності елементів фурмених пристроїв; прогари і розриви кожухів шахти і заплічок з викидом матеріалів; розриви і тріщини кожухів печей; вихід з ладу холодильників; несправності завантажувальних пристроїв; несправності в тракті транспортування доменного газу; несправності трактів холодного і гарячого дуття; вихід з ладу клапанів гарячого дуття; несправності в системах енерго- та паро-водопостачання.

Визначено, що доменне виробництво характеризується наявністю наступних шкідливих та небезпечних факторів: загазованість, запиленість, підвищена температура, інфрачервоне випромінювання, напруженість праці, електробезпека, пожежонебезпека.

В дослідній частині надана характеристика доменного цеху з точки зору електробезпеки та пожежної безпеки.

В проектній частині розроблені засоби та засоби з охорони праці, які дозволяють поліпшити умови праці працівників доменного цеху.

В економічній частині визначено термін окупності одноразових витрат на будівництво аспірації бункерної естакади, місцеву припливну вентиляцію ливарного двору, закупівлю глушника для клапану «Снорт», організацію заземлення електрообладнання аспіраційної системи ливарного двору доменного цеху та системи автоматичного пожежогасіння трансформаторної підстанції. Термін окупності одноразових витрат становить 5,9 років.

ПЕРЕЛК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Фонд соціального страхування : веб-сайт. URL: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/967423;jsessionid=F3A5B0EA5CD9CFFC7567B74767AAC5F6> (дата звернення 25.09.2020).
2. Стан виробничого травматизму Державна служба України з питань праці : веб-сайт. URL: <https://dsp.gov.ua/category/diyalnist/neshchasni-vypadky-na-vyrobnytstvi/> (дата звернення 25.09.2020).
3. Севальнєв А. І., Шаравара Л. П. Оцінка професійного ризику порушення здоров'я працівників провідного металургійного підприємства. *Український журнал з проблем медицини праці* . 4(45), '2015, С. 62-68
4. Шапошникова С.В. Удосконалення методів аналізу, прогнозу та попередження виробничого травматизму на металургійних підприємства : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 05.26.01 – Охорона праці. Луганськ 2008.
5. Воскобойников В.Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая металлургия: учебник для вузов. Москва : Академкнига, 2005. 767 с.
6. Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирования металлургических заводов : справочник. Москва : Интернет Инжиниринг, 2002. 463 с.
7. Чорна металургія. Виробництво чавуну : веб-сайт. URL: <https://techemy.com/%D1%87%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%83%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F/> (дата звернення 01.10.2020).
8. Ефименко Г.Г, Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. Киев: Высшая школа, 1981. 496с.
9. Тубольцев Л.Г., Голубых Г.Н., Суцев С.П., Блинников В.В. Обеспечение промышленной безопасности металлургического производства. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной*

металлургии: Сб. научн. тр. Дніпропетровськ.: ІЧМ НАН України, 2011. Вип. 23. С. 305-324.

10. Большаков В.И., Голубых Г.Н., Можаренко Н.М., Тубольцев Л.Г. Промышленная безопасность доменных печей при задувке и выдувке. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн. тр ИЧМ. 2007. Вып.14. С.290–309.

11. Взрывы в доменных цехах. Взрывы газов в межконусном пространстве : веб-сайт. URL : http://ohrana-bgd.ru/metal/metal1_07.html (дата звернення 11.10.2020).

12. Васильев Г.А. Вилисов Г.В. Безопасность труда в доменном производстве.. Москва : Металлургия, 1988. 141 с.

13. Характеристика доменного производства с точки зрения вредности и опасности : веб-сайт. URL: <https://infopedia.su/15x2050.html> (дата звернення 01.11.2020).

14. Хесин Ю.И. Охрана труда в доменном производстве. М.: Металлургия, 1986. 264с.

15. Методические рекомендации по борьбе с шумом и вибрацией на предприятиях черной металлургии : веб-сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037741> (дата звернення 05.11.2020).

16. Промышленный скребковый конвейер КСП-2. : веб-сайт. URL: <http://www.krany-spb.ru/products/conveyors/ind-rake-conveyor> (дата звернення 05.11.2020).

17. Воздушно-разгрузочный клапан «Снорт» : веб-сайт. URL: http://emchezgia.ru/domennye_pechi/37.6_Vozdushno-razguzochnyi_klapan_snort.php (дата звернення 05.11.2020).

18. Клапан воздушно-разгрузочный Снорт : веб-сайт. URL: <http://iztm.ru/produksiya/klapan-vozdushno-razguzochnyy/> (дата звернення 05.11.2020).

19. Заборов В.И., Л.Н. Клячко, Росин Г.С. Защита от шума и вибрации в чёрной металлургии. Москва : Металлургия, 1976. 248 с.

20. . Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, офіційне видання. Київ, 2013. 138 с.
21. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень/ М-во охорони здоров'я України. Головне сан.-епідем. упр, офіційне видання. Київ, 1999. 15 с.
22. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи, офіційне видання. Київ, 2004. 20 с.
23. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text> (дата звернення 05.11.2020).
24. Воскобойников В.Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая металлургия: учебник для вузов. Москва: Академкнига, 2005. 767 с.
25. Авдеев В. А., Друян В. М., Кудрин Б. И. Основы проектирования металлургических заводов: справочник. Москва: Интермет Инжиниринг, 2002. 463 с.
26. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. издание в двух книгах: кн. 2. М. : Химия, 1990. 384 с.
27. Ефанов П.Д., Карнаух Н.Н. Безопасность труда в основных производствах черной металлургии. М.: Металлургия, 1981, 248с.
28. Смирнов Н.В., Коган Л.М. Пожарная безопасность предприятий чёрной металлургии. М.: Металлургия, 1989. 432с.

