

Розділ 12

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ЗАПОРУКА СТАБІЛЬНОСТІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

*к. т. н., доц. В. К. Тарасов, к. т. н., доц. В. Р. Румянцев,
к. фарм. н., доц. Т. А. Шарапова,
завідувач навчальних лабораторій ІННІ ім. Ю. М. Потебні ЗНУ
Т. Ю. Сайкова*

- 12.1 Аналіз сучасного стану техногенної безпеки промислового виробництва Запорізького регіону.
- 12.2 Критерії і методика оцінки безпеки виробничих процесів.
- 12.3 Розробка заходів безпеки доменного процесу.
- 12.4 Засоби підвищення техногенної безпеки конвертерного виробництва.
- 12.5 Дослідження засобів підвищення ефективності виплавки сталі в дугових електродпечах.
- 12.6 Розробка заходів екологічної і техногенної безпеки процесів гарячої та холодної прокатки.

Висновки

Список використаних джерел

12.1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАПОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ

Аналіз статистичних даних Головного управління Державної служби України з питань праці (Держпраці) в Запорізькій області за 2019–2020 р. показує на необхідність розробки заходів і засобів для підвищення рівня техногенної безпеки на промисловому виробництві в регіоні.

Встановлено основні причини, що створюють умови до виникнення нещасних випадків і хронічних професійних захворювань:

- недосконалість технологічного процесу;
- конструктивні недоліки машин і механізмів;
- тривалий стаж роботи у несприятливих умовах праці [1; 2].

Протягом року проведено аналіз стану професійної захворюваності серед працюючого населення, з метою виявлення основних причин їх виникнення, для подальшого визначення ризикових галузей економіки в регіоні щодо можливості виникнення професійних захворювань та нещасних випадків на виробництві, а також проведення медичних оглядів працівників певних категорій [3].

Рівень санітарно-гігієнічного благополуччя на промислових підприємствах визначають показники професійної захворюваності працівників.

Захворювання виявлені у працівників наступних підприємств Запорізької області (табл. 12.1).

Таблиця 12.1 – Кількість професійних захворювань на підприємствах регіону

Назва підприємства	2020 р.	2019 р.	+	-
ПАТ «Запоріжсталь»	51	29	22	—
ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат»	20	11	9	—
ПрАТ «Дніпроспецсталь»	13	6	7	—
АТ «Запорізький феросплавний завод»	8	6	2	—
ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод»	4	2	2	—
ПрАТ «Український графіт»	4	3	1	—
ТОВ «Запоріжвогнетрив»	5	2	3	—
ТОВ «Метінвестпромсервіс»	3	1	2	—
ТОВ «Запорізький завод кольорових сплавів»	2	0	2	—
Концерн «Міські теплові мережі»	1	0	1	—
ТОВ «ФЕРРОКС»	1	0	1	—
МП «Хортицька дистанція колії»	1	0	1	—
ПрАТ «Запоріжжокс»	1	3	—	2
ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»	1	3	—	2
ТОВ «Александр Агро» – 1	1	0	1	—

Із 16-ти підприємств на 14 є приріст захворювань від 1 працівника на відносно малих підприємствах до 13, 20, 22, відповідно на ПрАТ «Дніпроспецсталь», ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат», ПАТ «Запоріжсталь».

За 2020 р. надійшло 117 повідомлень за формою П-3 про встановлення діагнозу хронічного професійного захворювання, з них 20 у жінок. За аналогічний період 2019 р. – 76 (+41), з них жінок – 22 (–2).

Гострих професійних захворювань у медичних працівників (Covid-19) – 1560 випадків, у т. ч. 18 зі смертельним наслідком. Завершено розслідування по 90 випадкам, у т. ч. 2 зі смертельним наслідком. Загалом, пов'язані з виробництвом – 36 випадків, не пов'язані – 54.

Кількість випадків професійних хронічних захворювань з загальним стажем роботи:

- від 30 до 40 років – 61 випадок (65 %);
- від 20 до 30 років – 23 випадки (23 %);
- від 10 до 20 років – 12 випадків (12 %).

За стажем роботи у шкідливих умовах праці кількість випадків професійних захворювань:

- від 20 до 30 років – 45 випадків (46 %);
- від 10 до 20 років – 33 випадки (36 %);
- від 30 до 40 років – 18 випадків (18 %).

Професійні захворювання виявлено у працівників 35 професій, а саме: машиніст крана металургійного виробництва – 15, слюсар-ремонтник – 9, підземний машиніст вібраційної навантажувальної установки – 3, підземний прохідник – 2, підземний машиніст бурової установки – 2, машиніст бульдозера – 2, машиніст завалювальної машини – 2, горновий феросплавних печей – 2, електрогазозварник – 1, сталевар – 1, вальцювальник – 1, гірник – 1, підземний слюсар – 1, розливальник сталі – 1, плавильник – 2, підручний сталевара – 3, горновий – 2, електрик – 2, оператор котельні – 2, вогнетривник – 1 та ін.

За етіологією розвитку хронічних професійних захворювань:

– захворювання викликані впливом промислових аерозолів (ХОЗЛ, пневмоконіози, хронічні бронхіти та інші) – 87,

що зумовлено значною кількістю працюючих в умовах підвищеної концентрації пилу, хімічних речовин у повітрі робочої зони; недосконалістю технологічних процесів, санітарно-технічних систем та захисного обладнання (вентиляції, засобів індивідуального захисту); порушенням правил безпеки на робочому місці;

– захворювання викликані дією фізичних факторів (вібраційна хвороба – 50, нейронсенсорна приглухуватість – 84), всього – 134, що зумовлено в першу чергу застарілим обладнанням, яке генерує високі рівні шуму та вібрації, а також конструкційними недоліками машин та механізмів, тривалим стажем роботи в умовах впливу шуму, локальної та загальної вібрації (більш ніж 20 років);

– захворювання пов'язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем (радикулопатії та інші) – 46;

– інші захворювання – 12, з них: рак легень, бронхів, гортані – 4, силікоз – 2, остеоартроз – 1, сідеросилікоз – 1, та ін.

Основні причини виникнення хронічних професійних захворювань:

– недосконалість технологічного процесу;
– конструктивні недоліки машин і механізмів;
– тривалий стаж роботи у несприятливих умовах праці;
– відсутність протипоказань до роботи у шкідливих умовах праці за результатами періодичних медичних оглядів.

За 12 місяців 2019 р. кількість нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, порівняно з аналогічним періодом минулого року знизилась на 29,11 %, або на 85 нещасних випадків (207 нещасних випадків проти 292). Кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком, пов'язаних з виробництвом 11 нещасних випадків проти 14 (табл. 12.2, див. с. 637).

Також за 12 місяців 2019 р. сталося 2 групових нещасних випадки, в якому постраждало 5 працівників, в 2018 р. сталося 9 групових нещасних випадків, в яких постраждало 23 працівники, з них 4 зі смертельним наслідком.

Зростання смертельного травматизму відбулося на транспорті – 3 проти 0 (+3).

Таблиця 12.2 – Статистика нещасних випадків
у різних сферах діяльності людини

№ з/п	Галузі нагляду	2019 р.	2018 р.	+	–
1	Соціально-культурна сфера	68 (2)	83 (3)	22	—
2	Металургія	38 (1)	45 (2)	—	7
3	Машинобудування	35 (1)	74 (1)	7	39
4	Агропромисловий комплекс	12 (2)	16 (3)	—	4
5	Енергетика	10 (0)	15 (0)	—	5 (0)
6	ЖКГ	6 (0)	13 (0)	—	7 (0)
7	Транспорт	12 (3)	11 (2)	1 (1)	—
8	Будівництво	11 (3)	11 (2)	0 (0)	—
9	Нерудна промисловість	4 (0)	12 (2)	—	8 (2)
10	Хімія	7 (0)	11 (1)	—	4 (1)
11	Пошта, зв'язок	2 (0)	1 (0)	1 (0)	—
12	Газопостачання і газоспоживання	0 (0)	0 (0)	—	—
13	Котлонагляд та підйомні споруди	2 (0)	0 (0)	—	2

Примітка. У дужках смертельні випадки

Зростання загального травматизму відбулося на транспорті – 12 проти 11 (+1), підприємствах пошти та зв'язку – 2 проти 1 (+1) та котлонагляді і підйомних спорудах – 2 проти 0 (+2).

Зниження загального травматизму відбулося в: гірничорудній і нерудній промисловості – 4 проти 12 (–8); металургії – 38 проти 45 (–7); хімічній, нафтохімічній промисловості – 7 проти 11 (–4); енергетиці – 10 проти 15 (–5); ЖКГ – 6 проти 13 (–7); машинобудуванні – 35 проти 74 (–39); агропромислового комплексу – 12 проти 16 (–4); соціально-культурній сфері та торгівлі – 68 проти 83 (–15).

Визначено події, які привели до нещасних випадків (у % відношенні від загальної кількості):

- падіння потерпілого – 84 (3 см), (40,58 %);
- дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються – 40 (3 см) (19,32 %);
- пригоди (події) на транспорті – 15 (1 см), (7,25 %);
- навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою – 19 (1 см), (9,18 %);

- падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо – 19 (9,18 %);
- ушкодження внаслідок контакту з тваринами, комахами, іншими представниками фауни, а також флори – 8 (1 см), (3,86 %);
- дія шкідливих і токсичних речовин – 2 (1 см), (0,97 %);
- ураження електричним струмом – 4 (1 см), (1,93 %);
- інші – 5 (2,42 %);
- показники напруженості праці – 1 (0,48 %);
- пожежа – 3 (1,45 %);
- дія температур – 4 (1,93 %);
- інші види – 2 (0,97 %).

Завдяки аналізу статистичних даних Головного управління Держпраці в Запорізькій області за 2018–2020 рр. визначено основні причини нещасних випадків [1; 4] і хронічних професійних захворювань:

- недосконалість технологічного процесу;
- конструктивні недоліки машин і механізмів;
- тривалий стаж роботи у несприятливих умовах праці;
- організаційні недоліки стосовно охорони праці.

Створена таблиця рівня профзахворювань на основних підприємствах металургії, машинобудування, хімічної промисловості регіону. Рівень професійних хронічних захворювань залежно від загального стажу роботи і професій складає від 12 % до 65 %. Визначено етіологію розвитку таких захворювань та їх причини.

Для порівняння розглянуто статистику нещасних випадків в інших сферах діяльності людини на виробництві: від промисловості до комунального господарства, агропромислового комплексу, транспорту, будівництва. Створена порівняльна таблиця загальної кількості нещасних випадків та зі смертельним наслідком за два останні роки.

12.2 КРИТЕРІЙ І МЕТОДИКА ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасний підхід до порівняння роботи підприємств окремих галузей промисловості або основних підрозділів підприємства визначається за методикою, що включає більш широку номенклатуру даних: результати атестації робочих місць; паспортизації санітарно-технічного стану цеху та підрозділів, динаміку зміни показників виробничого травматизму і профзахворювань; проведення санітарно-оздоровчих заходів. На основі отриманих результатів визначається об'єднаний коефіцієнт рівня охорони праці [4]:

$$K = \frac{(K_c + K_6 + K_b)}{C}, \quad (12.1)$$

де $K_c = C_b / C$ – коефіцієнт рівня виконання правил охорони праці, де C_b – кількість працівників, що виконують вимоги охорони праці, C – загальна кількість працюючих;

$K_6 = n_{тб} / n_{заг}$ – коефіцієнт технічної безпеки обладнання, де $n_{тб}$ – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам охорони праці і техногенної безпеки, $n_{заг}$ – загальна кількість обладнання;

$K_b = m_{cp} / m$ – коефіцієнт виконання планових робіт, де m_{cp} – кількість виконаних робіт, пов'язаних з охороною праці, m – кількість запланованих робіт за визначений проміжок часу.

Для визначення K_c враховують наступні порушення: робота без інструктажу або прострочений термін його проведення; відсутність відповідних інструкцій правил безпеки; робота на обладнанні, яке не пройшло технічний огляд; невідповідність прийомів праці правилам безпеки. При знаходженні K_6 необхідно визначити: недостатність або відсутність технічних засобів безпеки; наявність огорожень, сигналізації, електрозахисту, ручного або автоматичного керування; проведення змін в конструкція, що не передбачено технічною документацією тощо. Коефіцієнт K_b враховує кількість запланованих заходів з охорони праці,

включаючи пропозиції колективного договору і адміністрації підприємства, приписи органів, що перевіряють.

Для визначення безпеки технологічних процесів (БТП) необхідно брати до уваги нормативні параметри безпеки праці B_p .

$$B_p = f(m, p, u, t, V), \quad (12.2)$$

де m – маса вхідного матеріалу і готового продукту;

p – тиск;

u – ємність агрегату;

t – температура;

V – швидкість переміщення вантажів шихти, полуфабрикатів, готової продукції [5].

Норми параметрів відповідають умовам повної безпеки процесу. Безпека B_p змінюється від 0 до 1 під впливом трьох основних факторів:

1. Стабільністю параметрів процесу впродовж всього періоду експлуатації агрегату (T_i) (рис. 12.1).

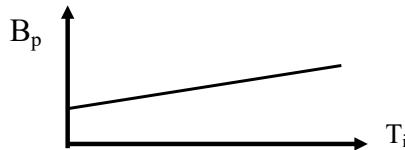


Рисунок 12.1 – Залежність безпеки від часу експлуатації

Зростання безпеки досягається модернізацією процесу і обладнання.

2. Зносом металургійних агрегатів і зміною його параметрів (рис. 12.2, див. с. 641). Зміна параметрів розглядається впродовж міжремонтного періоду ($T_{мп}$).

3. З поступовою зміною параметрів виробничого процесу в період виробничого циклу (рис. 12.3, див. с. 641).

Вивчення статистики порушень технологічних процесів, що призвели до негативних наслідків показує на необхідність дотримання загальних вимог наступних правил:

1. Усунення безпосереднього контакту робітників зі шкідливими вихідними матеріалами.

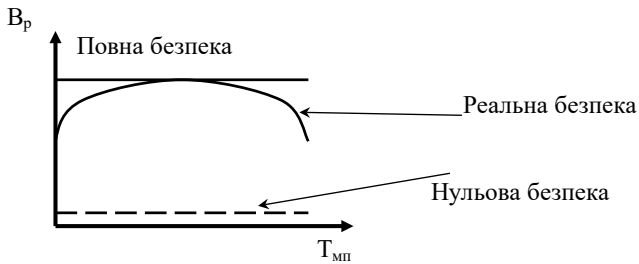


Рисунок 12.2 – Залежність безпеки від зносу

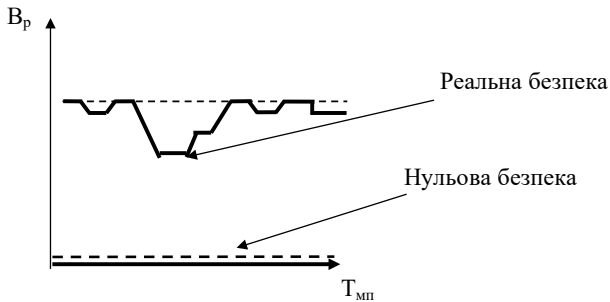


Рисунок 12.3 – Залежність безпеки процесу від зміни його параметрів

2. Заміна технологічних процесів й операцій зі шкідливими та небезпечними факторами на операції, де дія цих факторів усунена чи зведена до мінімуму.

3. Застосування комплексної механізації автоматизації в тих випадках, коли дію небезпечних чи шкідливих факторів не можна усунути.

4. Забезпечення надійної герметизації виробничого обладнання.

5. Застосування запобіжних засобів колективного захисту робітників огороження, вентиляція.

6. Перехід від періодичних процесів до безупинних.

7. Своєчасне видалення, знешкодження відходів виробництва.

8. Застосування раціональних режимів праці і відпочинку.

Для визначення рівня безпеки процесів доцільно проводити розрахунки за визначений проміжок часу, при якому технологічний процес протікає без порушення норм безпеки:

$$U_6 = \frac{\sum t'_i + \sum \tau'_i + \sum u'_i}{T}, \quad (12.3)$$

де $\sum t'_i$ – загальна тривалість часу з порушенням параметрів безпеки, год;

$\sum \tau'_i$ – загальна тривалість часу екстремального відключення виробництва, год;

$\sum u'_i$ – загальна тривалість часу порушення процесу під впливом зовнішніх факторів, год;

T – час роботи агрегату без зупинки на ремонт, год.

Результати розрахунків різних процесів показують, що безпека підвищується з переходом від виплавки металу до його обробки.

Для оцінки рівня безпеки необхідно користуватись такими припущеннями:

- дуже низький рівень – до 20 % (0,2);
- низький – до 50–60 % (0,5–0,6);
- середній – до 80 % (0,8);
- високий – до 90 % (0,9);
- дуже високий – до 100 % (1).

Використовуючи закордонний досвід, прийнятною безпекою процесів є рівень від 75 % (0,75).

Потреби прискорення темпів соціального та економічного розвитку нашої країни, успіхи й досягнення в різних областях науки і техніки обумовили необхідність докорінної перебудови організаційно-економічних і технологічних характеристик виробничої діяльності в напрямку створення динамічних та інтенсивних форм виробництва. Традиційно інтенсифікація виробництва реалізувалася всебічним підвищенням продуктивності машин, устаткування і технологічних процесів. За таких умов, звичайно, зберігається значна частка ручної праці людини, яка в окремих виробництвах перевищує половину витрат.

Радикальним засобом забезпечення безпеки виробничих процесів є механізація та автоматизація. Основною метою механізації є звільнення людини від важких і стомлюючих операцій. Розрізняють часткову і комплексну механізацію. При автоматизації виробництва функції керування і контролю замість людини виконують прилади й автоматизовані пристрої.

Автоматизація виробництва – це вища форма розвитку виробничих процесів, при яких функції управління і контролю, що виконувала людина, передаються приладам і автоматичним засобам. Автоматизація виробництва є основою для підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції, нової організації виробничо-технологічного процесу, в основу яких покладаються нові принципи безпеки праці і підвищення загальної культури виробництва.

Ступінь механізації й автоматизації процесу визначається за формулою:

$$A = \frac{t_A + t_M}{T_p} \times 100, \% \quad (12.4)$$

де t_A і t_M – час роботи за допомогою автоматизації та механізації;
 T_p – загальний час роботи.

Для оцінки безпеки процесу праці необхідно враховувати організацію праці, робочих місць, їх обслуговування та необхідні умови праці. Обслуговування робочого місця полягає в забезпеченні засобами, предметами праці і послугами, необхідними для здійснення трудового процесу. Вимоги до безпеки трудового процесу: праця повинна проходити в умовах нормованих завдань за відсутністю небезпечних і шкідливих виробничих чинників протягом встановленого часу.

Розрахунок рівня безпеки трудового процесу визначається за формулою:

$$U_B'' = 1 - \Sigma t_i / T_p, \quad (12.5)$$

де Σt_i – загальна тривалість часу виконання трудових операцій за наявності небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Для забезпечення зручності роботи і безпеки працюючих підходять всі пристосування, що не беруть участь в технологічному процесі. Наприклад, в будівництві, це драбини, трапи, містки, ліси, люльки та ін. при роботах, які виконуються на висоті >1,3 м. Часто використовують розбірні металеві ліси багатократного застосування, які потрібно встановлювати строго по вертикалі і кріпити до стін будівлі або споруди (рис. 12.4).

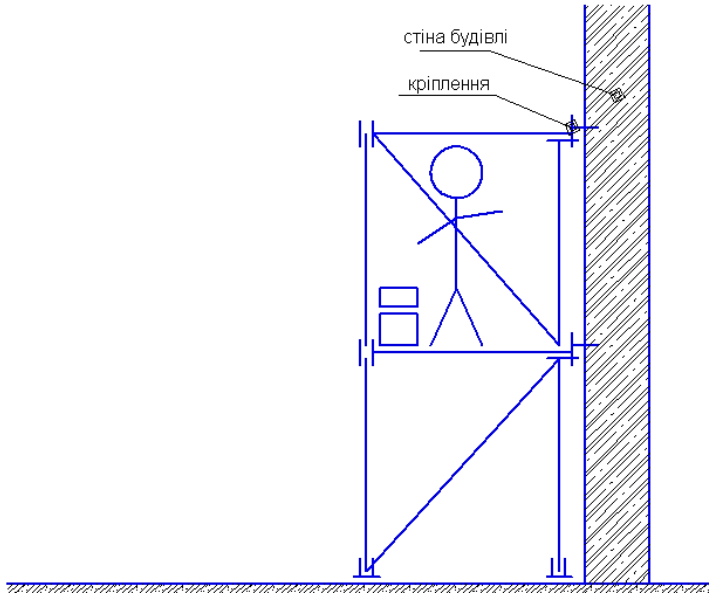


Рисунок 12.4 – Схема влаштування будівельного риштування

Опори і підвіски настилів повинні мати достатній запас міцності (здійснюється розрахунок на максимальну чисельність працюючих, та матеріал та інструмент, що використовується в роботі). Приклад розрахунку наведено на рис. 12.5 (див. с. 645).

Рівень безпеки і травмо-небезпеки обладнання знаходять за формулою:

$$U_6'' = 1 - \frac{\sum t_i'' + \sum \tau_i''}{T''}, \quad (12.6)$$

де t_i^n , τ_i^n – відповідно, загальна тривалість часу роботи обладнання з порушеннями, при яких виникають небезпечні та шкідливі фактори, і при екстремальних аварійних ситуацій; T''' – міжремонтний період.

Показник підвищеного коефіцієнту безпеки обладнання:

$$\Delta K = 3(1 - K) \frac{1}{100}, \%, \quad (12.7)$$

де 3 – нормована величина зниження небезпеки, %;

K – досягнутий коефіцієнт технічної безпеки за попередній квартал.

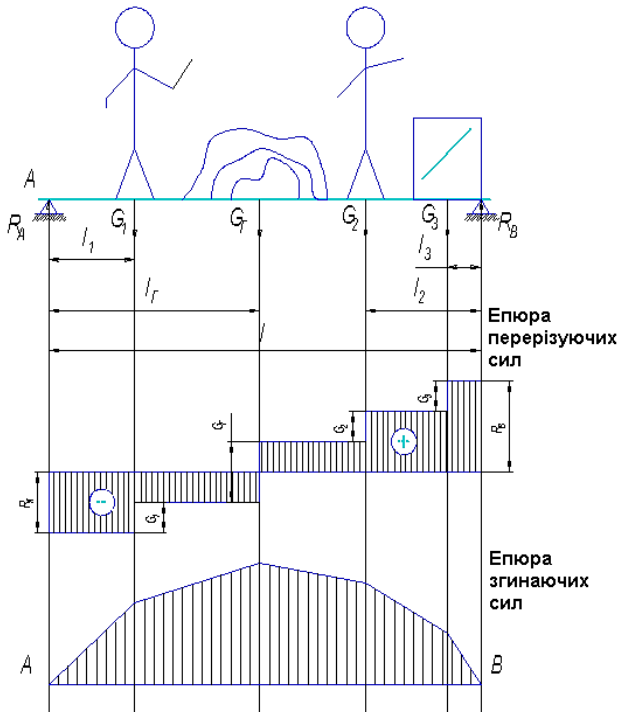


Рисунок 12.5 – Розрахунок навантаження настилу:

G_1 ; G_2 – вага працюючих; G_3 – вага інструменту;
 G_A – вага вантажу

Для сприяння зменшенню впливу на робочих небезпечних і шкідливих факторів застосовуються технічні пристрої. Їх можна розділити на: загороджувальні, блокувальні, запобіжні і засоби сигналізації.

Загороджувальні пристрої являють собою фізичну перешкоду між людиною і небезпечним шкідливим фактором (кожухи, щити, екрани та ін.). До них відносять обмежувальні і захисні пристрої.

12.3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ДОМЕННОГО ПРОЦЕСУ

Отже, для визначення професійного ризику і стану охорони праці необхідно детально вивчити технологію виробництва, наявність і рівень шкідливих та небезпечних чинників технологічного процесу, умови праці. З урахуванням цієї інформації розглянемо особливості доменного процесу.

Доменний процес супроводжується виділенням значної кількості тепла, пилу і газів на ливарному дворі. До таких операцій процесу відносяться: розбивання отворів чавунної і шлакової льоток, особливо при прожиганні їх киснем, випуск шлаку й чавуну з доменної печі та подача рідкого металу й шлаку по жолобам в ківші [6; 7]. Розплавлений чавун і шлак є джерелом інтенсивного тепловипроміювання. Залежно від значення температури та відстані від джерела персонал різних робочих місць ливарного двору піддається впливу інфрачервоного опроміювання інтенсивністю до 5,6–7,0 кВт/м² при допустимій нормі 140 Вт/м². При виконанні окремих операцій інтенсивність підвищується до 10,5 кВт/м².

Незважаючи на наявність спецодягу і зорових щитків умови праці можна віднести до особливо шкідливих. При чому, умови різко погіршуються при роботі взимку. Працівники піддаються впливу різкого перепаду температурних коливань: від 37 °С до 1,9...16,4 °С. Несприятливі умови залишаються на робочих місцях і влітку. Загалом середня температура повітря на більшості робочих місць коливається в межах 32,9...36,7 °С, а в період випуску металу і шлаку вона підвищується на 5...9,4 °С [6].

Крім того випуск і транспортування металу і шлаку супроводжується виділенням шкідливих хімічних газоподібних речовин. Основну небезпеку становить оксид вуглецю (II) CO, який не має запаху і подразливого впливу на організм людини, проте суттєво підвищує ймовірність отруєння. Значні концентрації CO реєструються поблизу чавунних льоток, фурмених пристроїв, в кінці ливарного двору під час зливу чавуну та шлаку. Спостерігається також забруднення повітряного середовища графітом та оксидом сульфідів (IV), який в незначних концентраціях перебільшує ГДК. Є також наявність в повітрі робочої зони високих концентрацій пилу (до 40–100 мг/м³) з вмістом діоксиду кремнію 2–10 %.

Для суттєвого зменшення шкідливих викидів газу, пилу і тепла широко та ефективно використовують укриття жолобів транспортування рідкого чавуну та шлаку з аспірацією виділень.

Стандартна схема випуску чавуну із доменної печі середньої місткості (до 2000 м³) включає дві льотки: чавунну й шлакову. Кількість випусків на добу складає 8–10. Кращі результати отримують при встановленні двох чавунних і однієї шлакової льотки в якості запасної. Водночас покращується рівномірність ходу печі, надається більше часу для обслуговування льоток, що знижує важкість і напруженість праці, виникає можливість підвищення продуктивності печі, кількість випусків чавуну збільшується до 10–14 за добу. Для подачі чавуну в ківш використовується головний жолоб з вертикальною перегородкою, який розподіляє чавун і шлак по різним допоміжним жолобам. Чавун поступає на колісковий жолоб, з якого за рахунок повороту на 180° послідовно заповнює два ківша, що розташовані на правому або лівому залізничному шляху. Використання поворотного жолоба значно спрощує злив чавуну, що дозволяє практично не використовувати шлакову льотку і направляти шлак по спеціальному жолобу в шлаковий ківш. Для полегшення обслуговування, жолоби звичайно роблять відкритими. Головними недоліками такої схеми є наступне: значний контакт рідкого чавуну з досить високою температурою 1500...1800 °С з киснем повітря. Створюються оптимальні умови для окиснення, виникає додаткова кількість шлаку.

За час переміщення чавуну по жолобу він частково застигає, налипаючи на стінки жолоба [4]. Знижується вихід годного чавуну і потребується додатковий час на очищення жолобів.

Крім того, умови праці ливарників відносяться до особливо шкідливих та небезпечних. Можлива висока ймовірність опіків персоналу за рахунок бризок рідкого чавуну, високого рівня тепловипромінювання. Значні виділення газів та пилу впливають на стан органів дихання.

Найбільш раціональним представляється використання сучасних схем укриття жолобів. Знімні кришки виконуються у вигляді плит з вогнестійкою футеровкою. Дві плити на початку і в кінці жолобів виконані з можливістю видалення відхідних газів.

Для оцінки втрат опору при видаленні відхідних газів від жолобів двох льоток проведено аеродинамічний розрахунок системи аспірації ливарного двору (рис. 12.6) [6].

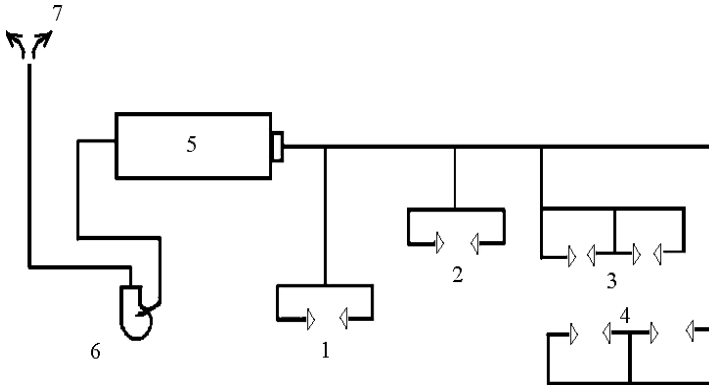


Рисунок 12.6 – Схема аспіраційної системи ливарного двору доменної печі:

- 1 – головний жолоб № 1; 2 – головний жолоб № 2;
- 3 – хитний жолоб зливу шлаку; 4 – колицковий жолоб зливу чавуну;
- 5 – рукавний фільтр; 6 – димотяг; 7 – димарі

Повний опір газового тракту дорівнює:

$$\Delta P = \Delta P_{IZ} + \Delta P_{MZ}, \text{ Па}, \quad (12.8)$$

де ΔP_{IZ} – сумарний опір на тертя за довжиною газопроводу, Па;
 ΔP_{MZ} – сума місцевих опорів, Па.

Опір на тертя за довжиною газопроводу ΔP_l визначається за формулою:

$$\Delta P_l = \lambda \times \frac{l}{d} \times \frac{w_\phi^2}{2} \times \rho_t, \quad (12.9)$$

де h – коефіцієнт гідравлічного опору;
 l – довжина ділянки газопроводу, м;
 d – діаметр ділянки газопроводу, м;
 W_ϕ – фактична швидкість руху газу на ділянці, м/с;
 ρ_t – густина газу при робочих умовах, кг/м³.

Встановлено втрати опору на кожній ділянці системи аспірації (табл. 12.3).

Таблиця 12.3 – Результати розрахунку опору системи аспірації

Номер ділянки	Витрата газу, м ³ /с	Діаметр, d_{cp} , мм	Швидкість газу, W_ϕ , м/с	Довжина, L , м	Коеф. місцевого опору, ξ	Опір по довжині, ΔP_l , Па	Місцевий опір, ΔP_m , Па	Загальний опір, ΔP , Па
1	45,69	1800	18	18	3,48	53	593	646
2	99,25	2100	29	16	0,98	100	346	446
3	85,9	2100	25	76	0,98	336	245	581
4	38,22	1800	15	3	0,74	5	79	84
5	44,6	1600	22	29	3,8	140	643	783
6	263,86	3500	27	6	—	17	—	17
7	263,86	3500	27	35	2,32	98	423	521
8	69,52	1800	27	6	1,1	39	433	472
9	77	1800	30	6	2,48	47	687	734
10	77	1800	30	6	1,15	49	459	508
Усього						884	3908	4792

Згідно з табл. 12.3 наведено графіки витрат тиску на ділянках (рис. 12.7, 12.8, див. с. 650).

Найбільші втрати належать ділянкам зі жолобами. На інших ділянках вони коливаються в межах до 20 %.

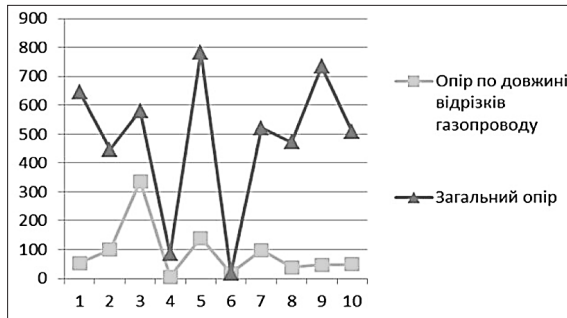


Рисунок 12.7 – Зміни опору на окремих ділянках аспіраційної системи

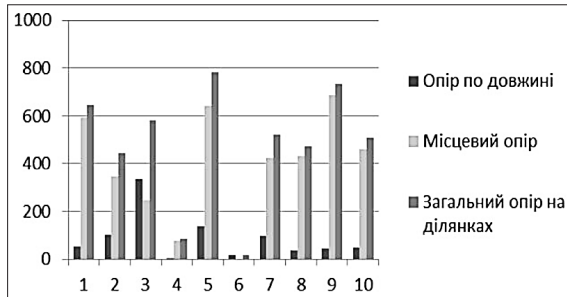


Рисунок 12.8 – Номограма опору на ділянках систем

12.4 ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ КОНВЕРТЕРНОГО ВИРОБНИЦТВА

У сучасному конвертерному виробництві сталі використовують новітні технології для підвищення ефективності процесу [8; 9]. Переважним варіантом здійснення такої плавки сталі є використання комбінованої продувки, коли кисень подають до конвертера зверху, а інертний газ – знизу (через днище) одночасно, тривалість плавки зменшується до 30–35 хв [10]. Через суттєве підвищення інтенсивності плавки та складність технологічного обладнання управління зазначеним процесом потрібно більше уваги

та відповідальності робочого персоналу з метою підвищення рівня техногенної безпеки.

Для пошуку раціональних засобів захисту розроблено апаратурно-технологічну схему небезпечних зон процесу. Місця виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників у типовому конвертерному цеху подано на рис. 12.9 [11].

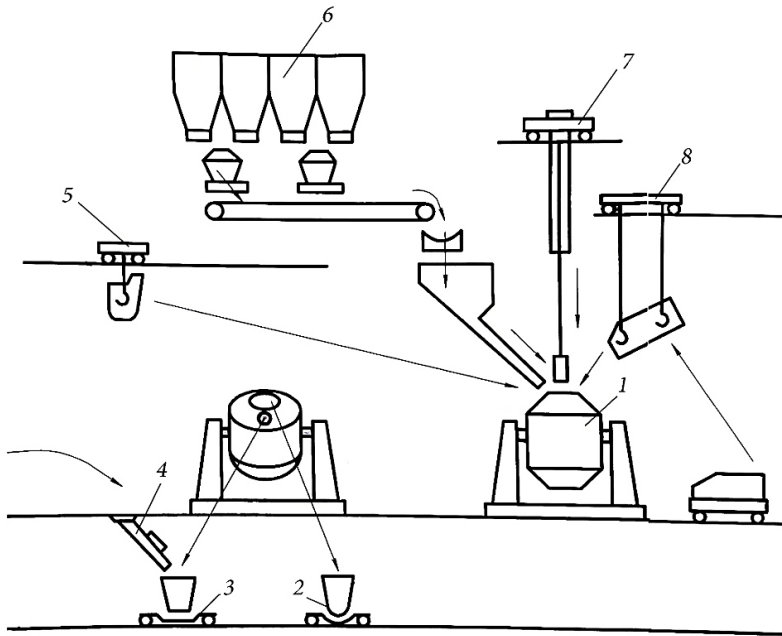


Рисунок 12.9 – Спрощена апаратурно-технологічна схема конвертерного цеху з позначенням зон виникнення шкідливих і небезпечних виробничих чинників:

- 1 – конвертер (*I, III, IV, V, VI, VII, VIII*); 2 – ківш для шлаку (*I, III, IV, V, VI*); 3 – ківш для сталі (*I, III, IV, V, VI*); 4 – жолоб подавання розкислювачів (*I, II, III, IV*); 5 – кран для заливання чавуну (*I, III, IV, V, VI, VII, VIII*); 6 – бункери сипкої шихти (*I, II, III*); 7 – візок кисневої фурми (*I, III, IV, VI*); 8 – кран завантаження металобрухту (*I, II, III, IV*); *I* – шум; *II* – пил; *III* – вібрація; *IV* – рухомі механізми; *V* – газоподібні викиди; *VI* – теплове виділення; *VII* – електрична небезпека; *VIII* – пожежна небезпека

До порушень технологічного процесу, що пов'язані з впливом зовнішніх чинників, слід віднести можливість недотримання технології підготовки металобрухту (підвищена вологість, наявність мастила), нерівномірність подавання кисню, а також перебої постачання енергії. Такі порушення можуть призвести до виплесків металу та шлаку, пошкоджень футерівки, а також небезпечних зупинок процесу плавки [5].

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

Значну небезпеку представляє наявність вологи у футерівці ківшів під час заливання сталі. Знаходячись під рідиною з температурою ~ 500 °С, вологі матеріали охолоджують її прилеглі шари та створюють тверду кірку, під якою здійснюються випаровування та розкладання води з утворенням гримучої суміші. Вибух у цьому разі відбувається наприкінці заповнення ковша сталлю або на початку її розливання по виливницям. Викиди розплавленого металу та шлаку з горловини конвертера під час продування киснем створюють небезпеку травмування робочого персоналу, а також призводять до втрат металу, що може досягати 3 % його маси.

Суттєвого зменшення аварійних ситуацій у конвертерах досягають використанням випарного охолодження [8; 10], коли невелику масу гарячої води у холодильниках перетворюють на пару.

Небезпечним явищем є можливість втрати металу з конверторів і сталерозливних ківшів через порушення їх герметичності. Так, у нижній частині конвертера на його футерівку систематично діють значні динамічні навантаження у період завантаження металобрухту. Зношення футерівки відбувається завдяки реакції її компонентів з оксидом кремнію шлаку, що має кислотні властивості. Порушення цілісності футерівки за певних умов може призвести до виливання металу з нижньої або бічної частини кожуха конвертера.

Наявність у конвертерному цеху численних киснево провідів потребує специфічної організації робіт та значної площини для їх прокладання. Інтенсивність вантажних потоків є значно

вищою, ніж в інших сталеплавильних виробництвах, що потребує більшої ретельності дотримання умов безпеки та наявності кваліфікованих спеціалістів.

До нормованих параметрів безпеки процесу плавки у конвертері слід віднести стан внутрішньої поверхні футерівки конвертера; фізико-хімічні параметри шихтових матеріалів, а також фізичні параметри кисневого струменя.

З урахуванням усіх видів порушень виконують розрахунки щодо визначення рівня безпеки конвертерного процесу [11].

Визначають термін безперервної роботи конвертера без зупинок на ремонт, тобто, частку часу U_6 , коли технологічний процес відбувається без порушень норм безпеки:

$$U_6 = \frac{\sum \tau_{п.б.} + \sum \tau_{е.в.} + \sum \tau_{з.ф.}}{\tau_{заг.}}, \quad (12.10)$$

де $\sum \tau_{п.б.} + \sum \tau_{е.в.} + \sum \tau_{з.ф.}$ – відповідно загальна тривалість часу порушень параметрів безпеки, загальна тривалість часу екстремального відключення виробництва та загальна тривалість часу порушення процесу під впливом зовнішніх факторів, год.

Для аналізу рівня безпеки використовують дані, що наведено у дефектних відомостях експлуатації конверторів.

Вихідні дані для розрахунків: місткість конвертера – 130 т, тривалість плавки – 45 хв; загальна тривалість робочого часу конвертера без зупинки на ремонт $\tau_{заг.} = 420$ год.

Порушення параметрів безпеки процесу ($\sum \tau_{п.б.}$) складаються з порушень під час подавання кисню (тривалість 6,4 год) порушень, пов'язаних з неправильним положенням кисневої фурми (тривалість 14,5 год), а також порушень хімічного складу металу (13,5 год), тобто їх тривалість складає $\sum \tau_{п.б.} = 34,5$ год.

Порушення, що спричиняють екстремальне відключення процесу ($\sum \tau_{е.в.}$), вміщують порушення, які пов'язані з різким виділенням струменів гарячих і шкідливих газів через відкриту горловину конвертера під час продування киснем (13,0 год); порушення щодо охолодження головки кисневої фурми та значних викидів пари (8,0 год), а також порушень, пов'язаних з бурхливим протіканням

процесу, що супроводжуються виплесками та викидами рідкої сталі та шлаку (8,9 год), тобто $\Sigma\tau_{\text{е.в.}} = 29,9$ год.

Порушення параметрів за рахунок зовнішніх факторів ($\Sigma\tau_{\text{з.ф.}}$) складаються з порушень щодо низької якості металобрухту (13,6 год); нерівномірності подавання кисню (15,2 год), а також нестабільного постачання енергії (8,0 год), тобто $\Sigma\tau_{\text{з.ф.}} = 36,8$ год.

Отже, рівень безпеки становить $U_6 = 76\%$, що за міжнародними вимогами є середнім і прийнятним для експлуатації.

Під час використання сучасної енергозберігаючої технології процесу з герметичним укриттям горловини конвертера (з використанням фізичної теплоти газів, що відходять, як вторинних енергоресурсів) суттєво підвищується рівень безпеки.

Так, автоматична установка фурми у спеціальному отворі укриття, що розташовано на вертикальній осі конвертера, дозволяє скоротити порушення параметрів безпеки процесу з 14,5 до 1,3 год, тобто $\Sigma\tau_{\text{п.с.}} = 21,1$ год.

Тривалість порушень, які спричинено виділенням струменів гарячих і шкідливих газів через відкриту горловину конвертера під час продування киснем скорочуються з 13,0 до 6,5 год, а тривалість порушень, пов'язаних з цілісністю системи охолодження головки кисневої фурми та значними викидами пари – з 8,0 до 2,8 год, порушення через незначні вибухоподібні удари скоротилися з 8,9 до 2,4 год, тобто $\Sigma\tau_{\text{е.в.}} = 12,7$ год. У такому разі рівень безпеки складає $U_6 = 83\%$ і його можна віднести до високого.

Переробка значних обсягів рідкого металу є причиною підвищеної температури в цеху на робочих місцях і призводить до значного рівня теплового опромінення робочого персоналу цеху.

У табл. 12.4 (див. с. 655) наведено допустиму тривалість знаходження працівника в небезпечній зоні залежно від потужності випромінювання.

Визначають відстань від центра випромінювання (осі конвертера або розливного ковша) до безпечної зони L_i за формулою:

$$L_i = 0,78 \frac{S_{\text{д}}^{0,5}}{Q_{\text{н}}} \left[\left(\frac{T_{\text{д}}}{100} \right)^4 - 110 \right], \quad (12.11)$$

де S_d , T_d – площа поверхні джерела, що випромінює, та його температура, м² ($S_d = 1,0$ м²), К, відповідно;
 Q_H – оптимальна норма інтенсивності тепловиділення.
 $Q_H = 140$ Вт/м². Отримують $L_i = 2,5$ м.

Таблиця 12.4 – Допустима тривалість перебування працівника в зоні дії випромінювання

Потужність випромінювання, Вт/м ²	Допустима тривалість перебування в небезпечній зоні, хв	Тривалість перерви, не менше, хв	Припустимий час праці в зоні протягом робочого дня, %
≤350	без обмежень	—	100
500	20	5	70
700	15	5	50
1200	10	5	50
2000	5	5	50
2100	4,5	10	30
2800	заборонена робота без спеціальних засобів індивідуального захисту		

Встановлено, що радіус небезпечної зони перевищує припустиме значення 2,0 м, тобто необхідно використовувати захисні екрани.

Згідно з результатами розрахунків, для захисту персоналу на відстані 1,0 м від джерела теплового випромінювання, достатньо встановити екрани з алюмінієвої фольги товщиною $\delta = 0,02$ м.

Оскільки температура джерела є досить високою (1023 К), захисний екран слід футерувати теплоізоляційною цеглою (рис. 12.10, див. с. 656).

Термічний опір, який потрібно отримати за допомогою шару зазначеної цегли обчислюють як:

$$R = (T_{ц} - T_{е}) / q_0, \quad (12.12)$$

де $T_{ц}$ – температура термостійкої цегли, К;

$T_{е}$ – допустима температура зовнішньої стінки екрану, К;

q_0 – теплові втрати, що затримує захисний екран, Вт. Їх значення обчислюють за відомою методикою [11].

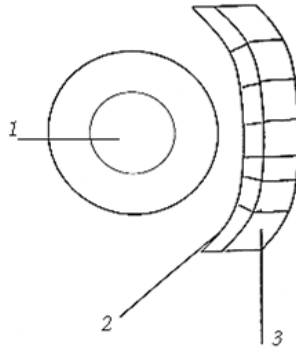


Рисунок 12.10 – Схема розташування стаціонарних теплозахисних екранів:

1 – джерело випромінювання; 2 – відбивний матеріал (алюмінієва фольга); 3 – теплопоглинаючий матеріал (термостійка цегла)

Тоді необхідну товщину теплоізоляційної цегли визначають за формулою:

$$\delta = R \times \lambda, \quad (12.13)$$

де λ – теплопровідність теплоізоляційної цегли, Вт/(м² · К).

Обчислюють кількість екранів за наступними вихідними даними: $T_d = 1023$ К, $T_e = 523$ К, температура навколишнього повітря $T_B = 300$ К. Ступінь екранізації становить $\mu = T_d / T_B = 1,4$.

Кількість екранів визначають як:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_{нп}}{T_d}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} \times \left(\frac{T_{нп}}{T_d}\right)^4} \times \frac{E_d}{E_{нп}} - 1, \quad (12.14)$$

де T_d – температура джерела випромінювання перед екраном, К;
 $T_{нп}$ – температура навколишнього повітря;
 E_d , $E_{нп}$ – наведена ступінь чорноти джерела та екрану й екрану та джерела і повітря, відповідно.

Одержано $n = 1,0$.

Площу небезпечної зони $S_{\text{НЗ}}$ обчислюємо, як:

$$S_{\text{НЗ}} = S_{\text{Д}} + S_{\text{В}} + S_{\text{Е}}, \quad (12.15)$$

де $S_{\text{Д}}$ – площа поверхні джерела, що випромінює, м^2 ;

$S_{\text{В}}$ – площа впливу джерела, м^2 ;

$S_{\text{В}} = 9,81 \text{ м}^2$;

$S_{\text{Е}}$ – площа зони, яку захищають, м^2 ;

$S_{\text{Е}} = 3,53 \text{ м}^2$.

Тоді $S_{\text{НЗ}} = 7,28 \text{ м}^2$.

12.5 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В ДУГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

При виробництві електросталі особливе значення для собівартості продукції має вартість витрат електроенергії. Для пошуку шляхів більш економного використання енергії необхідно провести аналіз характеру втрат і можливість ефективної їх рекуперації. Доцільно розглянути типовий енергетичний баланс дугової сталеплавильної печі (ДСП). Енергія виділяється в дуговому розряді і реакціях окислення, що відбуваються у ванні рідкого металу (рис. 12.11, див. с. 658) [12; 13].

З наведеного балансу видно, що до вхідної електроенергії ($410 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$) додається енергія газокисневих горілок ($60 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$) та енергія екзотермічних реакцій ($160 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$). Сумарна енергія складає $630 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$, яка витрачається на виплавку сталі і шлаку – 68% , а інше можна віднести до непрямих технологічних втрат. Для пошуку можливостей більш ефективного використання енергії детально розглянемо рівняння енергетичного балансу всієї печі з повним циклом:

$$We + Wu + Wx + Wme = Wm + Wev + Wmn \pm W\phi, \quad (12.16)$$

де We – енергія, що вживається;

Wu – ентальпія шихти та газів, які поступають в робочий простір ДСП;

W_x – хімічна енергія реакцій окислення;

$W_{те}$ – теплова енергія, що подається топливно-кисневими горілками;

W_m – ентальпія рідкого металу й шлаку;

$W_{ев}$ – електричні втрати вторинним струмопідводом та в трансформаторі;

$W_{тп}$ – теплові втрати з робочого простору печі;

W_{ϕ} – зміни ентальпії футерування печі («+» при нагріванні, «-» при охолодженні).

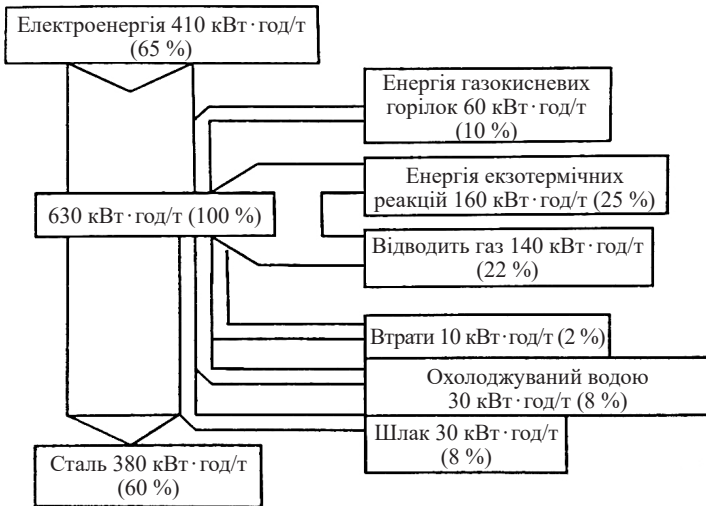


Рисунок 12.11 – Енергетичний баланс ДСП, що працює за сучасною технологією

Для зменшення втрат електроенергії необхідно враховувати втрати, пов'язані з нагрівом дротів ліній електропередачі. Згідно із законом Джоуля – Ленца енергія нагріву складає:

$$Q = I^2 \times R \times t, \quad (12.17)$$

де I – сила струму;

R – опір лінії, Ом;

t – час, хв.

Отже, доцільно зменшити силу струму, а для збереження заданої потужності підвищують напругу лінії передачі і трансформатора.

Сучасні засоби інтенсифікації плавки відомої фірми Фукс (вприскування молотого коксу та електродів, герметичний вивід і згоряння газів, широке використання кисню) скорочують час виробничого циклу і підвищують продуктивність печей. Проте значні резерви зменшення втрат енергії можливі за рахунок використання вторинних енергоресурсів (ВЕР) – теплоти рідкої сталі і шлаку, вихідних газів, охолоджуючої води. Тепло рідкої сталі використовують в технології процесу безперервного розливання зливків і в подальшому при гарячій прокатці листів. При обладнанні кристалізатора МНЛЗ системою випарного охолодження її теплова енергія дозволяє отримати нагріту воду і пару. При розливанні сталі у виливниці теплоту сталі використовують під час гарячого посаду в нагрівальні колодязі. Скорочується час нагрівання зливків і відповідно витрати палива до 2 разів. Відомо застосування фізичного тепла оборотної води для підігріву технічної води. Енергію вихідних газів доцільно вживати для отримання пари у котлах утилізаторах з продуктивністю до 35 т/год і підігріву метало шихти. Звичайно шихту підігрівають до 300 °С, проте можливості нагріву шихти складають до 1000 °С. При нагріві до 760 °С економія енергії складає до 30 кВт·год/т. Тривалість плавки скорочується на 7–8 %, а втрати електроенергії на 13 %. Представляє інтерес використання теплової енергії шлаків, що обумовлена його достатньо високою температурою на виході з печі 1450...1550 °С. При повітряній granulacji шлаку повітря нагрівається до 900 °С і його використовують безпосередньо в технологічних цілях і для виробництва пари, внаслідок чого економія складає до 25 кВт·год/т. Важливе значення також мають засоби підвищення стійкості графітових електродів, які скорочують невиробничі простой печей та небезпеки при видаленні обломків із ванни печі [14].

Широке впровадження заходів по використанню вторинних енергоресурсів дозволяє підвищити ефективність процесу й знизити собівартість продукції і покращити умови праці [15].

12.6 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ І ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСІВ ГАРЯЧОЇ ТА ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

Прокатне виробництво, в тому числі гаряча прокатка тонкого листа, характеризується складністю і різноманітністю технологічного процесу та, відповідно, механічного устаткування. Найявність численних рухомих механізмів (рольганги, валки станив, установки проміжного поворотного устрою – ППУ “Coilbox”, моталки, сляби або заготовки МНЛЗ, готовий прокат, деталі приводів), зон з високою температурою металу, значною швидкістю переміщення прокату і ударними навантаженнями приводить до виникнення виробничих небезпек для робочого персоналу [16]. Спостерігається погіршення умов праці та порушення нормативних вимог України і Європейського союзу з охорони праці, що може спричинити соціальну напругу на виробництві. Трапляються нещасні випадки навіть зі смертельними випадками, що взагалі зумовлює невиконання зупинки процесу, зниження його ефективності. У зв'язку з цим представляється актуальним проведення аналізу та оцінки рівня небезпек фізичних і технологічних чинників процесу гарячої прокатки, визначення раціональних засобів захисту працівників [17].

Для визначення зон дії шкідливих і небезпечних чинників прокатки розроблено апаратурно-технологічну схему процесу (рис. 12.12, див. с. 661) [18].

У виробничому процесі гарячої прокатки в основному мають місце небезпечні фізичні чинники, що можуть негативно впливати на працівників. Фізико-хімічні чинники є основними тільки при нагріві металу перед плющенням, вогневій зачистці поверхні прокату і термообробці. Найявність шкідливих чинників (перевищення допустимої температури повітря робочої зони, виділення пилу та газу) контролюється витяжною вентиляцією і системою охолодження. Проте в аварійних ситуаціях шкідливі чинники значно перевищують допустимі параметри і перетворюються на небезпечні, спричиняючи пожежі, вибухи тощо.

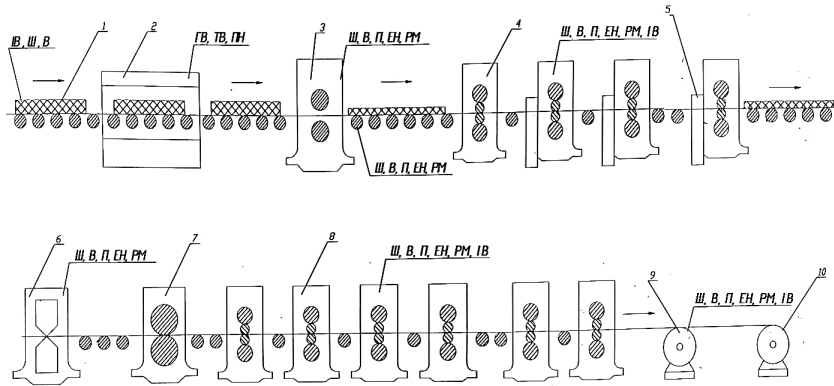


Рисунок 12.12 – Апаратурно-технологічна схема процесу гарячої прокатки тонкого листа з визначенням шкідливих й небезпечних чинників:

ІВ – інфрачервоне випромінювання; ТВ – тепловиділення;
 ГВ – газовиділення; ПН – пожежна безпека; ЕН – електробезпека;
 РМ – рухомі механізми; В – вібрація; Ш – шум; П – пил

Наприклад, при нагріві слябів у методичних печах для визначення небезпек необхідно враховувати особливості технології (рис. 12.13, див. с. 662). Метал за допомогою штовхача переміщується по подовим трубам, що охолоджуються водою. Паливо згоряє в пальниках, розташованих у верхній та нижній камерах печі. Продукти згоряння двома потоками (верхнім – над заготівками та нижнім – під ними) переміщуються вздовж робочого простору печі назустріч руху металу і через димові канали поступають до рекуператора, де підігрівають повітря, яке подають до горілок печі, а потім через борів і димову трубу викидаються в атмосферу. Видача слябів з печі проходить з її торця штовхачем з шагом завширшки одного слябу, далі сляби потрапляють на рольганг подачі.

За умови недостатності повітря для горіння палива виникає підсмоктування повітря через вікно та завантажувальний отвір. При недостатньому тиску повітря в печі будуть ймовірними вибухи і викиди гарячого повітря через нещільності, що може призвести до опіків, небажаних падінь й травмування персоналу.

У разі надмірного тиску в печі відбувається згоряння газу поза робочим простором і вибивання полум'я з-під кришок вікон. Для цього необхідно вдосконалити конструкцію нагрівальних печей для підвищення герметичності отворів для подачі і видачі слябів. Подання вихідних матеріалів від нагрівальних пристроїв до прокатних станів є в основному безпечною операцією.

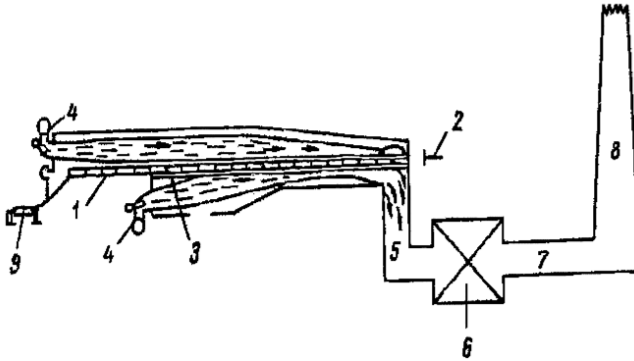


Рисунок 12.13 – Схема методичної печі:

- 1 – метал; 2 – штовхач; 3 – подові труби; 4 – пальники;
 5 – димові канали; 6 – рекуператор; 7 – боров; 8 – димова труба;
 9 – рольганг подачі

Певну небезпеку представляє операція видалення окалини та шлаку з нагрівальних печей, ймовірний розліт розжарених частинок окалини й шлаку при попаданні води з охолоджувальної системи печі. З технологічної точки зору рідке шлаковидалення є прийнятним, проте, воно не забезпечує повної безпеки цього процесу. Можливі екстремальні відхилення, які обумовлені наявністю розплавлених часток металу або шлаку [5].

При різанні металу на ножицях гарячого різання небезпечними є локальні зони частин механізму, що рухаються та обертаються. У разі різання металу дисковими пилами площа небезпечної зони різко зростає. Значно підвищує фактори небезпеки виробничого процесу використання в потоці машин вогневої зачистки металу із-за можливого вибуху горючих газів. Проте

в той же час цей процес суттєво впливає на поліпшення умов праці, сприяючи ліквідації небезпечних й шкідливих чинників на інших стадіях процесу.

При відхиленні параметрів процесу плющення від заданих, наприклад, нерівномірному нагріві слябів, неправильному калібруванню або розточуванню валків, різної швидкості їх обертання, виникає нерівномірність деформації з різними проявами – викривлення смуги в горизонтальній та вертикальній площині, руйнування металу. Викривлення кінців смуги може привести до виникнення ударів, поломки устаткування і травмування персоналу.

Такі шкідливі чинники як висока температура, надмірний шум, вібрація, можуть опосередковано впливати на безпеку праці, знижуючи увагу і зосередженість працівників, що може призвести до нещасних випадків.

Рівень безпеки процесу прокатки можна визначити з урахуванням різноманітного характеру порушень [18].

Долю часу безперервної роботи стану гарячої прокатки тонкого листа визначають без порушень параметрів безпеки:

$$U_6 = \frac{\sum t_i + \sum \tau_i + \sum u_i}{T}, \quad (12.18)$$

де $\sum t_i$, $\sum \tau_i$, $\sum u_i$ – відповідно загальна тривалість часу порушень параметрів безпеки, загальна тривалість часу екстремального відключення виробництва та загальна тривалість часу порушення процесу під впливом зовнішніх факторів, год.

Для аналізу рівня безпеки використано дані з дефектних відомостей типового стану ШСГП 1680 (на прикладі комбінату «Запоріжсталь»).

Рівень безпеки технологічного процесу прокату зливків розраховано для таких параметрів стану: швидкість прокату 10–12 м/с з перспективою збільшення до 20 м/с; температура на вході до 1000 °С; лист – ширина 860–1500 мм, товщина 2,0–8,0 мм; рулон масою до 16 т. Машинний час впродовж одного місяця складає 680 год. Основні порушення і екстремальні відхилення

параметрів безпеки процесу прокату зливків на блюмінгу і їх тривалість наведено нижче, год:

1) порушення параметрів t :

- викид частинок окалини металу і шлаку на окалинозламувачі, 18,4;
- вигинання металу при прокатці із-за нерівномірного нагріву, 12,9;
- ударні навантаження на ролики рольгангів з пошкодженням опор, 8;

$$\Sigma t_i = 39,3;$$

2) екстремальні відхилення параметрів τ :

- пошкодження валків із-за низької температури прокатки або високих обтиснень, 1,8;
- часткові пошкодження систем гідроприводу моталок установок Coilbox і чистої групи стану, 5,1;
- порушення герметичності нагрівальних печей для слябів, 14,9;

$$\Sigma \tau_i = 21,8;$$

3) порушення процесу під впливом зовнішніх чинників Σu :

- зниження швидкості руху полоси внаслідок коливань енергопостачання, 14;
- затримка часу нагріву заготовок із-за низької якості газу, 6,5;

$$\Sigma u_i = 20,5.$$

Отже, рівень безпеки технологічного процесу гарячої прокатки складає:

$$U_6 = 1 - (39,3 + 21,8 + 20,5) / 680 = 0,88 \text{ (88 \%)}.$$

Результати розрахунків показали, що безпека процесу є відносно високою. Проте при порушеннях технології процесу можлива дія небезпечних чинників на допоміжний персонал, що не часто або випадково попадає в небезпечну зону та не має спеціальних засобів захисту основного виробничого персоналу.

При прокатці заготовок температура коливається від 500 до 1000 °С і тому на персонал негативно впливає інфрачервоне випромінювання (ІЧВ), яке діє на функціональний стан

людини, його центральну нервову і серцево-судинну системи. При тривалому перебуванні людини в зоні ІЧВ, як і при систематичному впливі високої температури, відбувається порушення водно-сольового балансу, що викликає хворобливий стан з появою різких судом. При тривалому порушенні температурного режиму можливо виникнення захворювань типу теплової гіпотермії або перегріву. Різке погіршення самопочуття працівника може призвести до нещасних випадків: падінь або травм. Для визначення небезпечних зон розглянуто інтенсивність поверхневого випромінювання:

$$q = \frac{0,91 \times S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2}, \quad (12.19)$$

де T – температура нагрітої поверхні, приймаємо $T = 500 \text{ }^\circ\text{C} = 773 \text{ K}$;

S – поверхня випромінювання, m^2 ;

r – відстань до джерела, m ;

A – коефіцієнт, $A = 110$ для спецодягу з сукна;

q – інтенсивність поверхневого випромінювання приймаємо згідно з допустимими нормами $q = 360 \text{ Вт/м}^2$.

Відповідно до даної формули знаходимо відстань до джерела випромінювання:

$$r = \sqrt{\frac{0,91 \times S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{q}} = \sqrt{\frac{0,91 \times 3 \left[\left(\frac{773}{100} \right)^4 - 110 \right]}{360}} = 2,71 \text{ м.} \quad (12.20)$$

Знаходимо площу небезпечної зони:

$$S = r(l + b) = 2,71 \times (3 + 10) = 35,23 \text{ м}^2.$$

Схема визначення небезпечної зони представлена на рис. 12.14 (див. с. 666).

Проведені розрахунки дозволяють обмежити такі небезпечні зони з урахуванням різної величини температур прокату та ІЧВ впродовж всього циклу процесу.

Особливу увагу для підвищення техногенної безпеки необхідно приділяти ймовірності аварій. Більша частина аварій в прокатному цеху трапляється внаслідок поломок валків, роликів рольгангу, вибухів газу в нагрівальній печі. Причиною аварій також може бути низький технічний рівень виробництва, використання застарілих технологій, пошкодженого і зношеного обладнання [18].

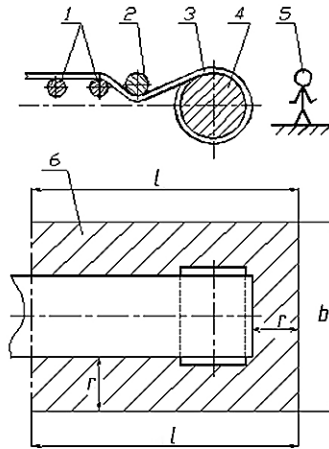


Рисунок 12.14 – Схема визначення площі небезпечної зони:

- 1 – рольганги; 2 – обвідний ролик; 3 – гарячий метал; 4 – моталка;
5 – людина (робітник); 6 – небезпечна зона

У табл. 12.5 (див. с. 667) у систематизованому вигляді подано алгоритм необхідних заходів при ліквідації розриву газопроводу й попередження можливих вибухів.

В процес холодної прокатки спостерігаються небезпечні чинники у вигляді шуму, вібрації і видаленні парів мастил.

Таблиця 12.5 – Заходи з ліквідації аварії
при пошкодженні газопроводу в приміщенні прокатного цеху

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії	Особи, відповідальні за виконання заходів	Дії газорятувального підрозділу та пожежників	Місця знаходження засобів порятунку людей
1. По гучному зв'язку попередити всіх про аварію, а при його пошкодженні окриком	Газівник або хто перший помітив аварію	Обстежити місце аварії і надати допомогу постраждалим	Газозахисна апаратура знаходиться в газовій будці
2. Видалити усіх людей із небезпечної зони	Начальник зміни, майстер печі й старший газівник	Майстер доменної печі зобов'язаний вивести людей з робочих місць в безпечне місце	Відкрита територія біля цеху
3. Виставити попереджувальні знаки або людей для обмеження загазованої зони	Майстер, бригадир	Не допускати людей в небезпечну зону	За межами приміщення цеху
4. Визвати рятувальників, працівників медпункту і пожежну частину	Майстер стану	При необхідності надавати допомогу	На об'єкті аварії
5. Припинити транспортування полоси на прокатку	Майстер, диспетчер цеху	Забезпечувати контроль	В підготовчому відділенні
6. Відключити форсунки з режиму «нагрів»	Старший газівник, газівник	Не допускати порушень	На території газового господарства
7. Повідомити про аварію начальника цеху або його заступників	Бути на зв'язку	Виконувати розпорядження	За межами місця аварії

ВИСНОВКИ

1. Представлені результати досліджень негативного впливу на здоров'я працюючих токсичних випаровувань на прикладі промислових підприємств Запорізького регіону.

2. Запропоновані оригінальні розробки ефективного уловлювання токсичних парів і утилізації відпрацьованих мастил.

3. Сформульовані заходи підвищення екологічної та техногенної безпеки прокатного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний вебсайт Державної служби України з питань праці. URL: <http://dsp.gov.ua>
2. Самойленко Н. М., Аверченко В. І., Байрачний В. Б. Системи технологій та промислова екологія. *Металургійний та енергетичний комплекс* : навч. посіб. Ч. 1. Харків : НТУ «ХП», Лідер, 2020. 212 с.
3. Куріс Ю. В., Тарасов В. К., Банах А. В. Соціально-психологічні засади виробничої діяльності. *Гуманітарний вісник Запорізької державної інженерної академії*. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. Вип. 68. С. 216–222.
4. Тарасов В. К., Рижков В. Г. Охорона праці в галузі : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА спец. 7.04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 114 с.
5. Тарасов В. К. Безпека технологічних процесів і обладнання : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 164 с.
6. Тарасов В. К., Румянцев В. Р., Новокщонава О. В., Ткаліч І. О. Розробка заходів покращення умов праці при виробництві чавуну. *Науковий вісник Національного гірничого університету (КНУДТ)*. Запоріжжя, 2018. С. 10–25.
7. Гичёв Ю. А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий : конспект лекций. Ч. 1. Днепропетровск : НМетАУ, 2012. 54 с.
8. Сушенко А. В. Ресурсозбереження і екологія конвертерного виробництва сталі. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. Маріуполь : ПДТУ, 2004. Вип. 14. С. 341–346.
9. Гичёв Ю. А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий : конспект лекций. Ч. 2. Днепропетровск : НМетАУ, 2012. 57 с.
10. Тарасов В. К., Воденніков О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження раціональних засобів техногенної безпеки киснево-конвертерного процесу. *Міжнародна НПК «Розвиток промисловості та суспільства»*. Кривий Ріг : КНУ, 2021. С. 13.
11. Тарасов В. К., Румянцев В. Р., Макушина М. М. Засоби зменшення забруднення виробничого середовища тепловими викидами дугових електропечей. *Міжнародна конференція «Біоекономіка*

- як ключовий фактор розвитку виробництва та екологізації промислового регіону». Запоріжжя : ІННІ ЗНУ, 2020. С. 115.
12. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Аналіз проблем підвищення якості графітових електродів дугових електропечей. Системи технічного надзору в технології гірничо-металургійного виробництва. *Академічний вісник*. Дніпро, 2007. № 19. С. 17–19.
 13. Коваль М. В., Тарасов В. К., Пилипенко С. С., Власов А. О. Про підвищення надійності роботи електродів дугових печей. *Металургія* : наук. пр. ЗДІА. Вип. 1 (35). Запоріжжя, 2016. С. 58–63.
 14. Тарасов В. К., Румянцев В. Р., Новокщонава О. В. Дослідження і розробка заходів зменшення викидів дугових електропечей. *Міжнародна НПК «Прикладні науково-технічні дослідження»*. Івано-Франківськ, 2017. С. 148.
 15. Тарасов В. К., Румянцев В. Р., Мосейко Ю. В., Потапенков А. П. Пошук шляхів підвищення експлуатаційної надійності прокатних станів. *Технічний аудит та резерви виробництва*. Харків : Технологічний центр, 2018. Том 6, № 1 (44). С. 4–8.
 16. Tarasov, V., Rummyantsev, V., Mosejko, Yu., Potapenkov, A. Search for the ways to improve the operational reliability of the rolling mills. *Industrial and technology systems*. 2018. Vol. 6, № 1 (44). P. 4–8.
 17. Тарасов В. К., Куріс Ю. В., Новокщонава О. В., Ткаліч І. О. Розробка засобів безпеки праці процесу гарячої прокатки тонкого листа. *Науковий погляд у майбутнє*. Одеса, 2019. С. 9–16.
 18. Тарасов В. К., Румянцев В. Р., Макушина М. М. Аналіз шкідливих викидів процесу холодної прокатки і заходи їх утилізації. *International scientific conference “Moderns is teams of science and education in the USA and post Soviet countries”*. 2021. № 5. С. 10–13.
 19. Тарасов В. К., Воденнікова О. С., Куріс Ю. В., Матяшева О. В. Дослідження засобів покращення умов праці в цехах холодної прокатки. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2020. Т. 31 (70), № 3. С. 191–196.
 20. Тарасов В. К., Воденнікова О. С., Румянцев В. Р., Бабошко Д. Ю. Пошук шляхів покращення умов праці в цехах холодної прокатки. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2020. Т. 31 (70), № 4. С. 162–169.