

ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Дмитро ЖЕРЛІЦИН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Бізнес-процеси та операційна ефективність»
за спеціальністю 051 «Економіка»

на тему: «Підвищення операційної ефективності
ПАТ "Запоріжсталь"»

Керівник роботи

Юлія ТЕРЕШКО

Консультант від
бази практики

Андрій РОЗАНОВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Олександр МІШИН

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Юлія РЯХОВСЬКА

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>051 Економіка</u>
ОПП	<u>Бізнес-процеси та операційна ефективність</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Дмитро ЖЕРЛІЦИН

«14» жовтня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Мішина Олександра Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: «Підвищення операційної ефективності ПАТ "Запоріжсталь"»
керівник роботи: Терешко Юлія Володимирівна, к.е.н., доцент, канд. екон. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024
2. Термін подання роботи: 04.02.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: методичні матеріали, внутрішні матеріали підприємства щодо розрахунку ефекту від операційних поліпшень, результати атестаційної практики, результати власних досліджень тощо.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань): Анотація. Вступ. Розділ 1 теоретико-методологічні основи підвищення операційної ефективності металургійних підприємств. Розділ 2 Аналіз потенціалу операційних поліпшень основних виробничих цехів ПАТ «Запоріжсталь» Розділ 3. Розробка заходів що до підвищення операційної ефективності ПАТ «Запоріжсталь» у 2025 році. Висновки. Перелік використаних джерел.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація кваліфікаційної роботи

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта

7. Дата видачі завдання 14.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1.	15.10.2024 – 30.11.2024
2	Розділ 2.	01.12.2024 – 31.12.2024
3	Розділ 3.	01.01.2025 – 31.01.2025
4	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	15.01.2025 – 04.02.2025
5	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	04.02.2025 – 14.02.2025
6	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.2025 – 14.02.2025
7	Рецензування завершеної роботи. Захист	10.02.2025 – 18.02.2025

Здобувач

Олександр Мішин

Керівник роботи

Юлія Терешко

АНОТАЦІЯ

Мішин О.А. *Підвищення операційної ефективності ПАТ «Запоріжсталь».*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 051 Економіка. «Бізнес-процеси та операційна ефективність» - ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

В першому розділі розглянуто загальний стан металургійної галузі України, теоретико-методологічні основи підвищення операційної ефективності, проведено аналіз світових методів та інструментів підвищення операційної ефективності, розглянуті основні негативні фактори що впливають на ефективність металургійних підприємств та наведені шляхи їх усунення

В другому розділі проведено аналіз основних драйверів операційної ефективності та факторів, що на них впливають. Проаналізовано існуючу методологію розрахунку операційної ефективності що використовується на ПАТ «Запоріжсталь». Визначені напрямки підвищення операційної ефективності основних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» на 2025 р.

В третьому розділі визначено фокус операційних поліпшень на 2025 рік, визначено потенціал зі зниження витратного коефіцієнта металу при виробництві слябів та запропоновані заходи що до підвищення мотивації персоналу через зміни в системі преміювання та впровадження додаткових інструментів аналізу виконання технології при розливанні сталі у виливниці, та заходи що до зниження величини головного обрізу слябу за рахунок зміни алгоритму прийняття рішень що до розміру першого різку на марках сталі ЗПССВ та S235JR.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ	10
1.1 Загальний стан металургійної галузі України	10
1.2 Операційна ефективність і операційні поліпшення	12
1.3 Методи операційних поліпшень	15
1.4 Основні негативні фактори що впливають на ефективність металургійних підприємств та шляхи їх усунення	22
2. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПОЛІПШЕНЬ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ ЦЕХІВ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»	31
2.1 Загальна характеристика ПАТ «Запоріжсталь»	31
2.2 Методологія розрахунку ефекту від операційних поліпшень	33
2.3 Визначення основних драйверів операційних поліпшень	38
2.4 Напрямки підвищення операційної ефективності основних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» на 2025 р.	63
3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩО ДО ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» У 2025 РОЦІ	69
3.1 Визначення фокусу операційних поліпшень на 2025 рік	69
3.2 Розробка заходів що до зниження витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96

ВСТУП

Актуальність теми. В існуючих умовах війни металургійні підприємства України стикаються з постійними труднощами ведення бізнесу: логістика поставок сировини, устаткування та збуту продукції, підвищення цін на енергоносії, дефіцит електроенергії, відтік кадрів, обмеження інвестиційної спроможності та інше. Єдиний шлях виживання для промисловості – це підвищення операційної ефективності на всіх напрямках діяльності. Запорукою успішності є безперервність процесів впровадження та розвитку інструментів підвищення операційної ефективності, та залучення до цього працівників всіх рівнів, від керівництва підприємства до рядових співробітників.

Існує безліч методів та інструментів, які можуть бути використані для впровадження та розвитку системи операційних поліпшень. Одні з найрозповсюджених це:

- Lean виробництво. Методика, яка спрямована на мінімізацію відходів (вtrat) та максимізацію вартості для клієнта.
- Six Sigma. Методологія, яка використовує статистичні методи для виявлення та усунення дефектів (недоліків) у процесах.
- Загальне управління якістю (TQM). Філософія управління якістю продукції чи послуг, яка ставить за мету постійне вдосконалення всіх аспектів діяльності компанії.

Якщо ретельно проаналізувати всі методи та інструменти операційних поліпшень стає зрозуміло що вони дуже тісно пов'язані між собою і головне – це безперервність процесу, адже не існує якоїсь ідеальної бізнес системи. Компанія повинна постійно підвищувати свою конкурентоспроможність та розширювати ринки збуту, а це не можливо без підвищення якості продукції, зниження її собівартості та збільшення асортименту. Отже постійно відбуваються зміни у технології,

устаткуванні, зміна працівників, їх кваліфікації тому розвиток системи операційних поліпшень завжди є актуальним.

Основна собівартість продукції комбінату Запоріжсталь формується в основних виробничих цехах. Зниження витрати сировини, палива та енергоресурсів є фокусом підвищення операційної ефективності.

Актуальність теми обумовила постановку мети і завдань, а також визначила об'єкт та предмет дослідження.

Ступінь розробки наукової проблеми. Питанням дослідження операційної діяльності підприємства та напрямів підвищення рівня її ефективності займалися наступні вчені: Портер М. [4], Вумек Д.; Джонс Д.; Рус Д. [5], Ситник Г.В. [10], Лобов С.; Нусінов В. [24], Кваско А.В.; Шендерівська Л. П. [25] проте дане питання потребує додаткової систематизації та подальшого дослідження для виявлення нових актуальних методів підвищення ефективності операційної діяльності металургійного підприємства.

Актуальність теми обумовила постановку мети і завдань, а також визначила об'єкт та предмет дослідження.

Таким чином **мета кваліфікаційної роботи** полягає в поглибленні теоретичних засад і розробленні практичних рекомендацій щодо удосконалення операційної діяльності основних структурних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь».

Поставлена мета обумовила необхідність вирішення ряду взаємозалежних **завдань**:

- Дослідити сутність та характеристику особливостей операційної діяльності підприємства;
- Дослідити методи планування та оцінювання ефективності операційної діяльності підприємства;
- Проаналізувати негативні фактори що впливають на ефективність металургійних підприємств та шляхи їх усунення

- Проаналізувати операційну діяльність ПАТ «Запоріжсталь»;
- Здійснити оцінку основних показників, які характеризують ефективність операційної діяльності ПАТ «Запоріжсталь»;
- Визначити ключові драйвери операційних поліпшень основних структурних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» та фактори що на них впливають;
- Визначити фокус операційних поліпшень на 2025 рік;
- Розробити та запропонувати заходи щодо підвищення операційної діяльності ПАТ «Запоріжсталь» на 2025 рік.

Об'єктом дослідження є процес удосконалення операційної діяльності основних виробничих цехів ПАТ «Запоріжсталь».

Предметом роботи є сукупність теоретичних та практичних аспектів щодо удосконалення операційної діяльності основних виробничих цехів ПАТ «Запоріжсталь».

При написанні дипломної роботи були використані наступні **методи дослідження**: логічний – для узагальнення теоретичних та практичних даних; описовий та аналітичний – для огляду та систематизації інформації у межах теми дослідження; порівняльний – для визначення динаміки зміни значень ключових драйверів операційної ефективності по роках; табличний та графічний – для наочного подання результатів дослідження фінансово-економічного стану підприємства та рівня ефективності його операційної діяльності.

Елементи наукової новизни одержаних результатів полягають в систематизації та розвитку теоретичних і прикладних засад щодо удосконалення операційної діяльності основних виробничих цехів ПАТ «Запоріжсталь» та обґрунтування напрямів підвищення її ефективності, а саме:

- Визначено ключові драйвера операційних поліпшень основних структурних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» та фактори що на них впливають;

- Запропоновано фокус операційних поліпшень на 2025 рік;
- Обґрунтовано та запропоновано напрями підвищенню операційної ефективності ПАТ «Запоріжсталь» на 2025 рік.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що результати дослідження створюють необхідне підґрунтя для подальшого системного вивчення проблем підвищення ефективності діяльності сучасного металургійного підприємства та розробці рекомендацій для ПАТ «Запоріжсталь», зокрема: обґрунтовано заходи що до зниження витратного коефіцієнта металу при виробництві слябів. Очікуване зниження витратного коефіцієнту металу складе -1,33 кг/т, що еквівалентно зниженню втрати металу на 318 тони на місяць, або 583 тис.\$ на рік.

Публікації:

1. Мішин О.А. Визначення факторів, що негативно впливають на підвищення операційної ефективності металургійної галузі України в умовах війни, та шляхи їх зниження, 48-ма Науково-технічна конференція молоді з нагоди 91-річчя ПАТ «Запоріжсталь» - секція студентських проектів збірник тез і анотацій наукових доповідей. – Одеса : Олді+, 2024, С 85-88.

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Загальний стан металургійної галузі України

Гірничо-металургійний комплекс (ГМК) є однією з ключових галузей економіки України, яка до початку війни забезпечувала понад 25% промислового виробництва країни та 34% від загального експорту товарів і відповідно біла основним джерелом валютних надходжень. Україна, завдяки великим металургійним підприємствам до війни займала високі позиції серед світових виробників чорних металів - посідала 12 місце за виплавною сталлю та з виробництва чавуну [3].

До початку війни, чавун, сталь та прокат виготовлялися на великих комбінатах повного циклу. Найбільші з них розташовані в Маріуполі («Азовсталь», «ММКІ»), Дніпрі («ДМЗ», «Інтерпайп»), Кам'янському (Каметсталь), Запоріжжі («Запоріжсталь», «ДСС») та Кривому Розі («Арселорміттал»). Нажаль це ті регіони нашої країни, які або знаходяться в окупації, або близько межують до лінії бойових дій. Комбінати «Азовсталь», «ММКІ» та Авдіївський коксохімічний завод майже знищені під час військових дій і з великою вірогідністю не підлягають відновленню.

Суттєві труднощі виникли у логістиці поставок сировини та збуті продукції. Блокада морських шляхів призвела до перевантаження залізної дороги та збільшення витрат на логістику. Це також спричинило обмеження на експорт залізорудної руди, концентрату та окатишів. Припинення судноплавства річкою Дніпро значно вдарило по комбінату «Запоріжсталь», який майже дві третини обсягу продукції відвантажував через річковий порт.

Збільшення цін на енергоносії та обмеження що до використання електроенергії призводять до зростання собівартості виробництва продукції та до зниження обсягів виробництва.

Окрема проблема це персонал. Особливо це відчуває саме металургія, адже більшість працівників – це чоловіки призовного віку, які призиваються на військову службу. Бронювання в обсязі 50% не вирішує проблему бо металургія – це в більшості випадків фізична робота у складних умовах на які не залучаються жінки, чоловіки похилого віку та неповнолітні. Також значний відтік кадрів трапився в перший рік війни, коли підприємства зупинилися, або працювали з мінімальними обсягами виробництва та вводили обмеження на виплати заробітної плати та проводили часткові скорочення.

Ці проблеми призвели до скорочення обсягів виробництва. Не зважаючи на очікуване зростання обсягів виробництва сталі у 2024 році в порівнянні з 2023 роком на 17%, металургійні підприємства в середньому завантажені всього на 60% від довоєнного періоду. Динаміка зміни обсягів виробництва представлена на рисунку 1.1

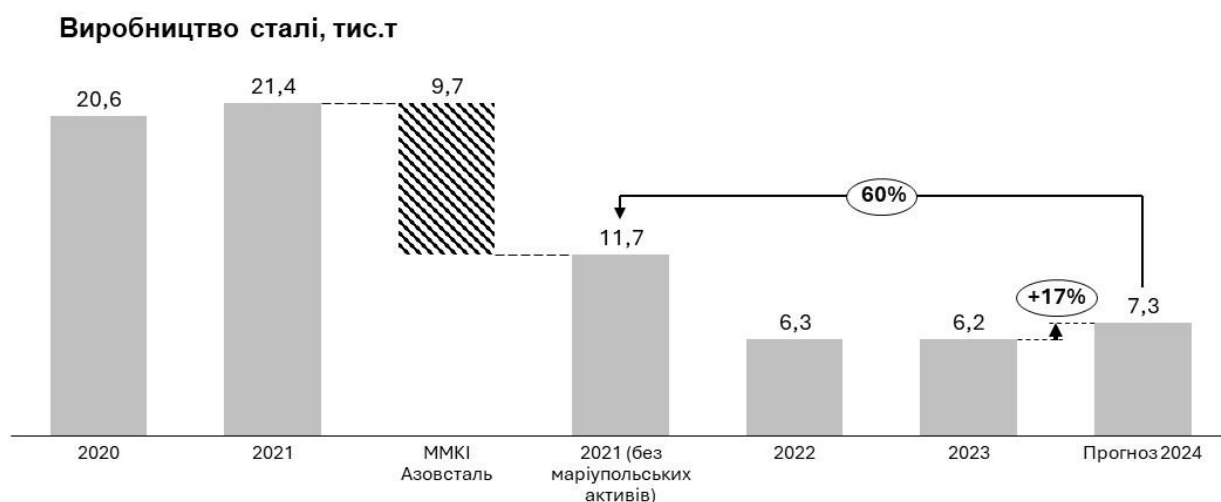


Рисунок 1.1 - Динаміка зміни обсягів виробництва сталі в Україні.
Джерело [1], [2]

В таких умовах єдиний шлях виживання для промисловості – це підвищення операційної ефективності на всіх напрямках діяльності: закупки, логістика перевезень і головне технологія виробництва та витрата ресурсів на виробництво.

1.2 Операційна ефективність і операційні поліпшення

Операційна ефективність – це багатогранне поняття, яке різні автори та дослідники інтерпретують по-своєму, але загальна суть поняття залишається незмінною: це здатність підприємства досягати поставлених цілей завдяки оптимальному використанню ресурсів.

Основні аспекти, на які звертають увагу автори, визначаючи операційну ефективність:

- Мінімізація витрат - досягнення максимальних результатів при мінімальних витратах ресурсів (людських, матеріальних, фінансових).
- Максимізація продуктивності - збільшення обсягу випущеної продукції або наданих послуг за одиницю часу.
- Підвищення якості - забезпечення високого рівня якості продукції або послуг, що задовольняє потреби клієнтів.
- Скорочення часу виконання процесів - зменшення тривалості бізнес-процесів від отримання замовлення до доставки продукту або надання послуги.
- Гнучкість та адаптивність - здатність підприємства в короткі терміни реагувати на зміни ринку та адаптуватися до нових умов.

Різні автори виходячи зі сфери їх діяльності акцентують на різних аспектах операційної ефективності:

- Інженери та технологи - зосереджуються на технічних аспектах, таких як оптимізація виробничих процесів, впровадження нових підходів, нових технологій та устаткування, підвищення продуктивності устаткування.

- Економісти - аналізують економічні аспекти, такі як мінімізація витрат, підвищення прибутковості, ефективне використання ресурсів.
- Менеджери - розглядають операційну ефективність як інструмент для досягнення стратегічних цілей організації, підвищення ефективності бізнес процесів, збільшення конкурентоспроможності та задоволення потреб клієнтів.

Приклади визначень операційної ефективності:

Майкл Портер (професор кафедри ділового адміністрування Гарвардської школи бізнесу). Операційна ефективність – це здатність організації виконувати ті самі завдання, що й конкуренти, але більш ефективно, з меншими витратами [4].

Джеймс Вумек (засновник і президент Lean Enterprise Institute) і Даніель Джонс (засновник і голова Lean Enterprise Academy). Операційна ефективність досягається шляхом усунення всіх видів відходів у виробничому процесі (Lean виробництво) [5].

Філіп Котлер (американський вчений-маркетолог, професор міжнародного маркетингу Вищої школи менеджменту). Операційна ефективність – це здатність організації досягати високих результатів при мінімальних витратах ресурсів, забезпечуючи при цьому високу якість продукції або послуг [6].

Загалом, операційна ефективність – це комплексне поняття, яке охоплює всі аспекти діяльності організації. Її досягнення вимагає системного підходу та постійного вдосконалення всіх бізнес-процесів.

Операційні поліпшення – це сукупність заходів, спрямованих на підвищення ефективності та продуктивності бізнес-процесів. Це постійний процес вдосконалення, який дозволяє підприємствам знизити витрати, підвищити якість продукції чи послуг, скоротити час виконання завдань та забезпечити більш високий рівень задоволеності клієнтів.

Основна мета впровадження:

Конкурентоспроможність. У сучасному бізнес-середовищі, де висока конкуренція на ринку, ті компанії, які можуть швидко адаптуватися до змін та вдосконалювати свої процеси, мають значну перевагу.

- Зниження витрат. Оптимізація процесів дозволяє виявити та усунути неефективності - це дозволяє знизити витрати на виробництво, маркетинг, адміністративні витрати, логістичні витрати тощо.
- Підвищення якості. Поліпшення технології виробництва чи процесів дозволяє забезпечити більш високу якість продукції чи послуг, що, в свою чергу, підвищує задоволеність клієнтів та лояльність до бренду.
- Збільшення прибутку. Всі вищезгадані фактори в кінцевому рахунку призводять до збільшення прибутку компанії.

Приклади операційних поліпшень

- Автоматизація процесів. Заміна ручних операцій на автоматичні, використання програмного забезпечення для управління бізнес-процесами.
- Механізація процесів. Заміна ручної праці на механізовану, використання спецтехніки та інструментів для збільшення продуктивності виробництва.
- Оптимізація ланцюжка поставок. Спрощення та прискорення процесу доставки необхідних сировини та матеріалів для забезпечення виробництва товарів та оптимізація доставки товарів від виробників до кінцевих споживачів.
- Впровадження нових технологій: використання нових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання для підвищення ефективності роботи.
- Перегляд організаційної структури: Оптимізація структури компанії та її підрозділів для більш ефективного розподілу відповідальності, повноважень та рівня завантаженості.

- Підвищення кваліфікації персоналу: Надання співробітникам необхідних знань та навичок для виконання своїх обов'язків на більш високому рівні.

1.3 Методи операційних поліпшень

Існує безліч методів та інструментів, які можуть бути використані для впровадження та розвитку системи операційних поліпшень. Одні з найрозповсюджених це:

- Lean виробництво. Методика, яка спрямована на мінімізацію відходів (втрат) та максимізацію вартості для клієнта.
- Six Sigma. Методологія, яка використовує статистичні методи для виявлення та усунення дефектів (недоліків) у процесах.
- Загальне управління якістю (TQM). Філософія управління якістю продукції чи послуг, яка ставить за мету постійне вдосконалення всіх аспектів діяльності компанії.

Lean виробництво (або бережливе виробництво) – це філософія управління, яка фокусується на постійному вдосконаленні процесів з метою усунення всіх видів відходів (втрат ресурсів) та максимального задоволення потреб клієнтів. Ця концепція, що виникла на японському підприємстві Toyota, та стала широко застосовуватися не тільки у машинобудуванні, але і у різних галузях промисловості та послуг. В тому числі на металургійних підприємствах [5]

Основні принципи Lean виробництва:

- Сфокусованість на потребах клієнта та постійному контролі якості, тобто всі процеси повинні бути орієнтовані на задоволення потреб клієнта, забезпечуючи високу якість продукції чи послуг. Якщо процес не підвищує цінність товару чи послуги, то необхідно проаналізувати його доцільність.

- Виявлення та усунення відходів оптимізації процесів, а відповідно і зниження витрат. Lean виділяє 8 основних видів втрат: перевиробництво, зайві запаси, час очікування, зайва обробка, зайві рухи, додаткові переміщення, дефекти, та не використання потенціалу працівників. Короткий опис втрат в таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Короткий опис 8 основних видів втрат

№	Назва	Опис
1	Перевиробництво	<ul style="list-style-type: none"> ○ Виробництво «про запас», без замовлень або у кількостях більших, ніж вимагає клієнт ○ Створення документів, звітів до моменту необхідності в них ○ Постачання відповідно до попереднього замовлення для наступного , який ще не замовлений (тобто ще не потрібно)
2	Зайві запаси	<ul style="list-style-type: none"> ○ Запаси сировини, матеріалів, товарів, готових виробів ○ Запаси документів, які очікують у черзі підпису чи підтвердження ○ Запаси полуфабрикатів, що передаються між окремими етапами процесу
3	Час очікування	<ul style="list-style-type: none"> ○ Очікування постачання сировини, матеріалів, документації, обладнання ○ Очікування інспекції, контролю якості ○ Очікування першої якісної одиниці після переналагодження ○ Очікування інструменту, машин ○ Очікування іншої людини ○ Очікування рішення
4	Зайва обробка	<ul style="list-style-type: none"> ○ Подвійна перевірка виробів чи устаткування; ○ Витратне пакування продукту, що не виправдано його властивостям; ○ Механічна обробка більшого класу точності, ніж у замовленні
5	Зайві рухи	<ul style="list-style-type: none"> ○ Пошук інструменту, частин, устаткування тощо. ○ Пошук працівників ○ Ходіння з метою з'ясування (отримання інформації) ○ Діставання важкодоступного та погано розташованого інструменту

Продовження таблиці 1.1

№	Назва	Опис
6	Додаткові переміщення	<ul style="list-style-type: none"> ○ Перенесення/перевезення матеріалів, сировини з місця на місце; ○ Усі повернення матеріалів чи товарів на склад ○ Перетин транспортних шляхів (невідповідний план території)
7	Дефекти	<ul style="list-style-type: none"> ○ Помилки у виробничому процесі ○ Браковані вироби ○ Виправлення внаслідок погано виконаної роботи попередника ○ Неправильні дані або документація
8	Не використання потенціалу працівників	<ul style="list-style-type: none"> ○ Працівники не залучені до процесу вдосконалення ○ Відсутність мотивації ○ Нерівномірно розподілена робота серед людей ○ Відсутність довіри до працівників ○ Кваліфікація людей лише в одній області ○ Невикористання талантів, ідей, пропозицій

- Just-in-time (JIT): Виробництво продукції точно в той момент, коли вона потрібна, без зайвих запасів, в тому числі скорочення часу виконання замовлень за рахунок ефективнішої організації роботи.
- Залучення персоналу: Кожен працівник має брати участь у процесі вдосконалення, пропонуючи свої ідеї та впроваджуючи зміни.
- Безперервне вдосконалення: Lean – це не одноразова акція, а постійний процес пошуку нових можливостей для покращення. І в основі цієї концепції лежить цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act або Плануй-Виконуй-Перевіряй-Дій) – це універсальний інструмент, який використовується для постійного вдосконалення процесів. Він відображає системний підхід до вирішення завдань з підвищення операційної ефективності. Аналіз невдач та розробка додаткових заходів, стандартизація та контроль виконання ефективних впроваджень. Схематичне відображення циклу PDCA показано на рисунку 1.2

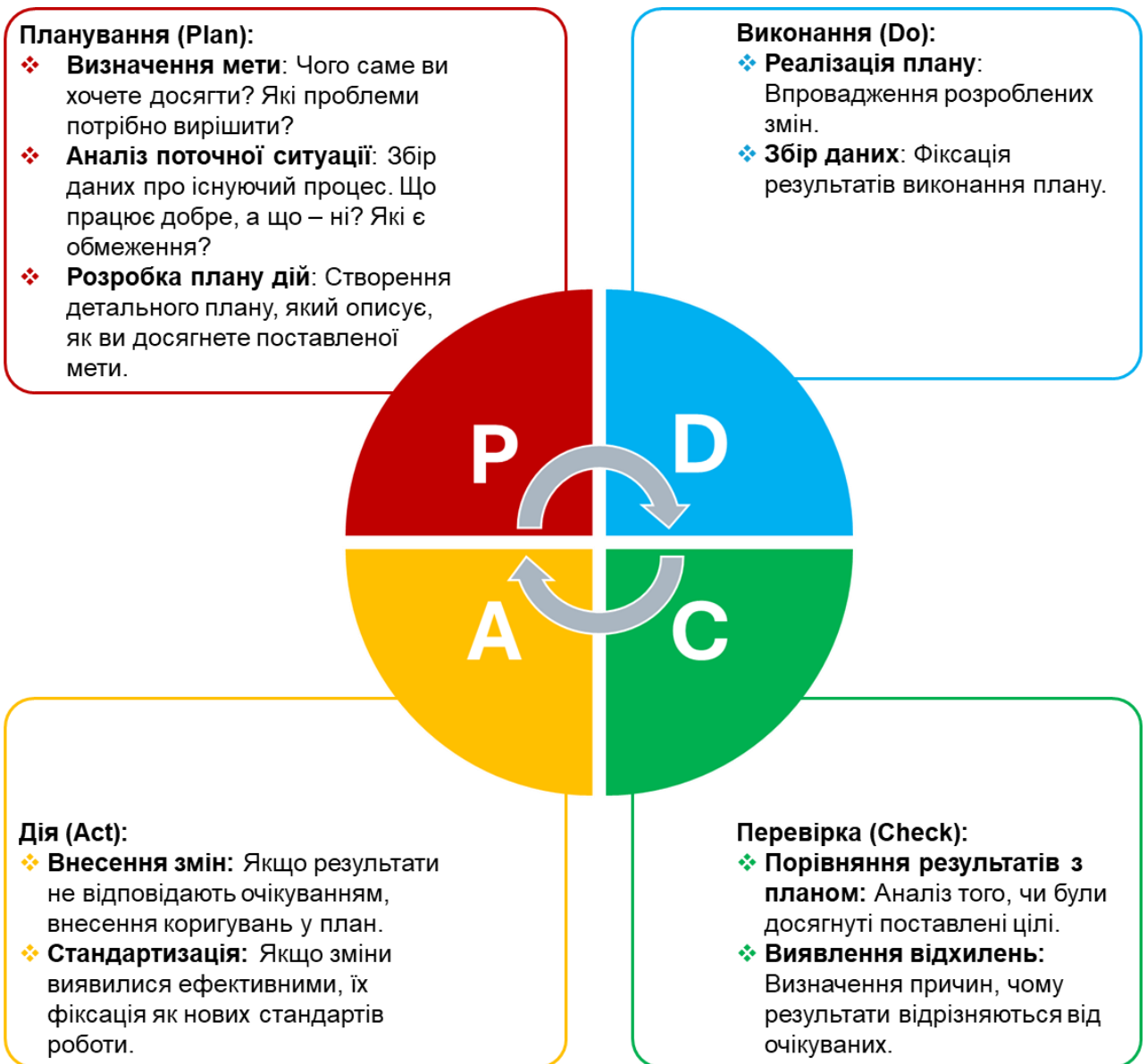


Рисунок 1.2 - Цикл PDCA

Six Sigma – це потужна методологія, яка в першу чергу спрямована на суттєве підвищення якості як продукції або послуг, так і технологічних, логістичних та інших бізнес процесів, шляхом виявлення та усунення дефектів (втрат) і зменшення варіативності процесів. Цей підхід використовує статистичні інструменти для аналізу даних та прийняття обґрунтованих рішень [7].

Основні поняття Six Sigma:

- Дефект – це будь-яке відхилення від стандартів якості, яке може призвести до незадоволення клієнта.
- Варіативність: Розбіжності в результатах процесу, які можуть викликати дефекти.
- DMAIC: Цикл з п'яти етапів, який використовується для вирішення проблем. Візуалізація циклу на рисунку 1.3.

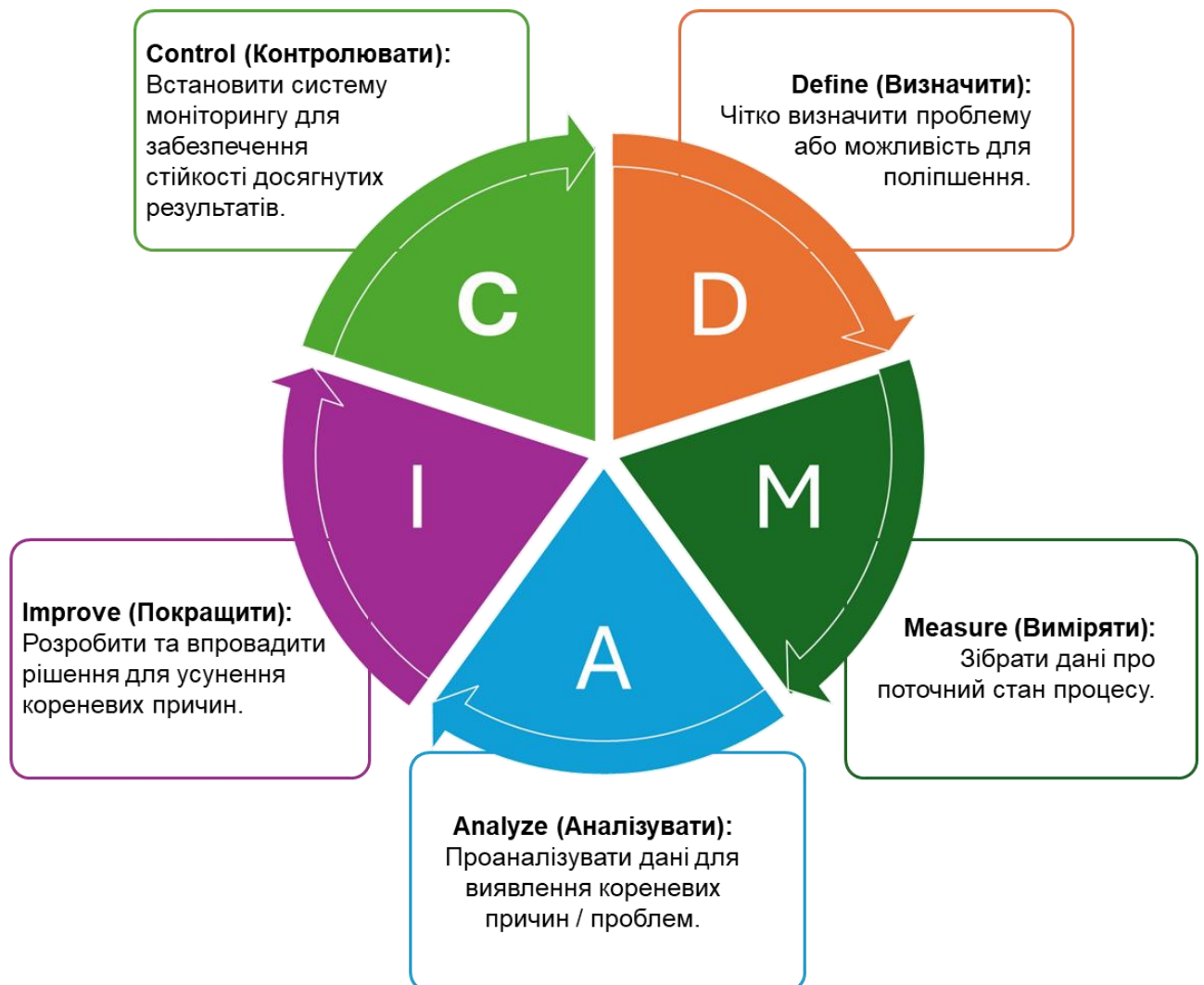


Рисунок 1.3 - Цикл DMAIC

Переваги використання Six Sigma:

- Значне підвищення якості зменшення кількості дефектів та збільшення задоволеності клієнтів.

- Збільшення ефективності оптимізація процесів та зменшення витрат в тому числі за рахунок скорочення переробки, браку та інших витрат, пов'язаних з низькою якістю.

- Підвищення продуктивності збільшення обсягу виробництва та прискорення доставки продукції.

- Посилення конкурентоспроможності досягнення високого рівня якості та ефективності [8].

Розглянемо основні інструменти та методики Six Sigma:

- Статистичний контроль процесів (Statistical Process Control or SPC) - моніторинг процесів для забезпечення їх стабільності.

- Планування експериментів (Design Of Experiment or DOE) - ідентифікація ключових факторів, які впливають на процес.

- Аналіз кореневих причин (Root Cause Analysis or RCA) - Визначення основних причин проблем.

- Аналіз режимів відмов та їх наслідків (Failure Mode and Effects Analysis or FMEA): Ідентифікація потенційних відмов та їх впливу.

- Контрольні діаграми: Візуальні інструменти для моніторингу стану процесу.

- Гістограма: Графічне представлення розподілу даних.

- Діаграма Парето: Діаграма, яка ранжує проблеми або причини за частотою.

Загальне управління якістю (Total Quality Management, TQM) – це всеосяжна філософія управління, яка спрямована на безперервне покращення всіх аспектів діяльності підприємства, від виробництва товарів і послуг до взаємодії з клієнтами та співробітниками [9].

Основні принципи TQM:

- Орієнтація на клієнта - задоволення потреб і перевищення очікувань клієнтів є головною метою системи.

- Залучення всіх співробітників - кожен працівник має робити свій внесок у покращення якості на своєму робочому місці.

- Безперервне вдосконалення - постійний пошук нових способів покращення технології виробництва, устаткування підвищення кваліфікації та інше, що призводить до підвищення якості продукції, підвищення характеристик і параметрів для задоволення потреб клієнтів.

- Точні вимірювання - використання достовірних даних (статистичні данні приладів, вимірювання, хронометражі та інше) для прийняття обґрунтованих рішень.

- Правильне прийняття рішень - основа на фактах, а не на здогадках.

- Партнерство з постачальниками та клієнтами - спільна робота над покращенням якості сировини та комплектуючих для виробництва якісної продукції та отримання зворотного зв'язку від клієнтів що до якості отриманих партій та побажань що до поліпшення якісних характеристик майбутніх партій.

Ключові елементи TQM:

- Планування якості - встановлення цілей для кожного етапу виробництва, розробка стратегій, планів, заходів.

- Контроль якості – системний моніторинг технологічних процесів виробництва і контроль отриманого продукту для своєчасного виявлення відхилень.

- Усунення причин - аналіз проблем, виявлення кореневих причин та розробка заходів для усунення цих причин. Обов'язковий контроль ефективності впроваджених заходів.

- Постійне вдосконалення - використання циклу Демінга (PDCA) для циклічного безперервного поліпшення технології виробництва та якості продукції.

Переваги впровадження TQM:

- Збільшення задоволеності клієнтів - покращення якості продукції та послуг.

- Зниження витрат - ефективно використання ресурсів.

- Підвищення продуктивності - оптимізація процесів.
- Покращення іміджу компанії - створення позитивної репутації.
- Збільшення лояльності співробітників - залучення працівників до процесу покращення (підвищення рівня відповідальності співробітників)

Інструменти TQM:

- Діаграми Ішікави, аналіз «5 чому?» - використовуються для виявлення кореневих причин проблем.
- Діаграми Парето, ABC-аналіз - допомагають визначити найважливіші проблеми та сконцентрувати на них фокус змін.
- Контрольні діаграми - використовуються для моніторингу процесів.

Якщо ретельно проаналізувати всі методи та інструменти операційних поліпшень стає зрозуміло що вони дуже тісно пов'язані між собою і головне – це безперервність процесу, адже не існує якоїсь ідеальної бізнес системи. Компанія повинна постійно підвищувати свою конкурентоспроможність та розширювати ринки збуту, а це не можливо без підвищення якості продукції, зниження її собівартості та збільшення асортименту. Отже постійно відбуваються зміни у технології, устаткуванні, зміна працівників, їх кваліфікації тому розвиток системи операційних поліпшень завжди є актуальним.

1.4 Основні негативні фактори що впливають на ефективність металургійних підприємств та шляхи їх усунення

Метою будь якої компанії є отримання прибутку. Системний підхід до аналізу операційної ефективності економічної діяльності дозволить визначити пріоритетні напрямки розвитку бізнес процесів в короткостроковій та середньостроковій перспективах, що до дасть змогу пройти кризовий період з мінімально можливими втратами та зберегти позиції на ринку [10].

Умовно можна виділити три ключові напрями для аналізу і пошуку шляхів підвищення операційної ефективності: обсяги виробництва, ціна реалізації продукції та собівартість продукції. Умовна схема складових прибутку на рисунку 1.4

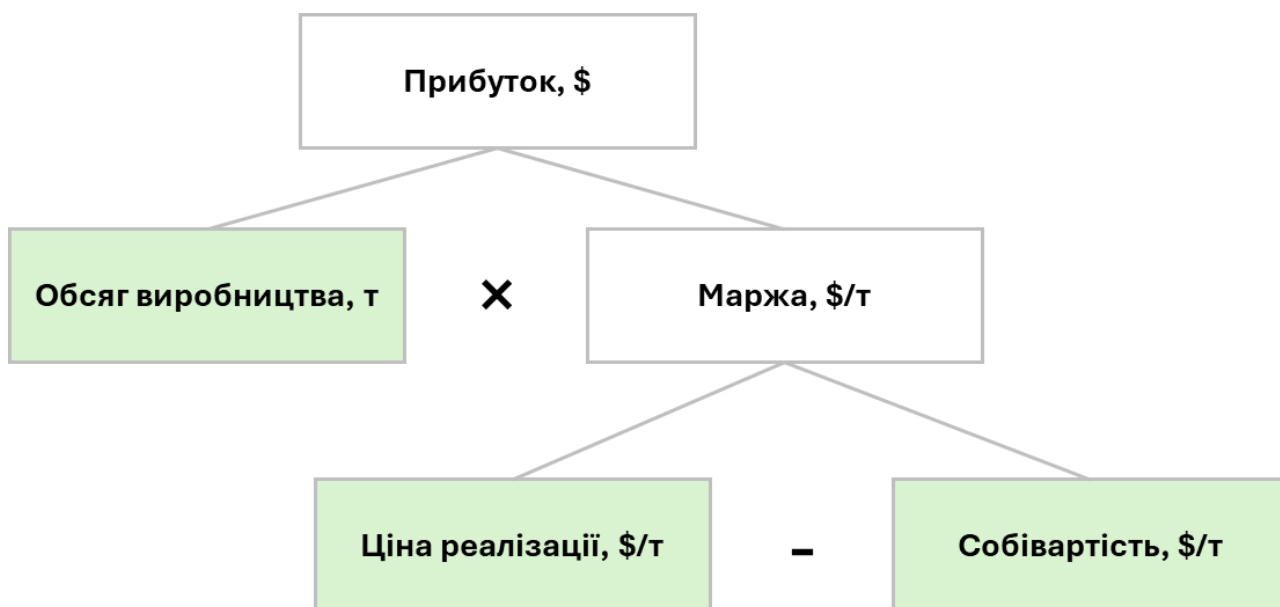


Рисунок 1.4 - Умовна схема складових прибутку

Розглянемо основні негативні фактори з якими стикаються підприємства в сучасних умовах та можливі шляхи їх усунення.

Обсяг виробництва

Першочерговий напрям – це обсяги виробництва, адже збільшення обсягів дає змогу реалізувати більше продукції, отримати більше прибутку, розширити ринки збуту. Також збільшення виробництва дозволяє зменшити собівартість продукції за рахунок умовно-постійних витрат. Умовна схема впливу параметрів на обсяги виробництва на рисунку 1.5

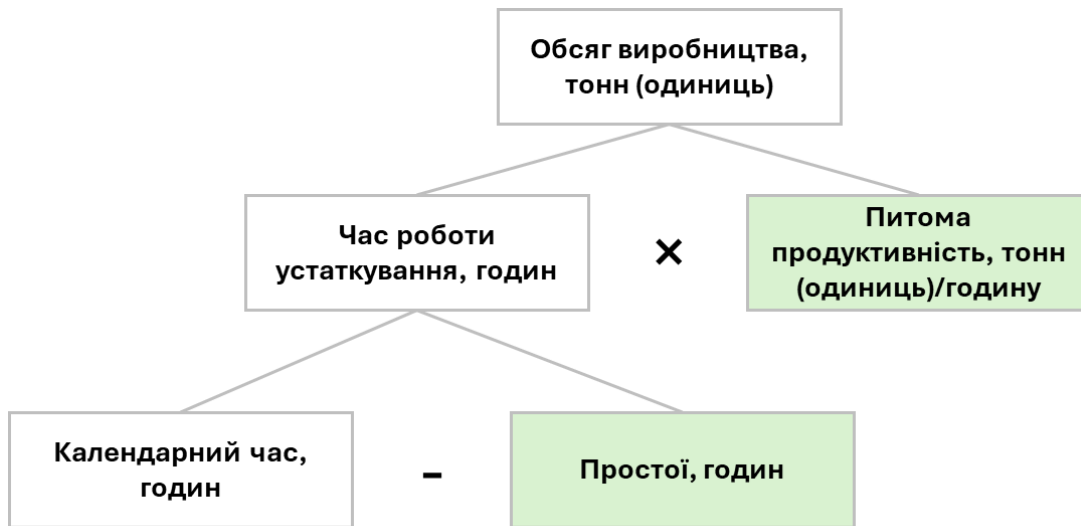


Рисунок 1.5 - Умовна схема впливу параметрів на обсяги виробництва

Більш докладно розглянемо негативні фактори та шляхи їх усунення. Представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Негативні фактори, що впливають на обсяги виробництва та шляхи їх усунення

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Питома продуктивність		
1	Низька кваліфікація персоналу (відсутність профільної освіти)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Розробка і впровадження коротких освітніх курсів із залученням у якості викладачів досвідчених працівників. Акцент на первісні навички безпосередньо необхідні для опанування професії. ○ Оснащення учбових «полігонів» для навчання практичним навичкам виконання робіт в умовах наближених до виробництва. ○ Закріплення не досвідчених працівників за досвідченими для переймання навичок безпосередньо на виробництві та отримання оперативного зворотного зв'язку.

Продовження таблиці 1.2

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Питома продуктивність		
2	Низька кваліфікація персоналу (недостатній досвід роботи)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження автоматизації для зниження впливу «людського фактору» на виробничий процес. ○ Впровадження системи швидкого реагування при відхиленнях параметрів технологічного процесу
3	Дефіцит персоналу	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження систем додаткової фінансової мотивації для створення конкуренції на ринку праці у регіонах присутності. ○ Впровадження заходів що до поліпшення умов праці та покращення санітарно-побутових умов
Простої устаткування		
4	Аварійні простої (інжиніринг)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження та розвиток системи превентивного обслуговування устаткування (TPM) ○ Впровадження та розвиток систем онлайн моніторингу ключових параметрів роботи устаткування
5	Планові простої на ТО/ТР	<ul style="list-style-type: none"> ○ Визначення оптимального міжремонтного часу з урахуванням часу фактичної роботи устаткування та фактичних обсягів виробництва. ○ Складання детального плану проведення ремонтних дій з визначенням «критичного шляху ремонту» на основі аналізу послідовних та паралельних операцій та оптимізації розподілення ремонтного персоналу.
6	Технологічні простої на переоснащення/переналадку	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження та розвиток інструменту SMED (Single Minute Exchange of Dies) для скорочення часу проведення операцій з переоснащення

Ціна реалізації продукції

Ціна реалізації продукції одна зі складових прибутку компанії. Розширення асортименту для задоволення потреб ринку, підвищення якості продукції дозволяють підвищувати конкурентоспроможність та прибутковість компанії. Умовна схема впливу параметрів на ціну реалізації на рисунку 1.6

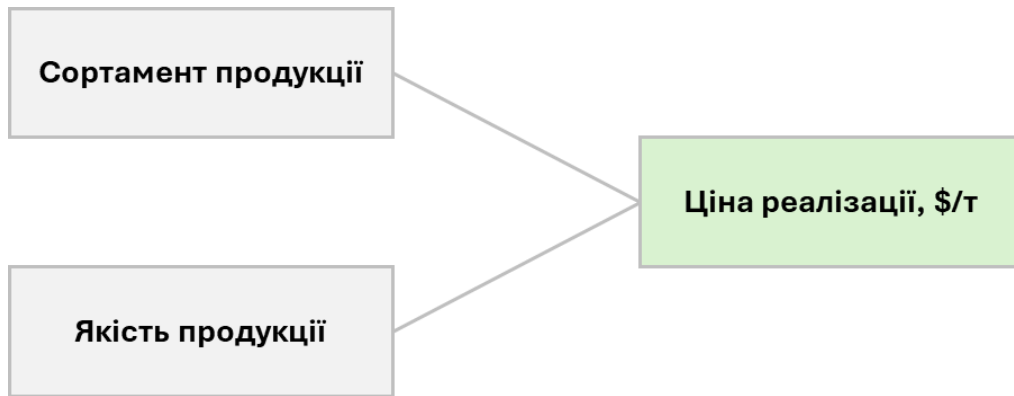


Рисунок 1.6 - Умовна схема впливу параметрів на ціну реалізації

Більш докладно розглянемо негативні фактори та шляхи їх усунення. Представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Негативні фактори, що впливають на ціну реалізації та шляхи їх усунення

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Сортамент продукції		
1	Обмеження у видах продукції та у можливостях випуску кожного з видів продукції, обмеження типорозмірів продукції	<ul style="list-style-type: none"> ○ Розширення лінійки продуктів під потребу ринку за рахунок модернізації та посилення жорсткості що до технологічних параметрів виробництва. ○ Освоєння технології виробництва нових марок за європейськими та північноамериканськими стандартами.
Якість продукції		
2	Отримання рекламаций що до якості продукції від клієнтів	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження та розвиток системи TQM (Total Quality Management) для превентивного управління якістю продукції, в т.ч. забезпечення контролю ключових параметрів технології на устаткування на всіх технологічних етапах виробництва. ○ Впровадження систем автоматичного контролю хімічного складу для своєчасного корегування технологічного процесу та систем машинного зору для своєчасного виявлення дефектів та недопущення відвантаження невідповідної продукції клієнтам

Продовження таблиці 1.3

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Якість продукції		
3	Порушення технології виробництва	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження та розвиток системи відстеження дотримання технологічних параметрів при виробництві по кожній одиниці продукції. ○ Підвищення відповідальності персоналу за рахунок впровадження систем додаткової мотивації/демотивації за якість продукції, як індивідуальної, так і командної

Собівартість продукції

Собівартість продукції найбільш об'ємний параметр на який потрібно фокусувати найбільші зусилля. Умовна схема основних складових собівартості продукції на рисунку 1.7

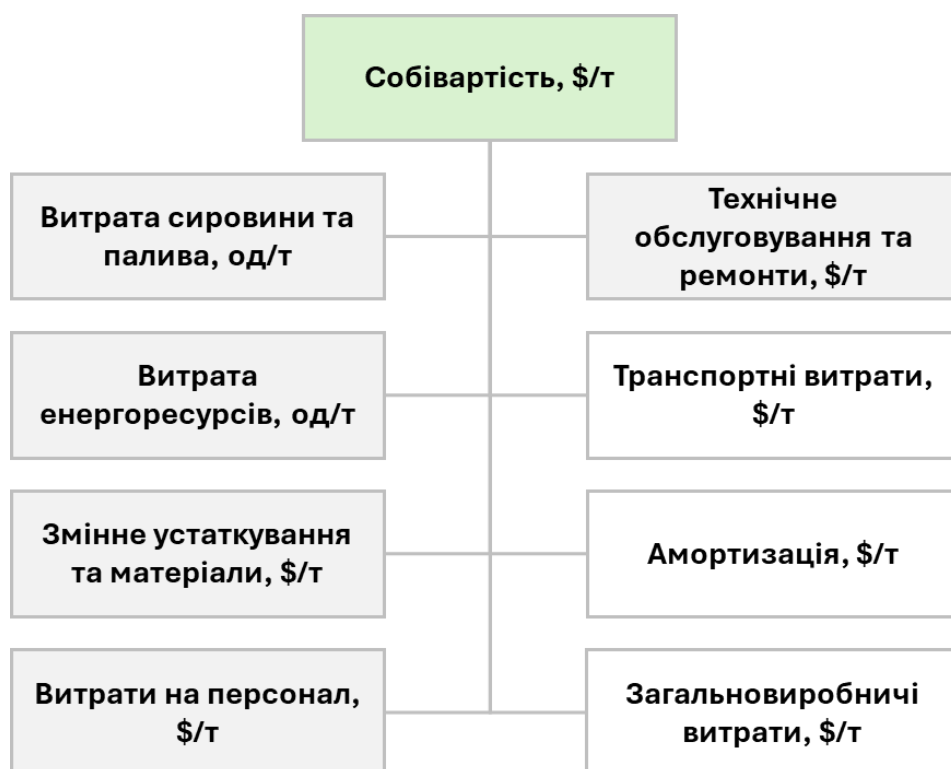


Рисунок 1.7 - Умовна схема основних складових собівартості продукції

Більш докладно розглянемо негативні фактори та шляхи їх усунення. Представлені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 - Негативні фактори, що впливають на собівартість продукції та шляхи їх усунення

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Витрата сировини та палива		
1	Збільшення ціни сировини для виробництва, дефіцит сировини	<ul style="list-style-type: none"> ○ Збільшення долі використання вторинної сировини у тому числі за рахунок підвищення ефективності роботи екологічних установок
2	Збільшення ціни викопного палива (вугілля, природний газ)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Використання альтернативного палива (біопаливо, луска та інше) ○ Впровадження заходів що до зниження втрат вторинних газів – збільшення їх використання у технології ○ Модернізація устаткування та внесення змін у технологію виробництва для використання вугілля більш дешевих марок
Витрата енергоресурсів		
3	Збільшення ціни енергоносіїв	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження та розвиток системи енергоменеджменту ○ Впровадження систем автоматичного управління ведення технологічного процесу, на сам перед у плавильних та нагрівальних установках ○ Збільшення питомої продуктивності агрегатів, в тому числі зменшення часу роботи устаткування в холостому режимі
Змінне устаткування та матеріали		
4	Збільшення ціни, затримки поставок	<ul style="list-style-type: none"> ○ Введення та розвиток системи нормування змінного устаткування та матеріалів на виробництво з урахуванням сортаменту ○ Визначення чітких критеріїв необхідності заміни (максимально допустимий знос без погіршення якості продукції) ○ Постійний пошук альтернативних постачальників. Приоритизація виходячи з ціни та строку служби ○ Визначення оптимального рівня незнижуваного запасу устаткування та матеріалів

Продовження таблиці 1.4

№ п/п	Негативний фактор	Шляхи усунення
Витрати на персонал		
5	Додаткові витрати на переробки графіку із-за дефіциту персоналу	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження заходів що до автоматизації та механізації процесів для зменшення необхідної кількості людських ресурсів
6	Залучення кваліфікованих працівників до виконання низькокваліфікованої роботи із-за дефіциту персоналу	<ul style="list-style-type: none"> ○ Залучення до виконання низькокваліфікованої роботи підрядних організацій
Технічне обслуговування та ремонти		
7	Дефіцит персоналу – не можливість охоплення всіх необхідних робіт	<ul style="list-style-type: none"> ○ Впровадження механізації для прискорення виконання операцій (зменшення трудовитрат) ○ Визначення оптимального міжремонтного періоду вузлів та агрегатів з урахуванням часу фактичної роботи устаткування та фактичних обсягів виробництва ○ Проведення хронометражів виконання ремонтних операцій з оцінкою оптимально необхідної кількості працівників та для оптимізації порядку та способу виконання операцій

Зважаючи на обмеження інвестиційної спроможності підприємств значна частина запропонованих шляхів зниження впливу негативних факторів носять організаційний характер.

Запорукою успішності сучасної компанії є безперервність процесів впровадження та розвитку інструментів підвищення операційної ефективності, та залучення до цього працівників всіх рівнів, від керівництва підприємства до рядових співробітників. Комплексний підхід до побудови системи підвищення операційної ефективності дозволяє навіть в умовах війни оптимізувати ланцюги поставок, збільшувати обсяги виробництва, підвищувати якість продукції, розширювати сортамент, знижувати витрати та забезпечити компанії розвиток та конкурентоспроможність.

Висновки до розділу 1

В умовах війни при постійному дефіциті ресурсів, обмеженнях логістики, відтоку персоналу, обмеженнях електропостачання, піднятті цін на сировину, енергоресурси, перевозки та інше, єдиний шлях для збереження виробництва, підтримки конкурентоспроможності та рентабельності – це впровадження та розвиток інструментів підвищення операційної ефективності.

Операційні поліпшення – це сукупність заходів, спрямованих на підвищення ефективності та продуктивності бізнес-процесів. Це постійний процес вдосконалення, який дозволяє підприємствам знизити витрати, підвищити якість продукції чи послуг, скоротити час виконання завдань та забезпечити більш високий рівень задоволеності клієнтів.

Всі інструменти Lean, Six Sigma, TQM та інші тісно пов'язані між собою принципом безперервності пошуку поліпшень і застосування того чи іншого метода, або одразу декількох для вирішення кожної окремої задачі дозволяє отримати найбільший ефект.

2. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПОЛІПШЕНЬ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ ЦЕХІВ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

2.1 Загальна характеристика ПАТ «Запоріжсталь»

Публічне акціонерне товариство «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» — одне з провідних підприємств металургійної галузі в Україні [33].

Юридична особа ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ", код ЄДРПОУ 00191230, було зареєстровано 18.04.2000. Розмір статутного капіталу юридичної особи складає 660 920 444,75. На момент останнього оновлення даних 11.02.2025 стан юридичної особи - Зареєстровано.

Організаційно-правова форма юридичної особи ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ" - АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО. Основний вид діяльності (КВЕД) – 24.10 Виробництво чавуну, сталі та феросплавів [34].

ТОВ «Запоріжсталь» – металургійний комбінат повного циклу. Має у своєму складі п'ять основних виробничих цехів [11]:

- Агломераційний цех - виробництво офлюсованого агломерату для доменного виробництва;
- Доменний цех – виробництво чавуну для подальшого виробництва сталі, та розливання чавуну у чушки (товарний чавун);
- Сталеплавильний цех – виробництво сталі у злитках;
- Цехи гарячого та холодного прокату – виробництво товарних та передільних слябів та гарячекатаного та холоднокатаного рулона та листа.

Саме ці підрозділи формують основу складову собівартості продукції та є фокусом для пошуку та реалізації потенціалу з операційних поліпшень.

У своїй діяльності підприємство керується Уставом, наказами та

розпорядженнями керівництва організації, планами, графіками та технічною документацією.

Організаційна структура ТОВ представлено на рисунку 2.1



Рисунок 2.1 –Організаційна структура ПАТ «Запоріжсталь»

Метою діяльності підприємства є:

- Забезпечення стійкої конкурентної переваги у виробництві сталі;
- Зміцнення позицій на стратегічних ринках;
- Досягнення рівня найкращих світових практик у веденні бізнесу.

Для досягнення поставленої мети підприємство дотримається наступних напрямів:

- Збільшення обсягів виробництва сталі та прокату;

- Освоєння виробництва нових видів прокату;
- Збільшення обсягів продажів на внутрішньому та регіональному ринках;
- Тісна співпраця з ключовими клієнтами для максимального забезпечення їх вимог що до якісних характеристик прокату, об'ємах та термінах відвантаження;
- Розвиток системи безперервних поліпшень у всіх напрямках операційної діяльності;
- Розвиток та впровадження проектів зі сталого розвитку.

Керівництво ТОВ «Запоріжсталь» проводить політику впровадження та використання у діяльності сучасних методів та інструментів діджиталізації бізнес процесів, інструментів безперервного вдосконалення (Lean, six sigma, TQM), провідних інструментів аналізу та оцінки ризиків HAZID (оцінка ризиків у сфері охорони праці, промислової безпеки та охорони довкілля), HAZOP (оцінка працездатності технологічної лінії) та ENVID (оцінка екологічних ризиків та соціального впливу)

2.2. Методологія розрахунку ефекту від операційних поліпшень

На комбінаті, який входить до структури Метінвест діють єдині для холдингу підходи що до визначень та методології оцінки ефективності [32].

З метою подальшого аналізу процесу поліпшення операційної ефективності діяльності підприємства вважаємо за необхідне розглянути ключові терміни та поняття:

Безперервне вдосконалення – це сукупність ініціатив, спрямованих на досягнення максимальної ефективності у сфері виробничо-технологічної, інноваційної, енерго- та ресурсозберігаючої діяльності підприємства. Цей комплекс заходів відповідає принципам

безперервності, своєчасності, надійності, максимальності, пріоритетності, послідовності.

Операційні поліпшення – результат безперервних удосконалень, виражених у зниженні витрат на операційну діяльність та збільшення доходів від реалізації додаткового обсягу виробленої продукції.

Економічний ефект операційної діяльності – вартісна оцінка операційних поліпшень, дотримання виробничої програми та технологічного процесу, що у виражена у зміні фінансового результату.

Контрольований фактор - фактор, на який впливає підприємство, ефект від якого не відображений при аналізі змінної частини собівартості.

Загальний підхід до розрахунку ефективності операційної діяльності:

Оцінка ефективності операційної діяльності підприємства проводиться у доларах США (USD) щомісяця накопичувально від початку року до базового періоду та бізнес-плану поточного періоду за основними напрямками:

- зміна обсягу виробництва готової продукції за рахунок зміни продуктивності;
- зміна показників змінної частини виробничої собівартості основних продуктів металургійних, гірничодобувних, коксохімічних та ремонтних підприємств

Розрахунок економічної ефективності зміни обсягу виробництва товарної продукції

Розрахунок ефективності зміни обсягів виробництва розраховується за певним сортаментом та агрегатом (наприклад, доменна піч, прокатний стан, агрегат різання тощо) для тих структурних підрозділів, які виробляють товарну продукцію в тому числа за умови відсутності резервного часу простою обладнання.

Економічний ефект від зміни виробництва товарної продукції розраховується через зміну продуктивності, помножену на фонд робочого часу звітного періоду та фактичну індивідуальну маржу виробленого продукту (управлінська ціна продукту реалізації з активу на умовах FCA мінус змінна собівартість продукту в альтернативних цінах). При цьому виключається ефект збільшення виробництва продукту попереднього переділу обсягом, використаному на додаткове виробництво кінцевого товарного продукту.

Винятком є виробництво чавуну, ефект якого розраховується через зміну знімання з одного метра кубічного корисного об'єму печі, помножене на корисний об'єм печі, фонд робочого часу та індивідуальну маржу виробленого продукту, поділені на витратний коефіцієнт рідкого чавуну на товарний продукт.

Ефект від зміни виробництва товарної продукції для доменного цеху розраховується за доменними печами, на яких є фактичне виробництво за звітний період за формулою 2.1:

$$EQ=(AQ - BQ) \times FRV / (PKЧ) \times Mf, \quad (2.1)[32]$$

де AQ та BQ – (т/добу) відповідно фактична та базова продуктивність (або знімання) у номінальну добу по печах, розрахована з винятком доби нестабільної роботи: роздувок після запланованих та узгоджених зупинок (капітальних та поточних ремонтів, резерву, періодів неритмічного забезпечення сировиною та паливом, перебоїв із забезпеченням паливно-енергетичних ресурсів (електроенергія, природний газ) із зовнішніх причин.

FRV – фактична номінальна доба по доменних печах з винятком доби нестабільної роботи, діб;

PKЧ – витратний коефіцієнт чавуну виробництва товарного продукту у звітному періоді, т/т. (у разі відсутності виробництва товарного чавуну у

звітному періоді, витратний коефіцієнт приймається лише на рівні базової витрати);

M_f - індивідуальна фактична маржа відповідного товарного продукту за звітний період, USD/т

В інших випадках ефективність зміни обсягів виробництва буде відображена у зміні витратних коефіцієнтів наступного переділу.

Розрахунок економічної ефективності зміни змінних витрат під час виробництва основних видів продукції

Розрахунок ефекту від зміни показників змінної частини собівартості визначається як різниця між питомими витратами звітного та базового періоду за кожною статтею, згідно з уніфікованою калькуляцією собівартості

Для визначення базового показника застосовуються такі принципи: факт попереднього періоду – середньозважений показник за базовий період.

Виключення із ефективності операційної діяльності впливу зміни цін ресурсів відбувається автоматично шляхом аналізу собівартості з виділенням факторів норм та цін за статтями, для яких передбачено кількісне та вартісне відображення

Розрахунок ефекту від зміни змінних витрат

Формула 2.2 - з розрахунку ефекту зміни змінної частини собівартості:

$$E_{Cost} = A_{Cost} - B_{Cost}, \text{ де,} \quad (2.2) [32]$$

A_{Cost} – питомі змінні витрати у звітному періоді;

B_{Cost} – питомі змінні витрати у базовому періоді.

Формули поділу зміни змінної частини собівартості на фактори:

- Формула 2.3 - виділення фактора норм:

$$E_n = (A_n - B_n) \times C_a \quad (2.3) [32]$$

- Формула 2.4 - виділення фактора ціни:

$$E_c = (C_a - C_b) \times B_n \quad (2.4) [32]$$

- Формула 2.5 - виділення іншого фактора (зміна за комплексними статтями):

$$A_{пр} = E_{Cost} - E_n - E_c \text{ де,} \quad (2.5) [32]$$

A_n – питома витрата ресурсів у звітному періоді;

B_n – питома витрата ресурсів у базовому періоді;

C_a - вартість ресурсу у звітному періоді;

C_b - вартість ресурсу в базовому періоді.

Розрахунок економічного ефекту зміни змінної частини собівартості за формулою 2.6:

$$E_{QCost} = - (E_n + A_{пр}) * A_Q \text{ де,} \quad (2.6) [32]$$

E_n – ефект зміни змінної частини собівартості з допомогою норм;

$A_{пр}$ - ефект зміни змінної частини собівартості за комплексними статтями;

A_Q - обсяг виробництва у звітному періоді.

Співвідношення чавун/брухт при виробництві сталі

Ефект структури металошихти (зміна співвідношення чавун/брухт) оцінюється за ціною реалізації чавуну товарного та ціною закупівлі брухту

Розрахунок ефекту співвідношення чавун/брухт при виробництві сталі

Формула 2.7 – з розрахунку ефективності:

$$-((AI - BI) * Clf + (As - Bs) * Clf) * AQ \text{ де,} \quad (2.7) [32]$$

AI – питома витрата чавуну на сталь у звітному періоді;

BI – питома витрата чавуну на сталь у базовому періоді;

As - питома витрата брухту на сталь у звітному періоді;

Bs - питома витрата брухту на сталь у базовому періоді;

Csf - ціна закупівлі брухту у звітному періоді (FCA);

Clf – ціна продажу чавуну у звітному періоді (FCA);

AQ - обсяг виробництва у звітному періоді.

Основною базою для проведення розрахунків ефекту від операційних поліпшень є минулий рік. Виділення фактору цін дозволяє аналізувати зміну норми витрати ресурсу та своєчасно реагувати на відхилення, як з точки зору перевитрати – з якої причини сталася перевитрата та як не допускати у майбутньому, так і економії – за рахунок чого отримали економію, та як зберегти цей результат.

2.3 Визначення основних драйверів операційних поліпшень основних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь»

В рамках проведення аналізу потенціала визначимо основні драйвери операційних поліпшень по кожному з основних цехів та опишемо основні фактори що впливають на значення драйвера.

Агломераційний цех

Основною залізородною сировиною є залізородний концентрат та вторинна залізовмісна сировина (шлами, колошниковий пил, окалина).

Усі залізорудні складові та вапно закладають у штабель у чіткій пропорції та усереднюють. В процесі транспортування залізорудної сировини на спікання до неї додають вапняк та коксовий дрібняк [12].

На агломашині проходить процес спікання агломерату – проходячи під горном тверде паливо (коксовий дрібняк) у верхньому шар підпалюється природно-кокс-доменною сумішшю газів, а ексгаустер протягує гази через шар шихти підтримуючи горіння твердого палива. Готовий агломерат вантажиться в вагони та прямує на бункера доменного цеху [13].

Враховуючи, що агломерат є основною сировиною для виробництва чавуну, головним драйвером є питома продуктивність агломашин. Динаміка представлена на рисунку 2.1

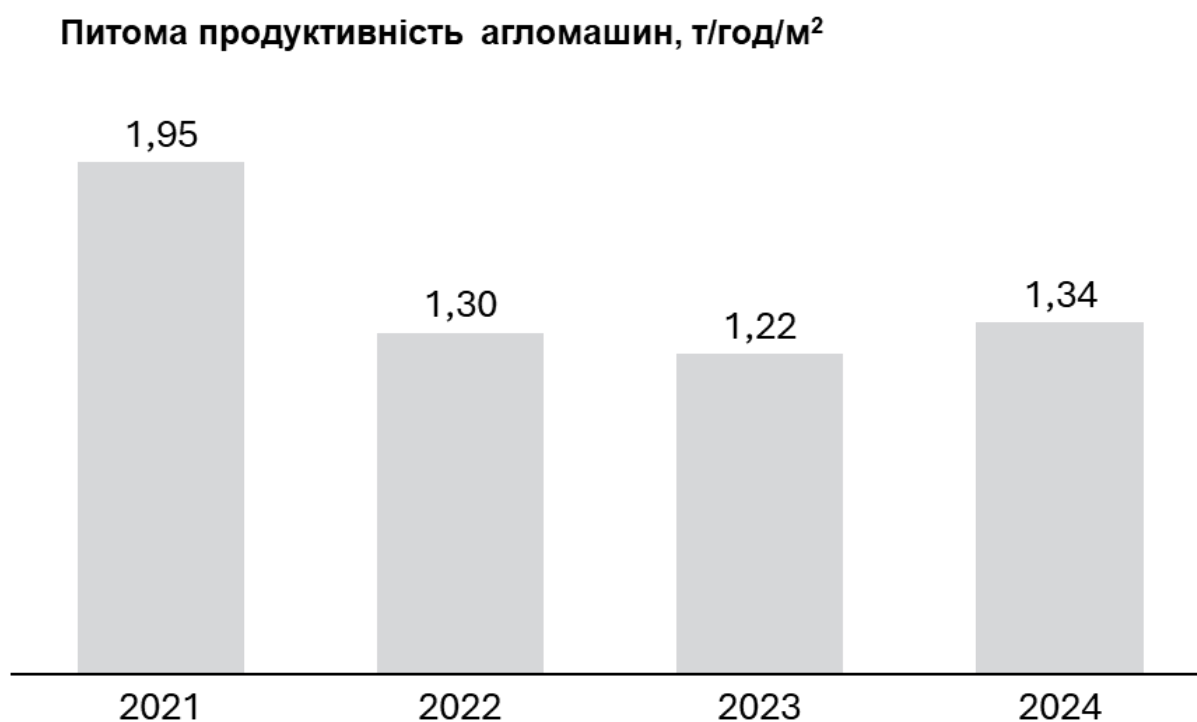


Рисунок 2.1 - Питома продуктивність агломашин.

Визначені параметри, що впливають на питому продуктивність агломашин та фактори від яких залежить величина параметрів (рис.2.2):



Рисунок 2.2 - Параметри та фактори що впливають на питому продуктивність

Розрідження в колекторі спікання підтримується в діапазоні 560-660 мм.вод.ст (в умовах роботи без аглоруди), та залежить від газопроникності шару шихти. Перевищення розрідження призводить до підвищеної інтенсивності горіння твердого палива та зниження оплавлення агломерату. Натомість занадто низьке розрідження призведе до сповільнення процесу спікання і вимушеному зниженню швидкості аглоленти. Швидкість руху встановлюється таким чином, щоб процес спікання закінчувався над останньою вакуум-камерою, температура газів, що відходять, в останній вакуум-камері повинна становити не менше 220 °C

Стан колосникової решітки характеризує газопроникність слою агломерату по всій поверхні аглоленти. На ділянці з низькою газопроникністю агломерат повністю не спечеться і буде відсіяна на гуркоті. Агломератник підтримує колосникову решітку в справному стані, для чого: замінює колосники, що випали або обгорілі, усуває перекосяні колосників, що утворилися, проводить очищення зазорів між колосниками, стежить за кріпленнями крайніх колосників.

Обпалювання вапняку на машині КМ-14 дозволяє подавати безпосередньо в шихту в шихтовому відділенні розпечене вапно, що підвищує температуру шихти як за рахунок фізичного тепла, так і за рахунок виділення хімічного тепла, коли шихта з вапном зволожується у барабані-окомкователі. Чим вища температура шихти, тим менша зона перезволоження при спіканні і тим вища вертикальна швидкість спікання.

Однорідність складу шихти – це умова рівномірного процесу спікання. Усереднення матеріалів починається на рудному дворі при закладці залізорудного штабелю. Закладка виконується згідно схем закладки, але закладка і забір грейферами не забезпечує повне змішування. Дозування вапняка та твердого палива відбувається на конвеєр поверх залізорудної сировини через тарілчасті живильники. Остаточне усереднення перед завантаженням на аглоленту відбувається в барабані-окомкователі. У разі не рівномірного розподілу палива ділянка з низьким його вмістом повністю не спечеться і буде відсіяна на гуркоті [14].

Розглянемо структуру собівартості виробництва агломерату (рис.2.3):

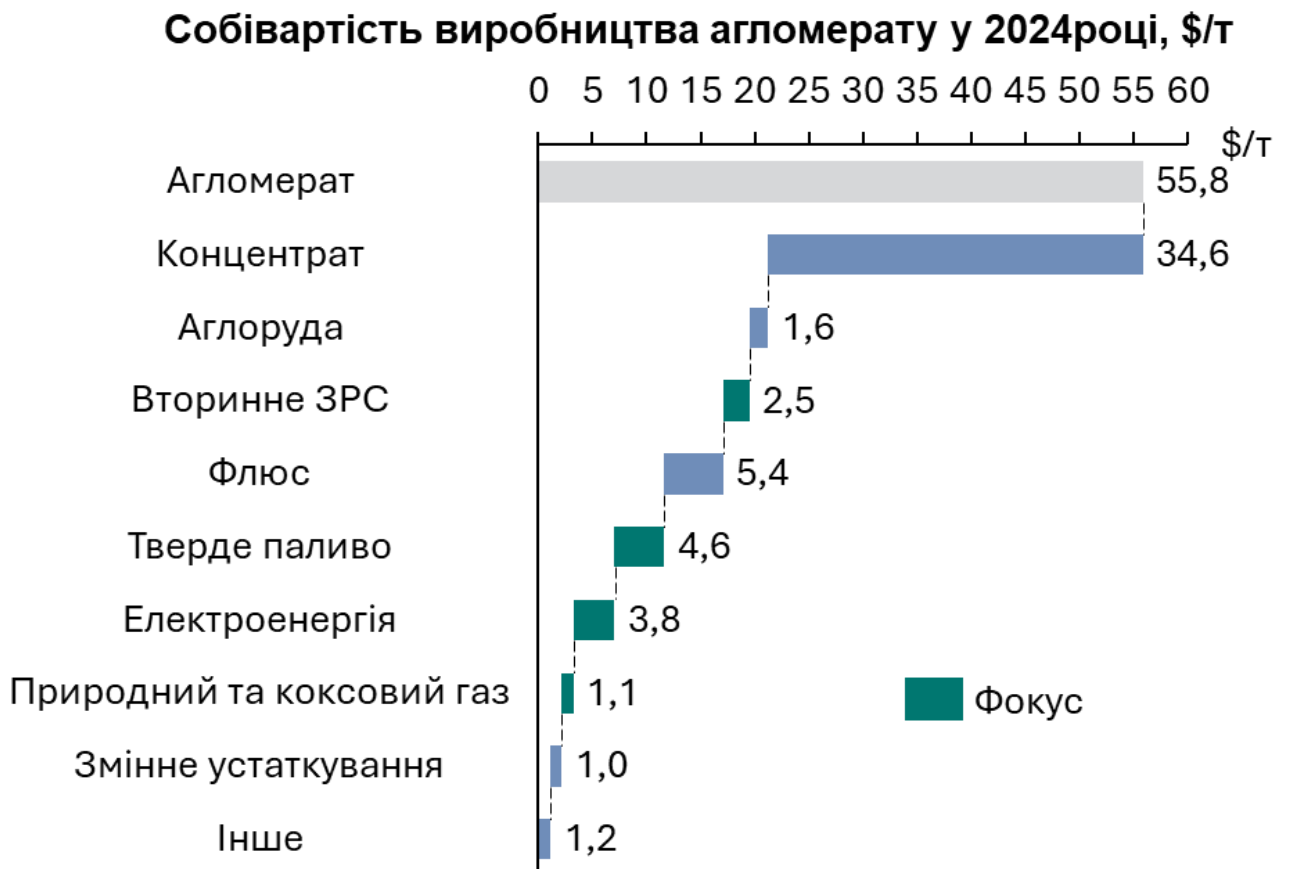


Рисунок 2.3 - Структура собівартості виробництва агломерату.

Залізорудна сировина є однією з ключових складових собівартості у виробництві агломерату. Із втратою Запорізького залізорудного комбінату компанія втратила можливість використання власної агломераційної руди. Основною сировиною є концентрат виробництва ЮГЗК, СівГЗК, ЦГЗК. Також важливою складовою є вторинні залізовмісні матеріали як власті, так і сторонніх підприємств.

Визначені параметри, що впливають на витрату концентрату та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.4):



Рисунок 2.4 – Параметри та фактори що впливають на витрату концентрату

Витрата вторинних матеріалів є основним важелем зниження витрат на сировину. Використовуються усі власні залізовмісні матеріали: шлами, окалина, колошниковий пил, оксид заліза з травильної установки. Таким чином робота екологічного устаткування не тільки не допускає шкідливих викидів, а також знижує собівартість виробництва. Окрім власної вторинної сировини постійно здійснюється моніторинг ринку на наявність покупних матеріалів.

У якості твердого палива використовується коксовий дрібняк. Згорання палива у шарі шихти дозволяє оплавляти залізородні шихту та отримувати в результаті кусковий агломерат, а також задачею твердого

палива є перетворення вапняка CaCO_3 на вапно CaO . Витрата здійснюється, як безпосередньо на агломашині (у складі аглошихти), так і при виробництві вапна на КМ-14, при чому на КМ-14 витрата палива менша тому що є прямий контакт палива з вапняком, в той час як при спіканні агломерату основною складовою шихти є концентрат. Динаміка витрати представлена на рисунку 2.5

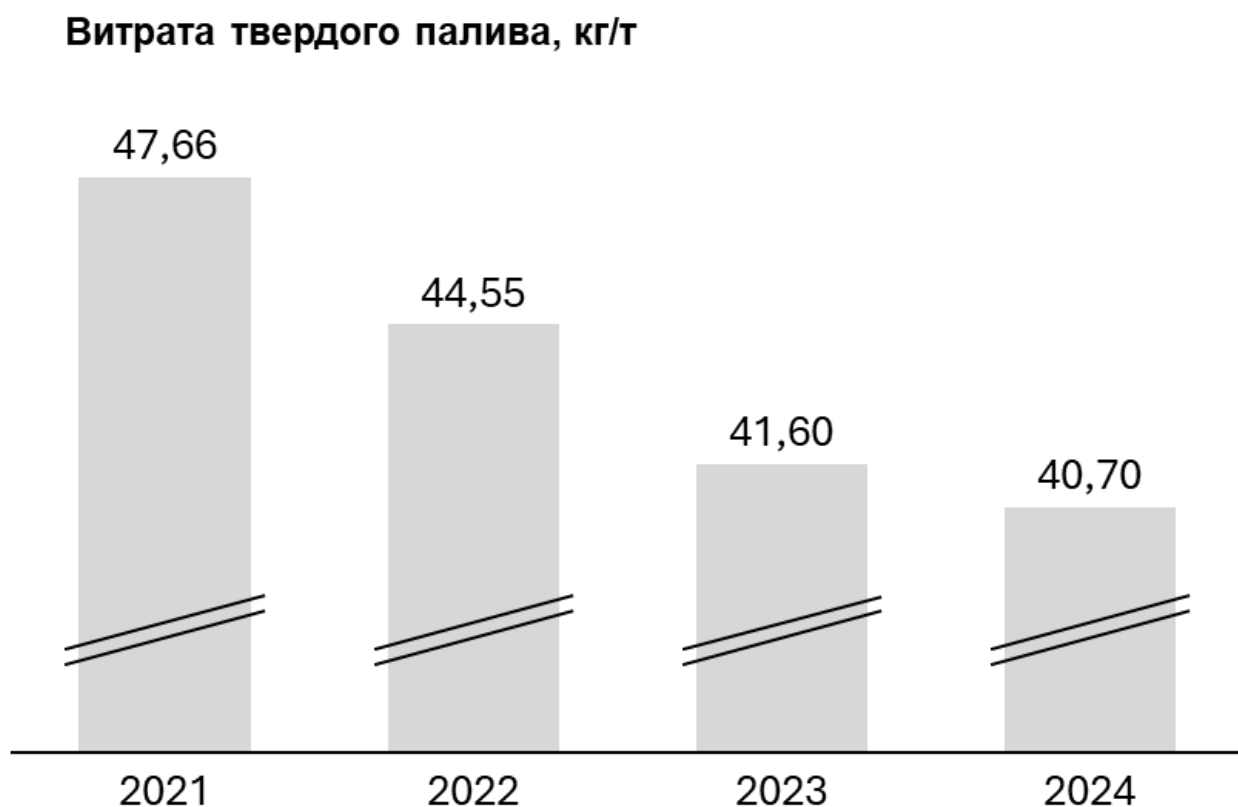


Рисунок 2.5 – Динаміка витрати твердого палива

Визначені параметри, що впливають на витрату твердого палива та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.6):



Рисунок 2.6 - Параметри та фактори що впливають на витрату твердого палива

Коксовий дрібняк має фракційний склад 0-10мм, але для досягнення максимального ефекту від його спалення фракція не повинна бути крупнішою ніж +3мм. Для цього дрібняк пропускають крізь чотирьох валкові дробарки. В процесі подрібнення необхідно постійно відстежувати зазор між валками та ступінь зносу валків.

Виробництво вапна на КМ-14 відбувається аналогічно до спікання агломерату, тільки у якості шихти виступає лише вапняк змішаний з твердим паливом у пропорції 1/9 – 1/12 (на одну тону палива 9-12 тон вапняку). Пропорція залежить від якості фракційного складу вапняка 3-10 мм, та його твердості. Занадто м'який вапняк, особливо з домішками глинозему розм'якне, розсиплеться і знизить газопроникність шару

шихти, що знизить продуктивність обпалювальної машини, чи знизить якість обпалювання.

Агломераційний цех є одним із основних споживачів електроенергії на комбінаті, адже має в своєму складі 6 ексгаустерів потужністю 2,9 МВт, 6 допоміжних димососів потужністю 1,3 МВт та велику кількість конвеєрів по яким здійснюється транспортування сировини на спікання. Динаміка витрати представлена на рисунку 2.7

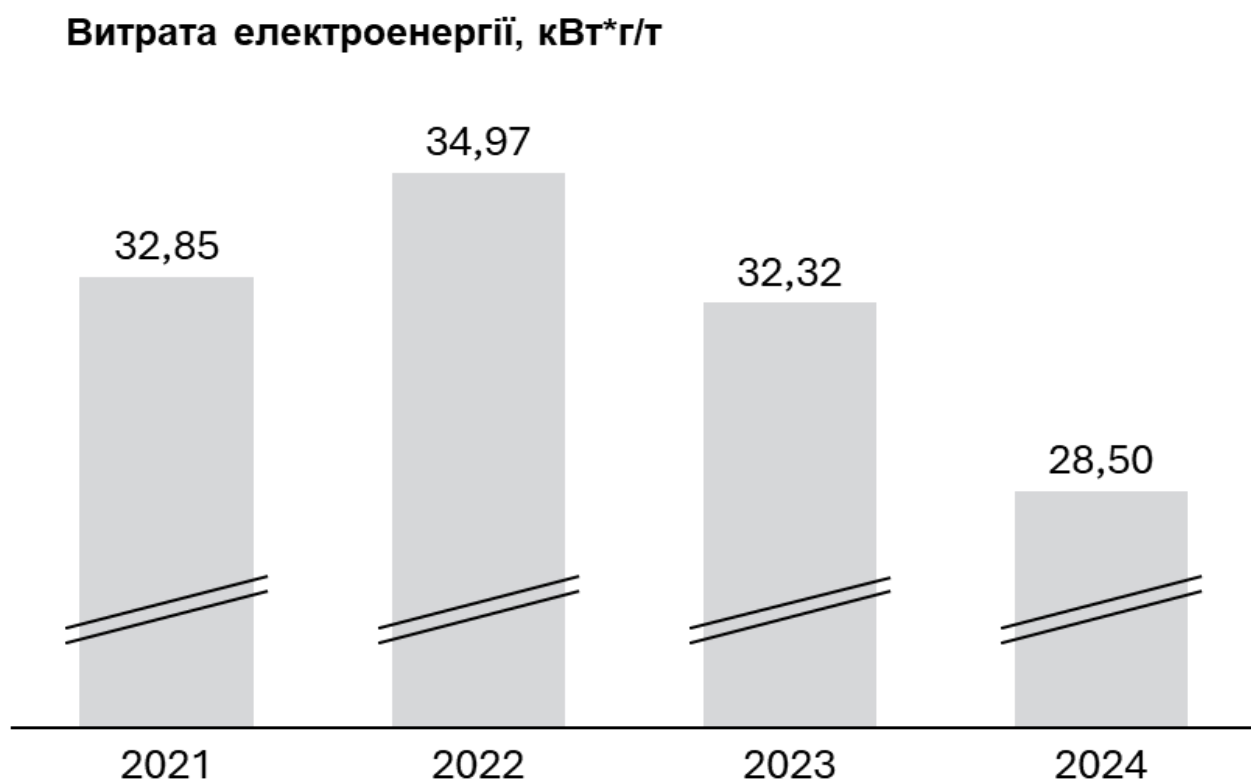


Рисунок 2.7 - Динаміка витрати електроенергії

Визначені параметри, що впливають на витрату електроенергії та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.8):

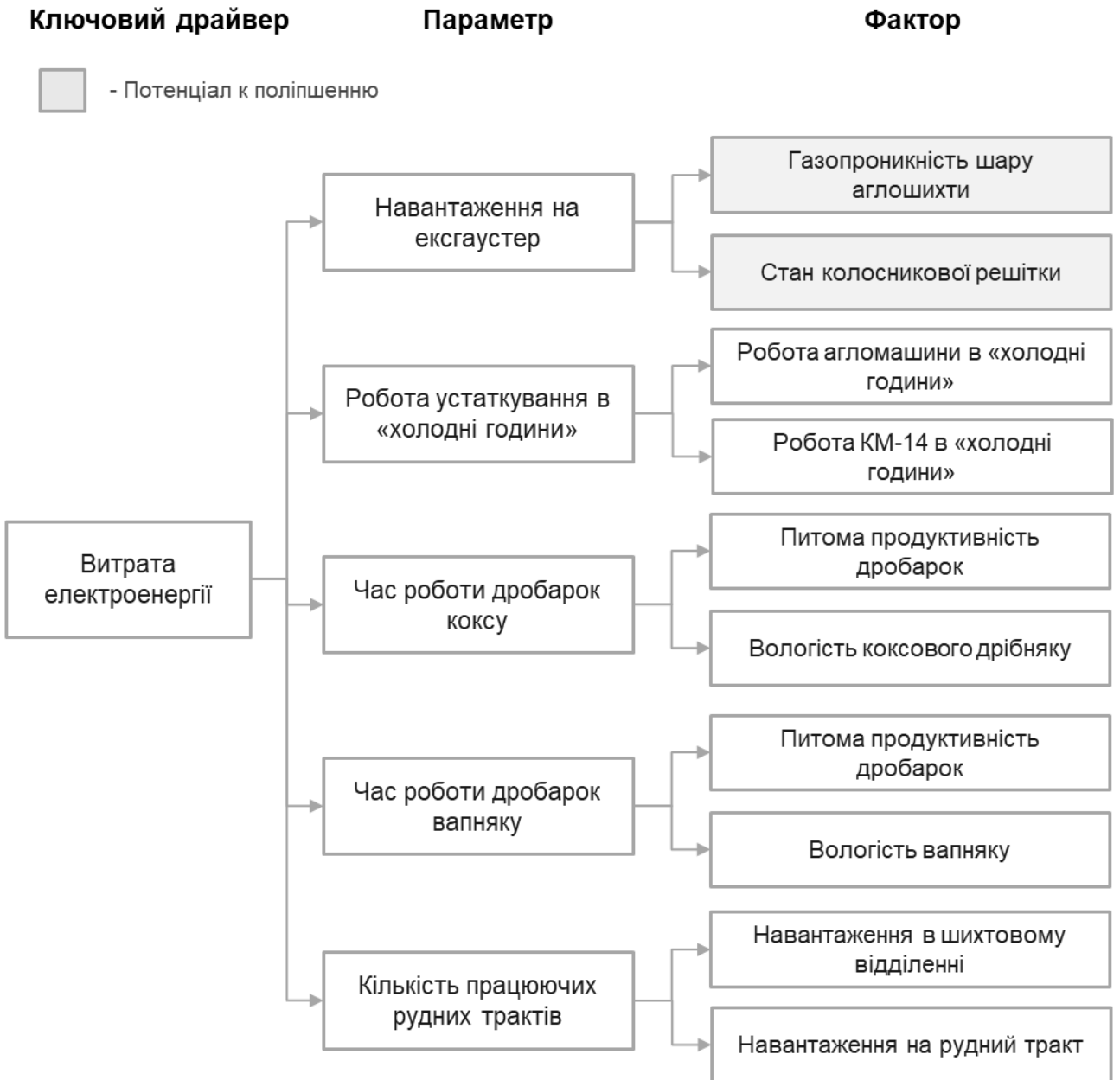


Рисунок 2.8 - Параметри та фактори що впливають на витрату електроенергії

Ексгаустери – основний споживач електроенергії. Керування потужністю здійснюється за допомогою частотного регулювання. Основний супротив створюється шаром шихти та колосниковою решіткою, тому однорідність та оптимальна вологість шихти, а також чиста, без нагарів агломерату, колосникова решітка забезпечують

мінімально можливий супротив газового потоку і тим самим дозволяють підтримувати оптимальну потужність ексгаустерів.

Для запалювання твердого палива у складі шихти використовується природно-кокс-доменна суміш газів, що подаються через запальники на поверхню шару шихти на аглоленті. Динаміка витрати представлена на рисунку 2.9

Витрата умовного палива на запалювання, кг.у.п./т

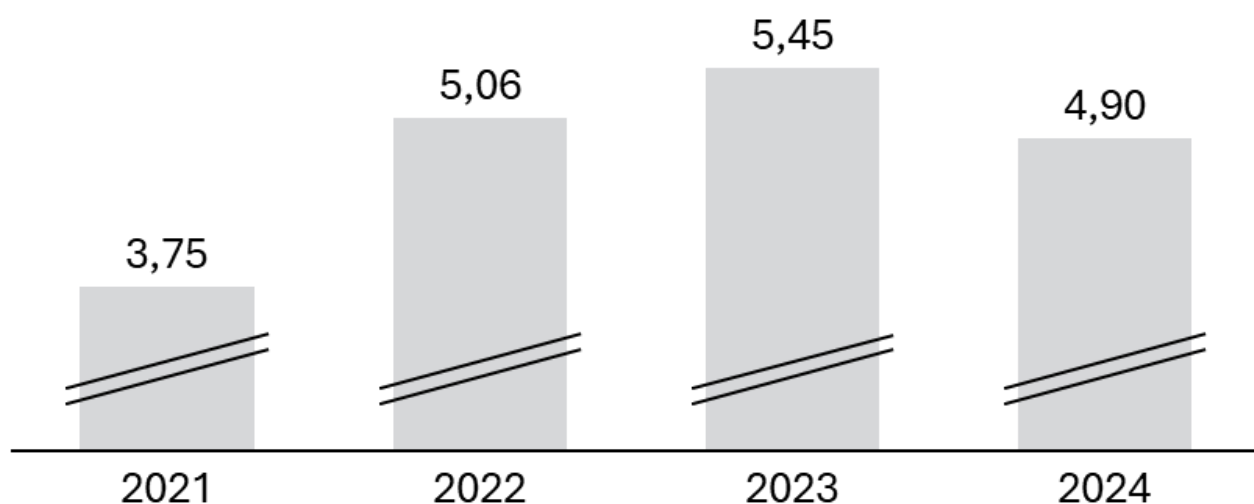


Рисунок 2.9 - Динаміка витрати умовного палива на запалювання ШИХТИ

Визначені параметри, що впливають на витрату умовного палива та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.10):



Рисунок 2.10 - Параметри та фактори що впливають на витрату умовного палива на запалювання шихти.

Наразі прилади обліку витрати газу (у момент часу) на агломашинах №№2,3,5 вийшли з ладу, що не дозволяє запуснути автоматичний режим регулювання витратою змішаного палива, що змушує агломератників тримати витрату більшу за оптимальну для недопущення випадків поганого запалення шихти що призведе до зниження питомої продуктивності агломадини та збільшення виходу фракції -5мм. Встановлення нових приладів обліку дозволить відновити роботу в автоматичному режимі.

Доменний цех

До складу цеху входять чотири доменних печі (наразі через війну працюють три). Основною залізвмісною сировиною є агломерат та окатиші. У якості палива використовується кокс, який завантажується в

доменну піч разом із шихтою, та пиловугільне паливо (ПУТ) або природний газ які вдуваються через фурми [15].

Чавун направляється у сталеплавильний цех для подальшої переробки, або на розливочні машини для виготовлення товарного чавуну у чушках.

Як видно зі структури собівартості, основною складовою є витрата палива (кокс, коксовий горіх, ПУТ, природний газ).

Розглянемо структуру собівартості виробництва чавуну (рис.2.11):

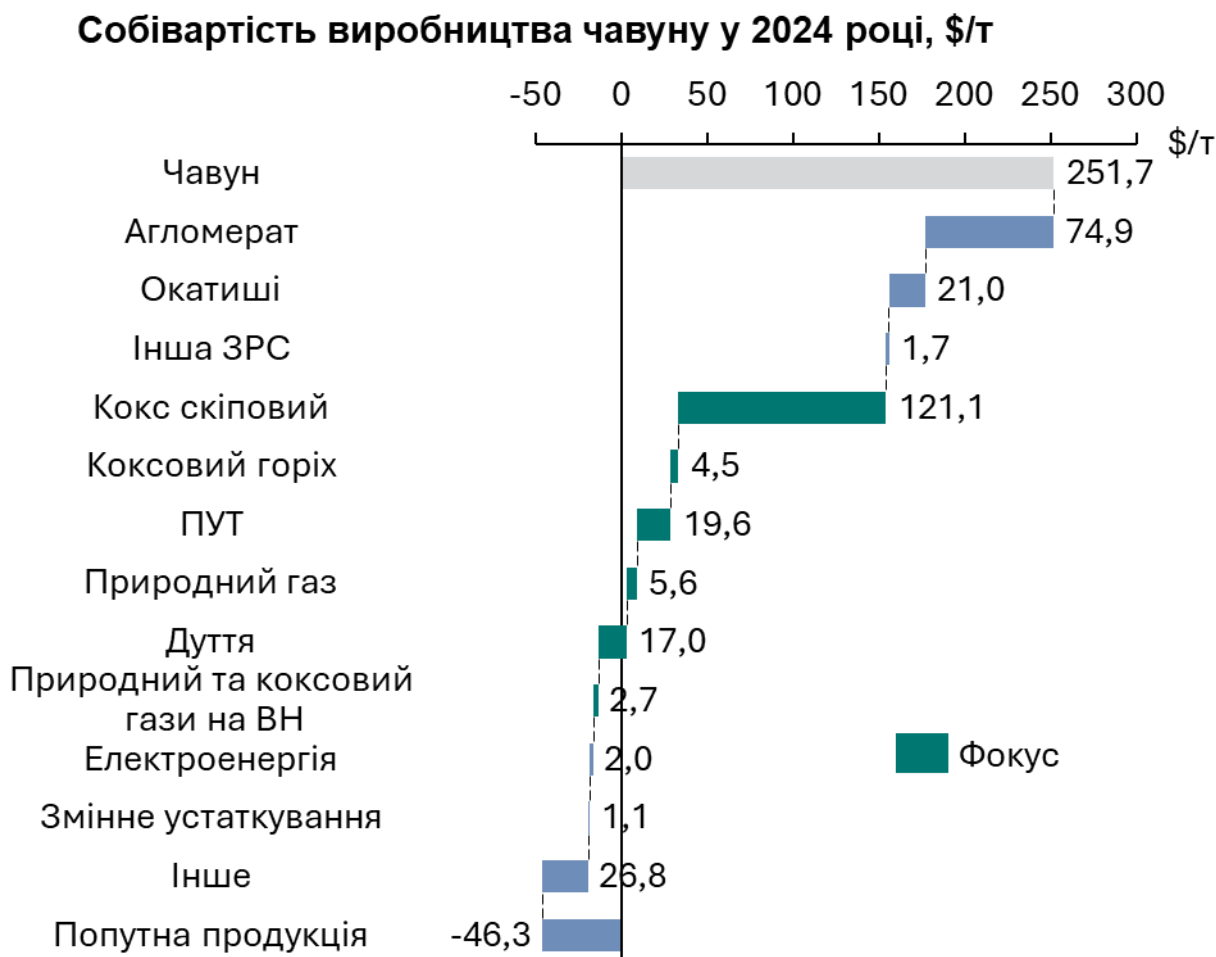


Рисунок 2.11 – Структура собівартості виробництва чавуну.

Не менш важливим параметром ніж витрата палива є питома продуктивність доменних печей. Збільшення виробництва чавуну дозволяє не тільки забезпечити потребу сталеплавильного цеху, а також направити чавун на машини для розливання для виробництва товарного чавуну у чушках. Динаміка продуктивності та витрати умовного палива представлена на рисунку 2.12

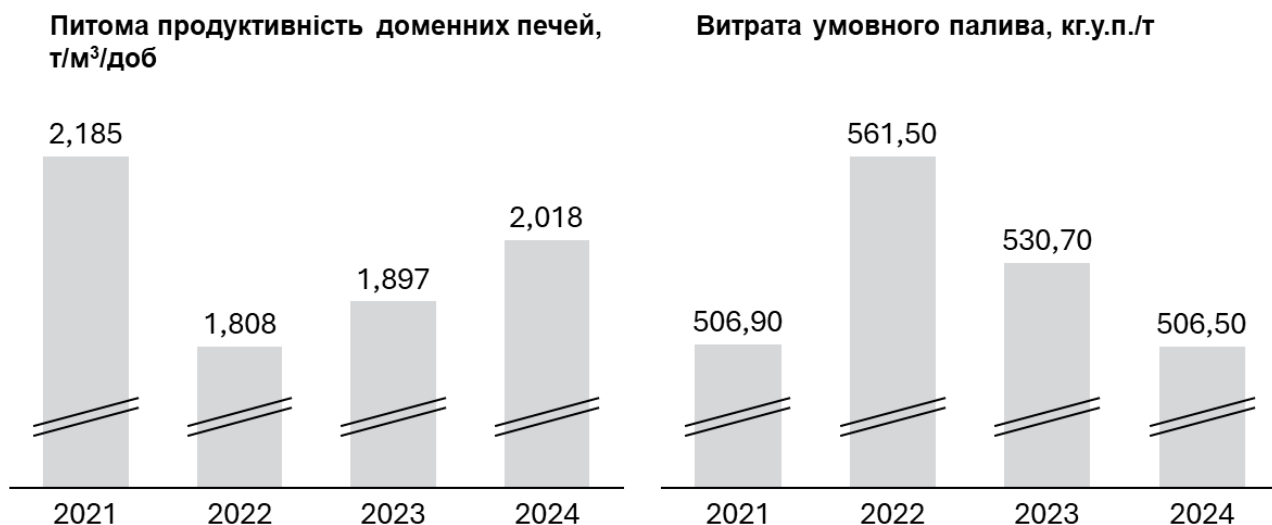


Рисунок 2.12 - Динаміка продуктивності доменних печей та витрати умовного палива

Враховуючи що ці два драйвери тісно пов'язані між собою визначення параметрів, що впливають на витрату умовного палива та питомої продуктивності, а також фактори від яких залежить величина параметрів відображені в одному дереві (Рис.2.13):

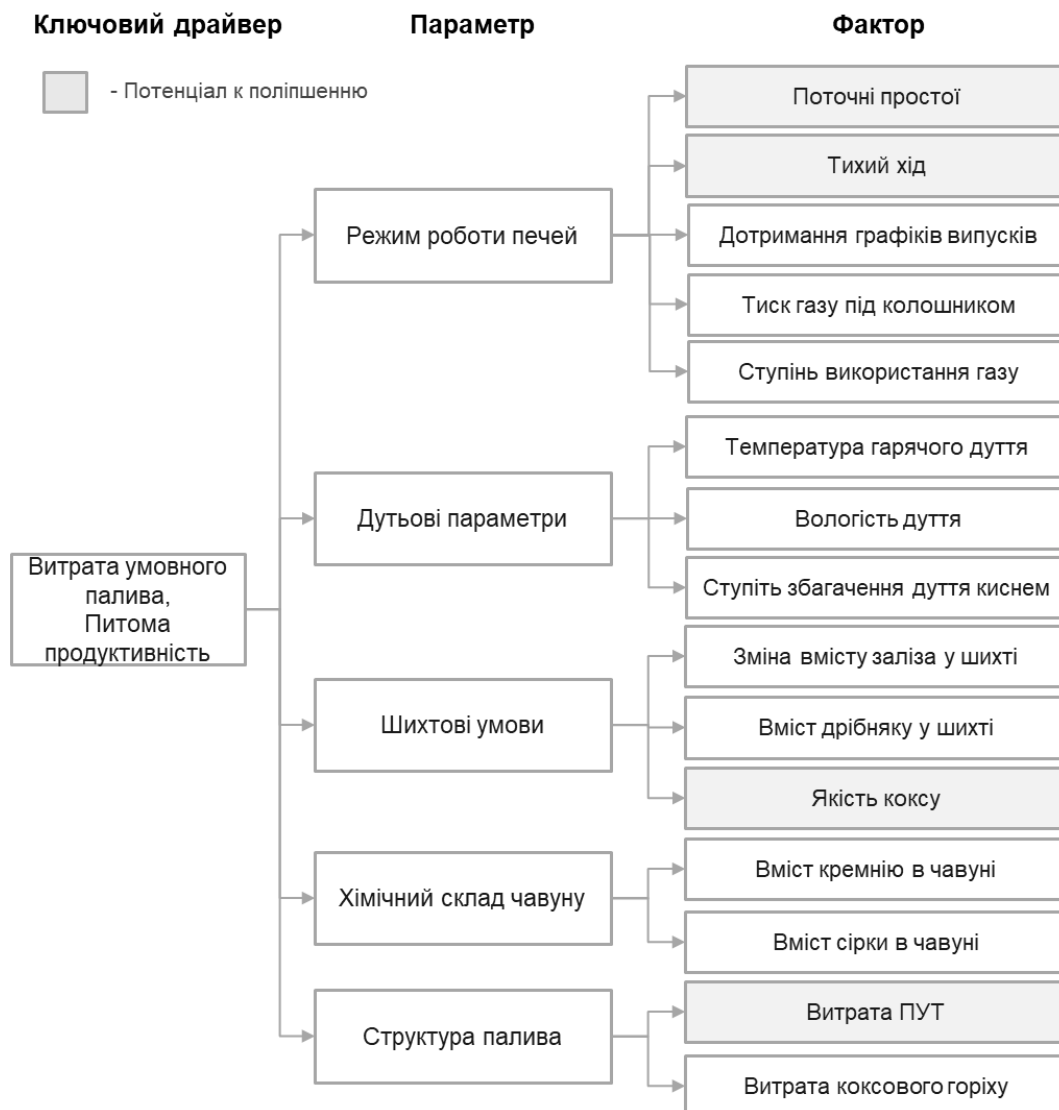


Рисунок 2.13 - Параметри та фактори що впливають на продуктивність доменних печей та витрату умовного палива.

Наразі основною проблемою, що впливає на стабільність роботи доменних печей є нестача якісного коксу та перебої в поставках коксу та ПУТ. Це призводить до частих перешихтовок, що в купі з низькою якістю коксу призводить до розладу ходу печей, прогару фурм, коливанням по кремнію та сірці.

Незважаючи на нестачу якісного коксу на всі печі реалізовані заходи що до монетизації ефекту від покупного якісного польського коксу на ДП-3. ДП-3 повністю переведена на якісний кокс, що дало змогу

збільшити витрату ПУТ до довоєнних показників 150 кг/т. Це знизило витрату коксу і збільшило питому продуктивність.

Нестачу вугілля для ПУТ вдалося частково компенсувати за рахунок додавання дешевшого довгопламенного вугілля (марки ДГ) до пиловугільної шихти.

Основна причина поточних простоїв – це прогари фурм. Підвищити їх стійкість є можливість за рахунок використання фурм із захисним напиленням, що збільшить їх стійкість у 1,5 рази.

Для забезпечення згорання палива у печі до неї подається доменне дуття, яке проходячи через воздухонагрівачі нагрівається до температури 1100-1160°C. Динаміка витрати доменного дуття представлена на рисунку 2.14:

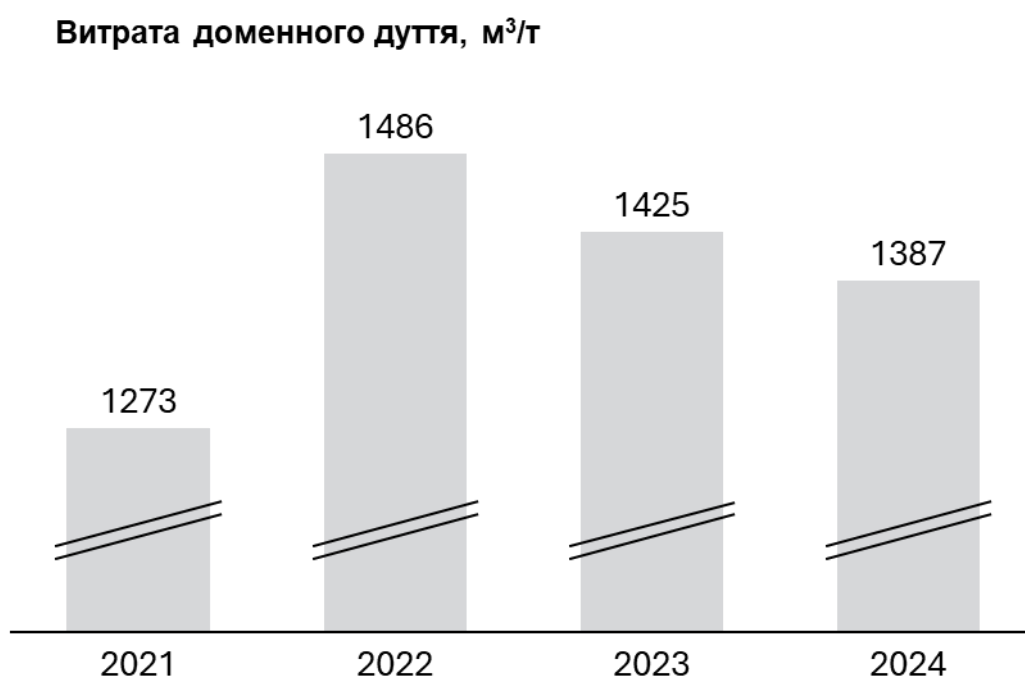


Рисунок 2.14 - Динаміка витрати доменного дуття

Визначені параметри, що впливають на витрату дуття та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.15):

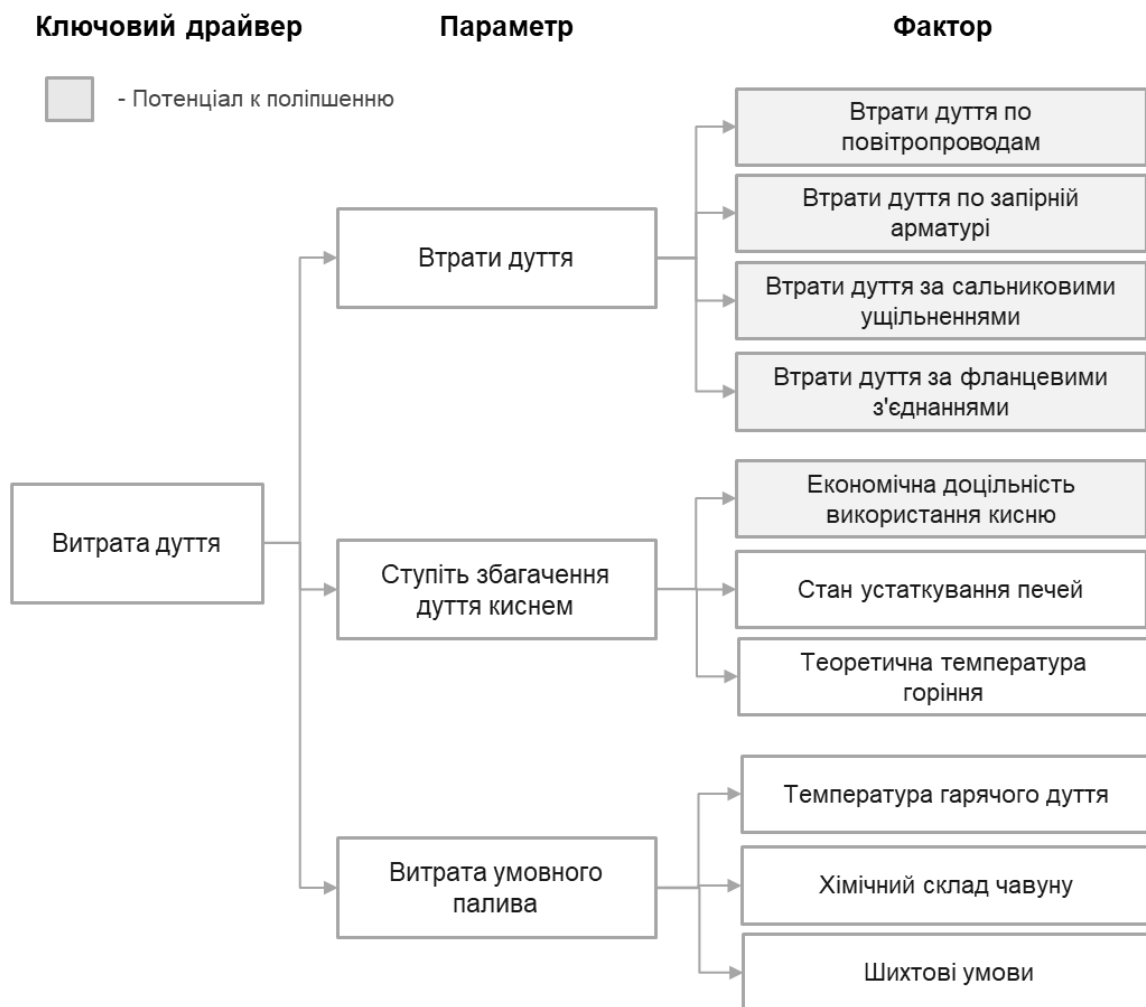


Рисунок 2.15 - Параметри та фактори що впливають на витрату доменного дуття.

Постійний контроль за станом повітропроводів та якісне проведення ремонтних заходів дозволяє мінімізувати втрати дуття в атмосферу [16].

Підвищення рівня кисню в дутті призводить до інтенсифікації доменного процесу та збільшення питомої продуктивності печей, але це також призводить до необхідності витрати більшої кількості палива. Тому при прийнятті рішення що до збагачення дуття киснем обов'язковим є розрахунок економічної доцільності виходячи із ціни реалізації чавуну та ціни покупного коксу [17].

Сталеплавильний цех

До складу цеху входять двованний сталеплавильний агрегат (ДСА) та сім мартенівських печей (МП). Наразі в роботі постійно ДСА та три-п'ять МП. Основною складовою шихти є рідкий чавун та брухт. Рідка сталь розливається у виливниці та у виді злитків прямує у цех гарячого прокату.

Розглянемо структуру собівартості виробництва сталі (рис.2.16):

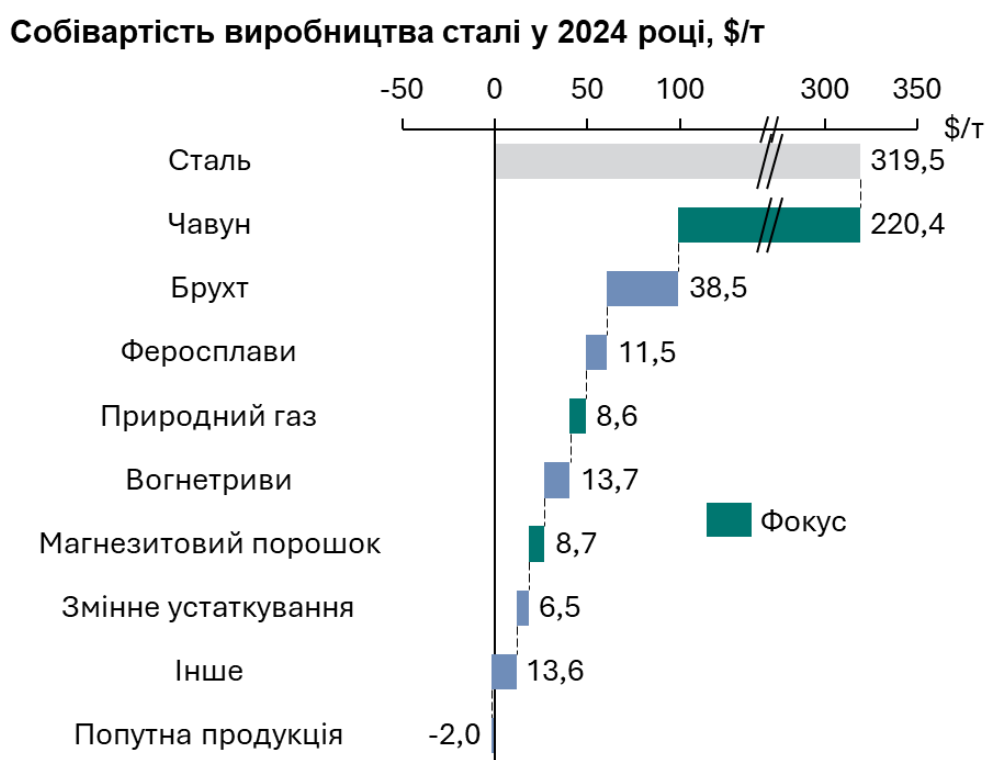


Рисунок 2.16 – Структура собівартості виробництва сталі.

Металлошихта – це ключова стаття собівартості сталі. Для аналізу використовується сумарна витрата чавуну та брухту та тонну годної сталі. Беручи до уваги, що чавун значно дорожчий за брухт, першочерговою задачею є зниження витрати чавуну, але при розрахунку шихтовки треба також брати до уваги додаткову витрату природного газу

для підтримки теплового балансу [18]. Динаміка витрати металошихти та чавуну, представлена на рисунку 2.17:

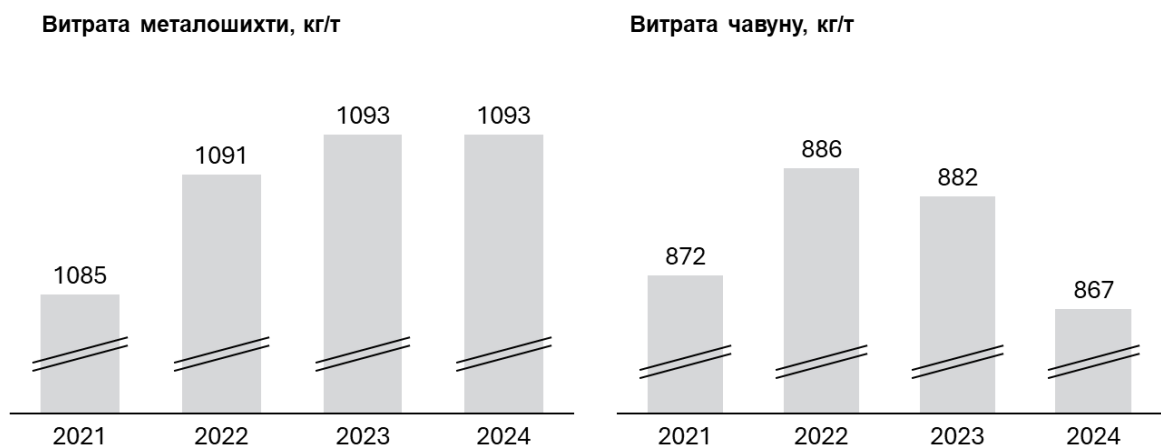


Рисунок 2.17 - Динаміка витрати металошихти та чавуну

Визначені параметри, що впливають на витрату металошихти та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.18):



Рисунок 2.18 - Параметри та фактори що впливають на витрату металошихти.

Чавун не тільки є дорожчим за брухт, а й має у своєму складі Si, S, P, які треба в процесі плавлення перевести у шлак. На Запоріжсталі відсутня позапічна обробка сталі, тому процеси десульфурзації та дефосфорації проводяться безпосередньо у печі і призводять до збільшення тривалості плавлення та відповідно збільшують угар металу [19].

Втрата металу через недоливки відбувається по причині помилкового розрахунку шихтовки плавки, або через збій у ваговій системі. Також причиною може бути не вірний розподіл металу по виливницям під час розливання в результаті чого один чи навіть декілька злитків будуть з висотою менш за 1600мм.

Витрата природного газу здійснюється через фурми, згідно режимних карт для підтримки теплового балансу плавлення. Динаміка витрати природного газу представлена на рисунку 2.19:

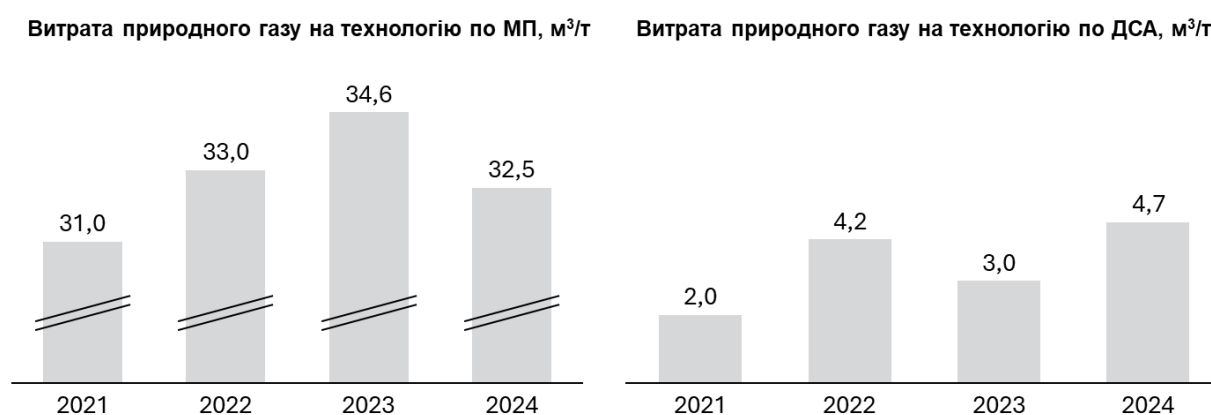


Рисунок 2.19 - Динаміка витрати природного газу

Визначені параметри, що впливають на витрату природного газу та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.20):



Рисунок 2.20 - Параметри та фактори що впливають на витрату природного газу.

Чавун вносить в шихту як фізичне, так і хімічне тепло. Оптимальний вміст кремнію в чавуні 0,60%, що забезпечує баланс між витратою палива на виробництво чавуну і теплоємністю чавуну для мінімальної витрати природного газу в печі [20].

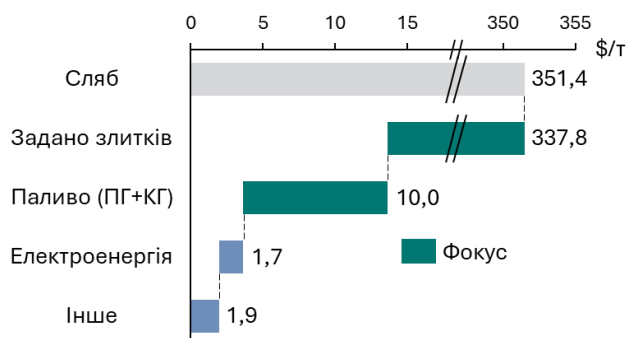
На витрату природного газу у періоди плавлення впливають швидкість виконання завалки та заливки чавуну, а також температура сталі на випуску.

Цех гарячого прокату

До складу цеху входять 14-ть груп нагрівальних колодязів для нагріву злитків, стан Слябінг-1150 (виробництво товарних та передільних слябів), стан БТЛС-1680 (виробництво рулонів). Гарячекатані рулони в подальшому йдуть на відвантаження, або ріжуться на лист, або передаються в цех холодного прокату в якості підкату для подальшої переробки.

Розглянемо структуру собівартості виробництва гарячого прокату (рис.2.21):

Собівартість виробництва слябів у 2024 році, \$/т



Собівартість виробництва рулонів у 2024 році, \$/т

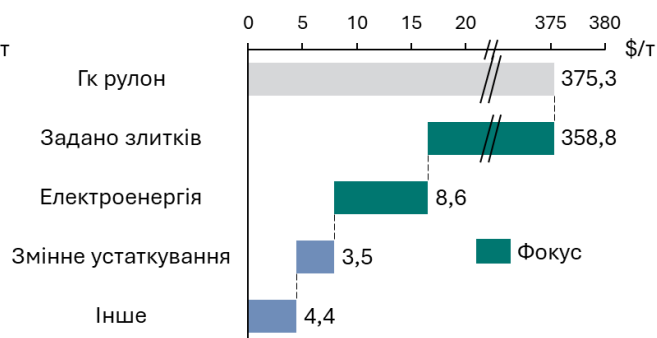


Рисунок 2.21 – Структура собівартості виробництва гарячого прокату

Витрата металу при виробництві слябів відбувається у нагрівальних колодязях – утворення зварювального шлаку та окалини, та найбільші втрати відбуваються під час видалення усадочних дефектів. Динаміка витрати металу при виробництві слябів представлена на рисунку 2.22:

Витрата металу при виробництві слябів, кг/т

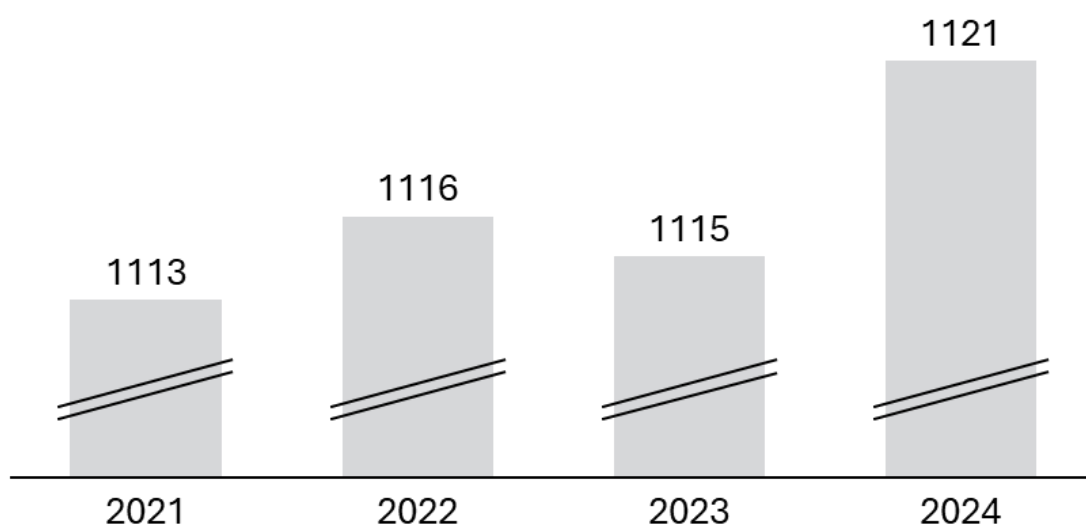


Рисунок 2.22 - Динаміка витрати металу при виробництві слябів

Визначені параметри, що впливають на витрату металу та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.23):



Рисунок 2.23 - Параметри та фактори що впливають на витрату металу при виробництві слябів

Глибина залягання усадочного дефекту та наявність поверхневих дефектів в першу чергу залежить від дотримання технології розливання сталі (розкислення сталі у виливницях). Також велику роль відіграє рівень кваліфікації оператора на ножицях, адже він повинен за лічені секунди оцінити стан поверхні сляба і чистоту зрізу і прийняти рішення що до того чи робити ще один різ, чи віддавати сляб транзитом на БТЛС-1680 (Безперервний стан тонколистового прокату) [21].

Нагрів злитків відбувається в автоматичному режимі, але поганий стан насадок регенераторів колодязів та підвищені втрати тепла через кладку підвищують час нагріву та збільшують окислення поверхні злитків, що збільшує втрату металу в шлак та окалину [22].

Для нагріву злитків у нагрівальних колодязях використовується природно-коксо-доменна суміш. Динаміка витрати умовного палива представлена на рисунку 2.24:



Рисунок 2.24 - Динаміка витрати умовного палива

Визначені параметри, що впливають на витрату умовного палива та фактори від яких залежить величина параметрів (Рис.2.25):



Рисунок 2.25 - Параметри та фактори що впливають на витрату умовного палива

Посад злитків поділяють на три типи: холодний посад, гарячий посад та посад з рідкою серцевиною. Найбільш гарячі плавки (з рідкою серцевиною) нагрівають 2-2,5 години з мінімальною витратою палива, плавки холодного посаду гріються 10-12 годин. Враховуючи що кількість груп колодязів обмежена будь яка затримка (планові чи непланові простої) призводять до того, що гарячі плавки що надходять очікують посадки та втрачають температуру. Також збільшення часової продуктивності пришвидшить оборотність нагрівальних груп.

Незадовільний стан насадок регенераторів колодязів та підвищені втрати тепла через кладку та через кришку підвищують час нагріву та збільшують витрату палива [23].

2.4 Напрямки підвищення операційної ефективності основних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» на 2025 р.

Визначені перспективні напрямки підвищення операційної ефективності на 2025 рік відносно 2024 року. Представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1- Перспективні напрямки підвищення операційної ефективності на 2025 рік

Підрозділ	Ресурс	Перспективні напрямки
Агломераційний цех	Питома продуктивність, Електроенергія	Збільшення питомої продуктивності агломашин за рахунок збільшення швидкості аглоленти та підбору оптимального розрідження в колекторі спікання у тому числі за рахунок завершення переходу на колосник збільшеної ваги який дозволяє підвищити газопроникність колосникової решітки. Потенціал: +0,01 т/г/м ² , -0,1 кВт*г/т
Агломераційний цех	Тверде паливо	Зниження витрати коксового дрібняку на за рахунок збільшення фракції вапняка до 16мм, що поліпшить газопроникність слою та дозволить знизити витрату палива на КМ-14 Потенціал: -0,4 кг/т
Агломераційний цех	Умовне паливо	Встановлення нових вимірювальних діафрагм на агломераційні машини №№2,3,5, що дасть змогу перевести подачу палива на запалювання агломераційної шихти в автоматичний режим. Потенціал: -0,1 кг.у.п./т
Доменний цех	Умовне паливо (природний газ, кокс скіповий)	Збільшення витрати ПУТ до 105 кг/т за рахунок додавання в шихту для ПУТ 30% довгопламенного газового вугілля (марки ДГ) що дозволить працювати без використання природного газу. Потенціал: ПГ -15 м ³ /т, кокс -10 кг/т

Продовження таблиці 2.1

Підрозділ	Ресурс	Перспективні напрямки
Сталеплавильний цех	Природний газ	Зниження витрати природного газу на мартенівських печах у рідкі періоди плавлення за рахунок збільшення витрати газу у тверді періоди плавлення (завалка, прогрів), та збільшення витрати кисню та регенеративного повітря, що забезпечить повне спалення газу. Потенціал: -1,0 м ³ /т
Сталеплавильний цех	Природний газ	Зниження витрати природного газу на мартенівських печах за рахунок зниження температури сталі на випуску з 1650-1660°C до 1635-1640°C, що знизить витрату газу в доводку. Потенціал: -0,5 м ³ /т
Сталеплавильний цех	Магnezитовий порошок	Зниження витрати магнезіальних мас за рахунок заправки печей «на кіпу», за рахунок підтримки високої температури в печі в доведення по відношенню до заправки печі після випуску, забезпечується краще спікання матеріалу та за рахунок впровадження методики «двошарового» нанесення магнезитової пудри (сухий магнезитовий порошок) з прогріванням та спіканням матеріалу в проміжках між нанесенням матеріалу. Потенціал: -0,4 кг/т
Сталеплавильний цех	Металлошихта (рідкий чавун)	Зниження витрати більш коштовного чавуну та збільшення витрати більш дешевого брухту за рахунок переходу на шихтовку чавуном 848 кг/т, що також знизить витрату металлошихти за рахунок зменшення угару при плавленні. Потенціал: чавун -27 кг/т, брухт +24 кг/т
Сталеплавильний цех	Металлошихта (недоливки)	Зниження утворення недоливок за рахунок впровадження калькулятора шихтовки та оптимального розподілу сталі по виливницям. Потенціал: -4 кг/т

Продовження таблиці 2.1

Підрозділ	Ресурс	Перспективні напрямки
Сталеплавильний цех	Виробництво пари	Збільшення виробництва пари на котлах утилізаторах за рахунок проведення ущільнень печей після ремонту на 7-10 плавках (після повного прогріву конструкцій печі та виходу на нормативні параметри), замість ущільнення на 11-15 плавках. Потенціал: +4,4 Ккал/т
Цех гарячого прокату	Витрата металу на прокат	Зниження витрати металу при вирізці слябів при транзитній прокатці смуг завтовшки менше 2,3мм за рахунок зниження донного обрізу з 3,0-4,0% до 2,0-4,0%. Потенціал: -1,5 кг/т
Цех гарячого прокату	Витрата металу на прокат	Зниження витрати металу при виробництві слябів зі злитків марок стали ЗС-8-13 заспокоєних алюмінієм за рахунок зниження мінімальної величини донного обрізу з 3,0-4,0% до 2,0-4,0% для товщин більше 3,0мм Потенціал: -0,05 кг/т
Цех гарячого прокату	Витрата металу на прокат	Зниження витрати металу на слябах з підвищеним головним обрізом за дефектом «пояс» за рахунок порізу головної частини подвійних слябів з відступом 10мм до дефекту пояс, за дефектом «рванина» з відступом 50мм до дефекту у разі чистого зрізу на слябах з призначенням на товщину рулону/листа більше 2,3мм (остаточне видалення дефекту здійсниться у витягнутій хвостовій частині розкату на ножицях стану БТЛС-1680) Потенціал: -0,05 кг/т
Цех гарячого прокату	Витрата металу на прокат	Зниження товщини підкату на 1мм перед чистою групою з 22мм до 21мм на розкаті 1-го типу за рахунок перерозподілу енергосилових параметрів чорнової та чистої груп. Потенціал: -0,05 кг/т

Продовження таблиці 2.1

Підрозділ	Ресурс	Перспективні напрямки
Цех гарячого прокату	Витрата металу на прокат	Зниження витрати металу по причині поганого змотування рулона за рахунок установки частотних приводів на ролики моталок №№1-3 БТЛС-1680 з метою плавного регулювання зазорів між роликами в процесі налаштування/перебудови моталок та за рахунок забезпечення змотування на моталку №3 г/к смуг товщиною 4,0-8,0мм з низькою температурою кінця змотування, а моталки 1-2 налаштувати під тонкий сортамент Потенціал: -0,1 кг/т
Цех гарячого прокату	Електроенергія	Дороблення програмного забезпечення вентиляційного обладнання допоміжної вентиляції лінії стану спільно з АСУТП. (Рольганги чорнової групи, ножиці, натискні пристрої). Що дозволить автоматично регулювати обертання електродвигунів вентиляторів залежно від знаходження розкату в лінії стана. (Від 5 хвилин до 15 хвилин зниження оборотів з 50Гц до 30 Гц, при простому понад 15 хвилин - автоматичне відключення обладнання). Потенціал: -0,1 кВт*г/т
Цех холодного прокату	Витрата металу на прокат	Зниження витрати металу за рахунок скорочення величини переднього і заднього кінця рулонів, що вирізається, на БТА-4 (на передньому кінці з 2200 мм до 1500 мм(тільки язик), на задньому кінці з 1000 мм до 500 мм(тільки язик)) Потенціал: 1,5 кг/т
Цех холодного прокату	Електроенергія	Зниження витрати електроенергії за рахунок збільшення середнього виробництва за годину на стані Тандем за рахунок збільшення швидкості прокату на 1 м/с (з 6,5 до 7,5 м/с) в результаті зниження струму збудження прокатних електродвигунів 1-4 клітей (зміна налаштувань у системі регулювання тиристорних перетворювачів збудників прокатних електродвигунів №№1-4) Потенціал: -1,5 кВт*г/т

В ході аналізу потенціалу операційних поліпшень біли визначені ключові драйвери операційної ефективності основних структурних підрозділів. Детальний аналіз факторів що на них впливають показав наявність проблем які негативно впливають на результат операційної діяльності. Визначені важелі впливу та шляхи зниження/усунення цих негативних факторів.

Розроблений план заходів що до підвищення операційної ефективності у 2025 році відносно фактичної роботи в 2024 році.

Основний потенційний ефект від розроблених заходів:

- Збільшення питомої продуктивності агломашин на 0,01 т/г м²;
- Зниження витрати твердого палива на виробництво агломерату на -0,4 кг/т;
- Зниження витрати коксу при виробництві чавуну на -10 кг/т;
- Зниження витрати природного газу на мартенівських печах на - 1,5 м³/т;
- Зниження утворення недоливків на 4 кг/т;
- Зниження витрати металу при виробництві слябів на 1,6 кг/т.

Висновки до розділу 2

Керівництво ТОВ «Запоріжсталь» проводить політику впровадження та використання у діяльності сучасних методів та інструментів діджиталізації бізнес процесів, інструментів безперервного вдосконалення (Lean, six sigma, TQM) та інше.

Аналіз операційної ефективності проводиться на системній основі за єдиною методикою. Основною базою для проведення розрахунків ефекту від операційних поліпшень є минулий рік. Виділення фактору цін дозволяє аналізувати зміну норми витрати ресурсу та своєчасно реагувати на відхилення, як з точки зору перевитрати – з якої причини сталася перевитрата та як не допускати у майбутньому, так і економії –

за рахунок чого отримали економію, та як зберегти цей результат. Фокус робиться на ключових драйверах по кожному підрозділу. Розглядаються не тільки самі показники а й параметри що на них впливають, що дозволяє заглиблюватися в технологію та розробляти більш дієві заходи.

Розробка, впровадження заходів та відстежування їх ефективності є системним процесом в який залучені як керівники підприємства та підрозділів, так і лінійні керівники та робочі, що підвищує ефективність генерації нових ідей, гіпотез, пропозицій та прискорює їх перевірку, оцінку та впровадження.

3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩО ДО ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» У 2025 РОЦІ

3.1 Визначення фокусу операційних поліпшень на 2025 рік

Успішна політика підприємства у процесі підвищення операційної ефективності реалізується через наступні управлінські блоки:

1) Оцінка потенціалу та постановка цілей з операційної ефективності по всіх бізнес процесам, розробка заходів що до їх досягнення;

2) Аналіз, оптимізація та контроль усіх бізнес процесів з метою підвищення ефективності кожного окремого процесу та їх взаємодії для досягнення синергетичного ефекту;

3) Каскадування та декомпозиція цілей підприємства до рівня структурних підрозділів та дільниць з виділенням основних драйверів операційної ефективності з урахуванням їх спеціалізації;

4) Системний контроль виконання основних драйверів та індикаторів ефективності для оперативного прийняття управлінських рішень, розробки та впровадження корегуючи заходів;

5) Система мотивації персоналу через карти ефективності, виробничу та командну премію та через індивідуальну систему преміювання по ключовим показникам ефективності (КПЕ) [24].;

Важливою складовою в процесі вибору напрямів підвищення операційної діяльності підприємства є виділення основних драйверів бізнес-ефективності підприємства з урахуванням спеціалізації кожного підрозділу підприємства та вибудовування мотиваційного блоку [25].

В процесі аналізу основних драйверів операційної ефективності основних виробничих підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» була побудована динаміка зміни показників по рокам з 2021 по 2024.

Динаміка представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 -Динаміка зміни показників по рокам з 2021 по 2024

Підрозділ	Драйвер ОУ	2021 рік	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2024 vs 2023, од	2024 vs 2023, %
Агломераційний цех	Продуктивність АМ, т/м ² /г	1,95	1,3	1,22	1,34	0,12	10%
	Тверде паливо, кг/т	47,7	44,6	41,6	40,4	-1,3	-3%
	Електроенергія, кВт*г/т	32,9	35,0	32,3	28,5	-3,9	-12%
Доменний цех	Продуктивність ДП, т/м ³ /доб	2,185	1,808	1,897	2,022	0,125	7%
	Умовне паливо кг.у.п./т	506,9	561,5	530,7	506,9	-23,8	-4%
	<i>Кокс скіповий, кг/т</i>	<i>348,4</i>	<i>476,5</i>	<i>449,9</i>	<i>416,9</i>	<i>-33,0</i>	<i>-7%</i>
	<i>ПУТ, кг/т</i>	<i>151,5</i>	<i>74,3</i>	<i>23,3</i>	<i>74,3</i>	<i>51,0</i>	<i>219%</i>
	<i>Коксовий горіх, кг/т</i>	<i>23,5</i>	<i>26,9</i>	<i>28,7</i>	<i>25,0</i>	<i>-3,7</i>	<i>-13%</i>
	<i>ПГ на технологію, м³/т</i>	<i>0,7</i>	<i>7,7</i>	<i>51,8</i>	<i>15,7</i>	<i>-36,1</i>	<i>-70%</i>
Сталеплавильний цех	Металлошихта МП, кг/т	1084,0	1087,0	1087,9	1087,5	-0,4	-0,5%
	Металлошихта ДСА, кг/т	1087,0	1096,0	1101,0	1104,8	3,8	3,8%
	<i>Чавун, кг/т</i>	<i>871,8</i>	<i>886</i>	<i>882,3</i>	<i>872,2</i>	<i>-10,1</i>	<i>-1%</i>
	Природний газ МП, м3/т	31,0	33,0	34,6	34,1	-0,5	-2%
	Природний газ ДСА, м3/т	2,0	4,2	3,0	4,5	1,5	50%
Цех гарячого прокату	ВКМ (сляб), кг/т	1113,4	1116,1	1114,8	1120,7	5,9	5%
	Умовне паливо кг.у.п./т	29,3	35,4	34,2	35,7	1,5	4%
	ВКМ гк прокат, кг/т	1037,0	1034,9	1038,5	1037,5	-1,0	-3%
	Електроенергія, кВт*г/т	57,3	69,9	67,4	62,3	-5,1	-8%

Агломераційний цех:

- Продуктивність агломашин у 2024 році знизилась з 1,95 т/м²/г у 2021 році до 1,34 т/м²/г. Це пов'язано зі зміною сировинної бази через військові дії, а саме втратою аглоруди з Запорізького Залізорудного Комбінату. Проте в порівнянні з 2023 роком продуктивність збільшилась на +0,12 т/м²/г, або на +10% за рахунок впроваджених заходів.
- Витрата твердого палива у 2024 році склала 40,4 кг/т, що є рекордним показником. Зниження від 2023 року склало -1,3 кг/т, або -3%.
- Витрата електроенергії у 2024 році склала 28,5 кВт*г/т, що також є рекордним показником з 2021 року. Зниження від 2023 року склало -3,9 кВт*г/т, або -7%.

Доменний цех:

- Продуктивність доменних печей у 2024 році знизилась з 2,185 т/м³/добу у 2021 році до 2,022 т/м³/добу. Це пов'язано зі зниженням якості коксу через військові дії. Проте порівнянні з 2023 роком продуктивність збільшилась на 0,125 т/м³/добу, або на +7% за рахунок впровадження заходів.
- Витрата умовного палива у 2024 році склала 506,9 кг.у.п./т, що дорівнює показнику 2021 року. Зниження від 2023 року склало -23,8 кг.у.п./т, або -4%.

Сталеплавильний цех:

- Витрата металошихти на виробництво сталі по 500 тонним печам у 2024 році склала 1104,8 кг/т, що перевищує показники 2021 року 1087 кг/т та вище за показник 2023 року 1101 кг/т. По двухванному сталеплавильному агрегату (ДСА) також 2024 рік показник 1087,5 кг/т вищий за 2021 рік 1084 кг/т. Перевитрата пов'язана зі зниженням технологічної дисципліни та аварійними простоями устаткування у період липень-вересень 2024 року. Було виконано велику роботу з аналізу кореневих причин, розроблено та впроваджено програму стабілізуючих

заходів. В результаті у грудні 2024 року витрата металошихти по ДСА склала 1100,8 кг/т, по 500 тонним печам 1082,5 кг/т

- Витрата природного газу по 500 тонним печам у 2024 році склала 34,1 м³/т, що на -0,5 м³/т нижче за показник 2023 року. Природний газ по ДСА у 2024 році склав 4,5 м³/т, що вище за показник 2023 року 3,0 м³/т. Зростання пов'язано зі зменшенням витрати чавуну на виробництво сталі.

Цех гарячого прокату:

- Витратний коефіцієнт металу на виробництво слябів у 2024 році склав 1120,7 кг/т, що вище показника 2021 року у 1113,4 кг/т та показника 2023 року 1114,8 кг/т на +5,9 кг/т, або на +5%.

- Витрата умовного палива у 2024 році склала 35,7 кг.у.п./т, що на 1,5 кг.у.п./т вище за показник 2023 року, який складав 34,2 кг.у.п./т та значно перевищує показник 2021 року, який складав 29,3 кг.у.п./т. Збільшення витрати пов'язано з погіршенням стану нагрівальних колодязів через зменшення кількості капітальних ремонтів під час війни та зменшення обсягів виробництва з 291 тис.т у 2021 році до 214 тис.т у 2024 році.

- Витратний коефіцієнт металу при виробництві гарячекатаного рулона у 2024 році склав 1037,5 кг/т, що на -1 кг/т менше показника 2023 року, який складав 1038,5 кг/т за рахунок впроваджених заходів.

- Витрата електроенергії на виробництво гарячекатаного прокату у 2024 році склала 62,3 кВт*г/т, що на -5,1 кВт*г/т, або на -8% менша за показник 2023 року, який складав 67,4 кВт*г/т, за рахунок впроваджених заходів та збільшення годинної продуктивності стана гарячої прокатки.

Таким чином найбільш проблемним показником операційної ефективності у 2024 році став витратний коефіцієнт металу на виробництво слябів. Перевитрата у +5,9 кг/т при виробництві у 2024 році 2,54 млн.т слябів призвела до прямих втрат у розмірі 1,8 млн.\$.

Розрахунок проводиться за наступною формулою 3.1 (по кожному рядку):

$$(\Phi_{2024} - \Phi_{2023}) \times C \times V, \text{ де} \quad (3.1) [32]$$

Φ_{2024} – фактичне значення у 2024 р, кг/т;

Φ_{2023} – фактичне значення у 2023 р, кг/т;

C – фактична ціна у 2024 р, \$;

V – фактичний обсяг виробництва слябів у 2024 р, що склав 2541,35 тис.т

Розрахунок втрат з урахуванням структури відходів представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок втрат з урахуванням структури відходів

Структура:	Факт 2023р., кг/т	Факт 2024р., кг/т	Ціна, \$	Ефект, тис.\$
Злитки	1114,8	1120,7	320,9	-4909
Відходи (-)	-114,8	-120,7	168,9	3088
Угар	-1,0	-0,7	0,0	0
Окалина	-10,3	-10,7	49,2	41
Зварювальний шлак	-5,4	-4,7	35,9	-53
Брак	0,1	0,2	190,1	-34
Брухт	-98,2	-104,7	188,4	3135
Всього:				-1820

Як видно із структури відходів угар, окалина та зварювальний шлак мають не велику частку. Ці відходи утворюються при нагріві злитків у нагрівальних колодязях і обумовлені технологією виробництва. Найбільшу вагу у структурі відходів займає брухт, а саме головний та донний обріз слябів на зменшення якого доцільно змістити фокус при розробці заходів.

3.2 Розробка заходів що до зниження витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів

Визначення потенціалу зниження витратного коефіцієнту металу

На розмір головного обрізу впливає марка сталі, що обумовлено технологією виплавки, розливання та розкислення злитків. Визначимо перевитрату витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів у 2024 році в порівнянні з фактом 2023 року з урахуванням впливу сортаменту. Результати представлені на рисунку 3.1

Вплив сортаменту на витратний коефіцієнт металу при виробництві слябів, кг/т

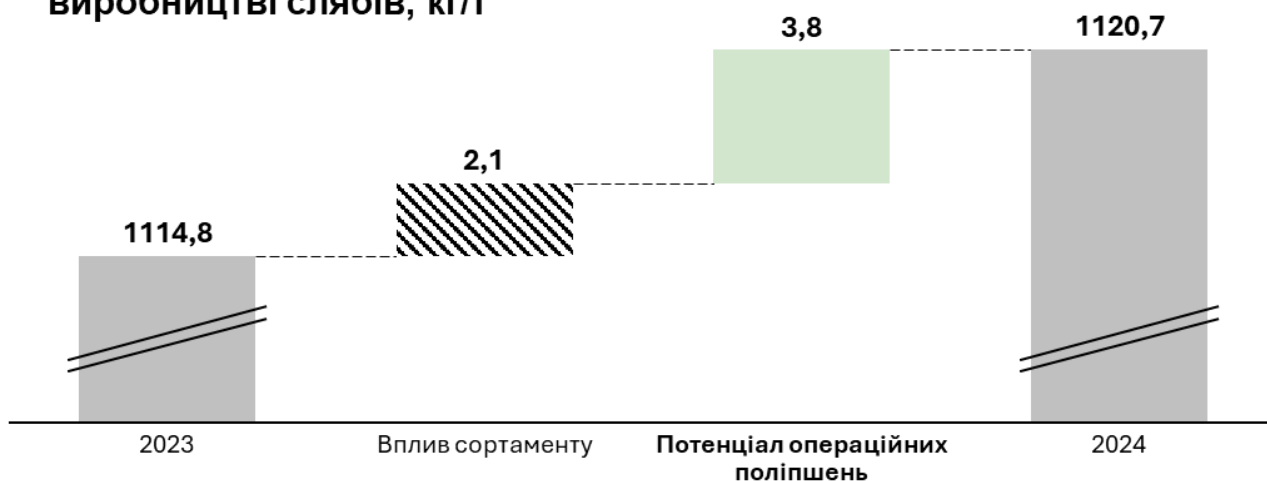


Рисунок 3.1 - Вплив сортаменту на витратний коефіцієнт металу

Вплив сортаменту у 2024 році в порівнянні з 2023 роком склав 2,1 кг/т. Детальний розрахунок представлений в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Розрахунок впливу сортаменту на ВКМ

Номенклатура	Факт 2023 р.				Факт 2024 р.				"+/-"
	Годне	ВКМ, кг/т	Задане	%	Годне	ВКМ, кг/т	Задане	%	
Сляби констр.кп+нс перед.	352 559	1 122,9	395 890	16,%	314 535	1 125,9	354 120	12,4%	-4,5%
Сляби констр. 3С-8 перед.	1 047 534	1 107,4	1 160 084	50,%	1 421 497	1 113,4	1 582 759	56,0%	5,8%
Сляби звич.як. кп+нс перед.	296 715	1 105,8	328 118	14,%	312 007	1 111,1	346 657	12,3%	-1,9%
Сляби звич.як. сп перед.	390	1 196,9	466	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби констр.сп перед.	5 615	1 286,0	7 221	0,3%	16 514	1 224,9	20 215	0,7%	0,4%
Сляби констр.08Ю перед.	364	1 279,4	465	0,0%	733	1 246,1	913	0,0%	0,0%
Сляби констр.3С-13 перед.	7 247	1 143,0	8 283	0,3%	3 792	1 210,7	4 591	0,1%	-0,2%
Сляби констр.40-55 перед.	1 532	1 242,3	1 903	0,1%	713	1 315,0	938	0,0%	0,0%
Сляби н/лег 12-17ГС перед.	62	1 056,4	66	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби марг.3-5ГПС перед.	394	1 191,3	470	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби низ/лег.09,14Г2(С)(Д) перед.	7 850	1 220,3	9 579	0,4%	11 687	1 198,3	13 989	0,5%	0,1%
Сляби лег.25-30ХГСА перед.	30	1 395,1	42	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби констр.DC01,DX51D перед.	329 013	1 119,1	368 197	15,%	368 894	1 128,9	416 382	14,5%	-1,2%
Сляби звич.як. кп+пс на зач.	30	1 099,0	33	0,0%	351	1 099,0	386	0,0%	0,0%
Сляби ПВЛ звич.як.кп+пс недоливки	490	1 006,0	493	0,0%	846	1 011,4	856	0,0%	0,0%
Сляби ПВЛ констр.кп+пс	355	1 006,0	357	0,0%	409	1 013,0	414	0,0%	0,0%
Сляби ПВЛ 3С-8 перед	262	1 006,0	264	0,0%	478	1 014,0	484	0,0%	0,0%
Сляби констр. 3С-8 з підвищ. AL перед.	17 538	1 205,2	21 137	0,8%	11 586	1 175,2	13 598	0,5%	-0,4%
Сляби звич.як.кп+пс с AL перед.	235	1 201,5	282	0,0%	2 677	1 186,5	3 177	0,1%	0,1%
Сляби констр. 3С-13 з підвищ. AL	18 250	1 238,9	22 609	0,9%	73 127	1 190,8	87 078	2,9%	2,0%
Сляби ПВЛ 3С-13 AL	86	1 005,3	86	0,0%	19	1 096,2	21	0,0%	0,0%
Сляби 30ХН2МА	108	1 306,5	141	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби констр S275J2 эксп.	534	1 298,3	693	0,0%				0,0%	0,0%
Сляби звич.як.КП+ПС перед.зачищ.	30	1 007,3	30	0,0%	350	1 001,0	351	0,0%	0,0%
Всього	2 087 101	1 114,8	2 326 774	100%	2 540 111	1 120,7	2 846 930	100,%	0,0%

Продовження таблиці 3.3

Номенклатура	Факт 2023 р.			Факт 2024 р.		
	Годне	ВКМ, кг/т	Задане	Годне	ВКМ, кг/т	Задане
Сляби констр.кп+нс перед.	352 559	1 122,9	395 890	314 535	1 122,9	353 193
Сляби констр. ЗС-8 перед.	1 047 534	1 107,4	1 160 084	1 421 497	1 107,4	1 574 227
Сляби звич.як. кп+нс перед.	296 666	1 105,8	328 062	312 001	1 105,8	345 022
Сляби звич.як. сп перед.	400	1 196,9	478		1 196,9	
Сляби констр.сп перед.	5 615	1 286,0	7 221	16 503	1 286,0	21 222
Сляби констр.08Ю перед.	364	1 279,4	465	733	1 279,4	938
Сляби констр.ЗС-13 перед.	7 247	1 143,0	8 283	3 792	1 143,0	4 335
Сляби констр.40-55 перед.	1 532	1 242,3	1 903	713	1 242,3	886
Сляби н/лег 12-17ГС перед.	62	1 056,4	66		1 056,4	
Сляби марг.3-5ГПС перед.	394	1 191,3	470		1 191,3	
Сляби низ/лег.09,14Г2(С)(Д) перед.	7 828	1 220,3	9 553	11 674	1 220,3	14 245
Сляби лег.25-30ХГСА перед.	30	1 395,1	42		1 395,1	
Сляби констр.DC01,DX51D перед.	328 982	1 119,1	368 164	368 834	1 119,1	412 760
Сляби звич.як. кп+пс на зач.	30	1 099,0	33	351	1 099,0	386
Сляби ПВЛ звич.як.кп+пс недоливки	490	1 006,0	493	846	1 006,0	851
Сляби ПВЛ констр.кп+пс	355	1 006,0	357	409	1 006,0	411
Сляби ПВЛ ЗС-8 перед	262	1 006,0	264	478	1 006,0	481
Сляби констр. ЗС-8 з підвищ. AL перед.	17 509	1 205,2	21 104	11 571	1 205,2	13 945
Сляби звич.як.кп+пс с AL перед.	235	1 201,5	282	2 677	1 201,5	3 217
Сляби констр. ЗС-13 з підвищ. AL	18 250	1 238,9	22 609	73 127	1 238,9	90 594
Сляби ПВЛ ЗС-13 AL	86	1 005,3	86	19	1 005,3	20
Сляби 30ХН2МА	108	1 306,5	141	0	1 306,5	
Сляби констр S275J2 эксп.	534	1 298,3	693		1 298,3	
Сляби звич.як.КП+ПС перед.зачищ.	30	1 007,3	30	350	1 007,3	353
Всього	2 087 101	1 114,8	2 326 774	2 540 111	1 116,9	2 837 085

Основний вплив у 2024 році відносно 2023 року дало збільшення долі виробництва конструкційної марки ЗС-8 на +5,8% (ВКМ 1107,4 кг/т), збільшення долі конструкційних спокійних марок на +0,4% (ВКМ 1286,0 кг/т), збільшення долі конструкційної сталі ЗС-13 з підвищеним вмістом алюмінію на +2,0% (ВКМ 1238,9 кг/т), та зменшення долі конструкційних киплячих та напівспокійних марок на -4,5% (ВКМ 1122,9 кг/т), зменшення долі звичайних киплячих та напівспокійних марок сталі на -1,9% (ВКМ 1105,8 кг/т), зменшення долі конструкційних марок DC01, DX51D на -1,2% (ВКМ 1119,1 кг/т), зменшення долі конструкційної сталі ЗС-8 з підвищеним вмістом алюмінію на -0,4% (ВКМ 1205,2 кг/т).

Розглянемо особливості технології виробництва слябів та визначимо основні чинники, що впливають на величину обрізу.

Прокатка злитків проводиться на реверсивному стані Слябінг-1150, після чого головна та донна частини вирізаються на ножицях-2000. Величина головного обрізу залежить від глибина залягання усадочного дефекту, яка в свою чергу залежить від дотримання технології розкислення злитків при розливці сталі у виливниці [26]. Фотографія головного обрізу на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 - Фотографія головного обрізу сляба

В процесі прокатки усадочний дефект, який знаходиться в головній частині злитка розкатується і має бути повністю видалений зі сляба. У донній частині злитка у процесі прокатки утворюється «утяжка», яка підлягає видаленню [27]. У разі потрапляння не видаленого усадочного дефекту або утяжки у чистову групу клітей БТЛС-1680 (безперервний тонколистовий стан) може статися розшарування металу, що є браком, або розкриття усадки при прокатці може стати причиною травмування прокатних валків чи навіть аварійної зупитки стана. Фотографії донного обрізу на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Фотографія донного обрізу сляба

Прокатка злитків здійснюється за 13-17 проходів в результаті чого злиток середньою висотою 2300 мм розкатується до 11000-12000 мм. Обтискування металу здійснюється як горизонтальними так і вертикальними валками.

Умовна схема прокатки показана на рисунку 3.4.

Умовна схема прокатки злитків

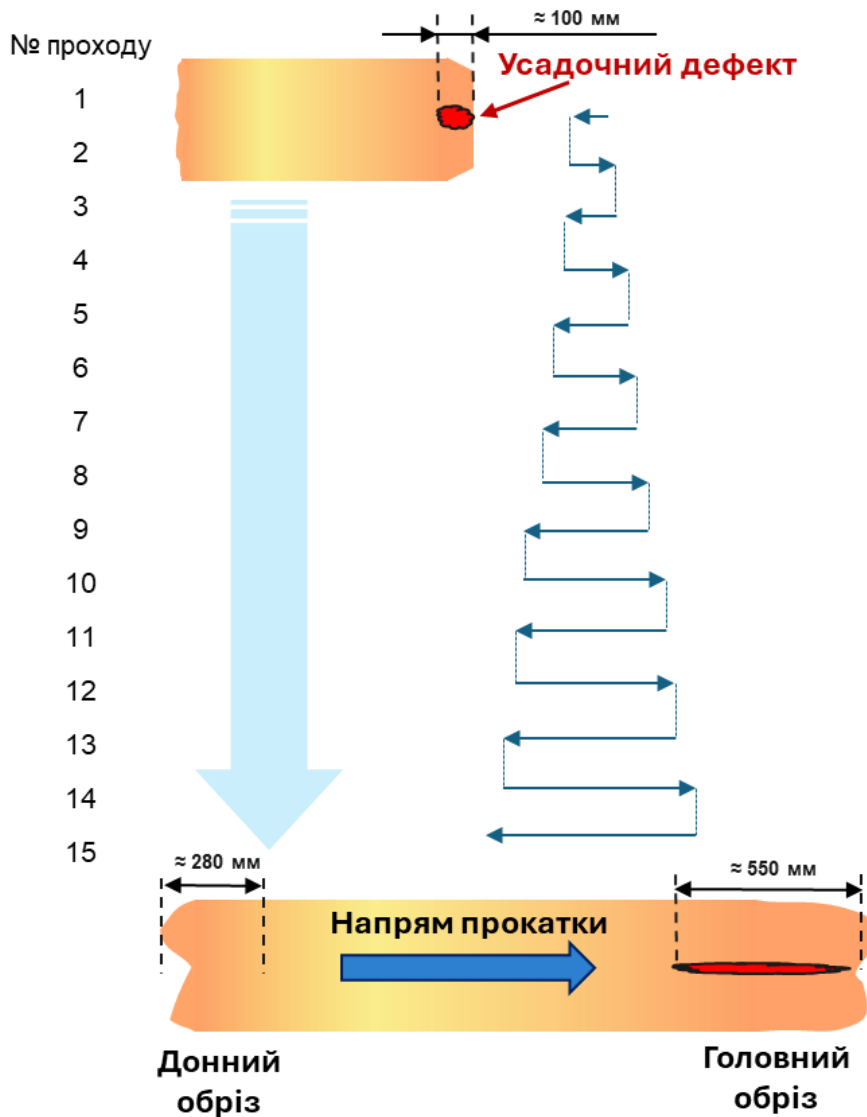


Рисунок 3.4 - Умовна схема прокатки злитків

На величину головного обрізу також впливає майстерність та досвід операторів на ножицях-2000. В умовах транзитної прокатки оператор повинен максимально швидко здійснити видалення головної та донної частини та передати годний сляб на наступний стан гарячої прокатки (БТЛС-1680) не втративши температуру сляба. Тому видаляючи головну частину оператор намагається не робити більше трьох різів. Усі переміщення сляба по рольгангу виконуються вручну

перемикачами (автоматика відсутня). Дефекти на поверхні сляба визначаються візуально. У 2024 році введена в дію система машинного зору, яка працює як підказчик і допомагає оператору визначити чистоту зрізу сляба (чи повністю видалений усадочний дефект). Система складається з відеокамери з системою охолодження, що має спеціальні світлофільтри для зйомки розпеченого металу, та системного блоку у який передається відеоряд та отримане зображення порівнюється з завантаженою базою зображень. Результат, що до наявності дефекту передається на монітор оператору. Зображення з відеокамери на рисунку 3.5.

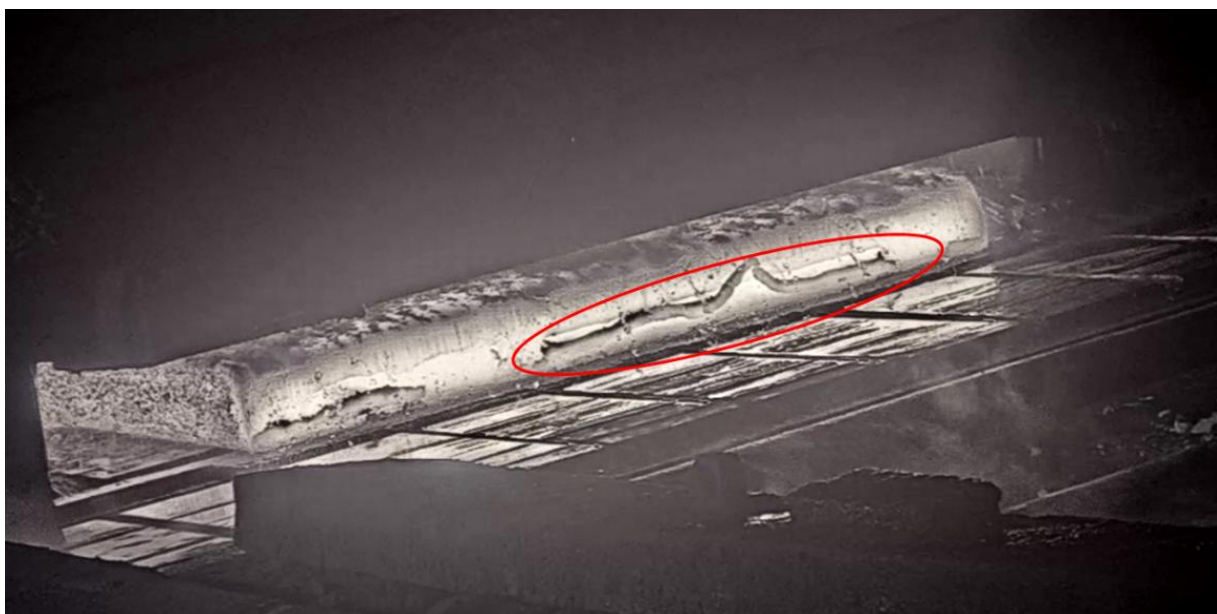


Рисунок 3.5 - Відеокадр зрізу слябу

Тобто рішення що до величини різку приймає оператор виходячи з вимог технологічної інструкції та особистого досвіду.

Таким чином головний чинник, що впливає на величину обрізу – це людський фактор, а саме дотримання технології розкислення злитків розливниками сталі та кваліфікація операторів на ножицях-2000.

Заходи що до підвищення мотивації персоналу через зміни в системі преміювання та впровадження додаткових інструментів аналізу виконання технології при розливанні сталі у виливниці

Спеціальність «Розливник сталі». З лютого 2024 року розливникам сталі встановлено показник преміювання «ВКМ по відділенню виробництва слябів». До цього в них був встановлений тільки показник «Частка перших балів розкислення» з цільовим значенням не менше за 90%, який побічно впливає на глибину залягання усадочного дефекту. Шкала оцінювання розкисленості злитків на рисунку 3.6



Рисунок 3.6 - Шкала оцінювання розкисленості злитків.

Розкислення злитків здійснюється для зменшення кількості кисню у сталі за допомогою введення під струю металу алюмінієвого дробу та навішуванням алюмінієвих прутків у виливницю. Включення кисню є шкідливими у складі сталі бо утворюють плівки та ланцюжки навколо зерен металу і призводить до червоноламкості та знижує механічні властивості прокату.

Задача розливника сталі своєчасно та правильно виконати замір температури та окисленості, розрахувати необхідну кількість алюмінієвого дробу, забезпечити рівномірне наповнення виливниць, своєчасно ввести алюмінієвий дріб під струмінь розплавленої сталі.

Таким чином вага показників, що напряму або побічно впливає на витратний коефіцієнт збільшена з 14% премії до 23% премії (перерозподіл існуючих відсотків премії). Візуалізація в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Зміни в розподілі показників преміювання розливників сталі з 1 грудня 2024р

Ключові показники ефективності	% за ціль (Було)	% за ціль (Стало)
Розливник сталі		
Частка перших балів розкислення	44	13
ВКМ по відділенню виробництва слябів		10
Усього:	14	23

Наступним кроком підвищення мотивації розливників сталі є введення побригадних показників, щоб кожен працівник отримував премію безпосередньо за свою якісно виконану роботу [29]. З грудня 2024 року по січень 2025 року велась робота по розробці звітних та аналітичних форм що до прив'язки витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів до бригад з розливання сталі. Розроблена звітна форма прив'язки ВКМ до бригад розливки представлена у таблиці №3.5

Таблиця 3.5 - Звітна форма «Аналіз ВКМ злиток-сляб по бригадам розливки»

Аналіз ВКМ злиток-сляб по бригадам розливки за період з 01.12.2024 по 31.12.2024					
Бригада розливання №	Маса злитків, т	Маса слябів, т	ВКМ факт, кг/т	ВКМ план, кг/т	Відхилення
1	64 379	57 505	1119,5	1120,4	-0,9
2	66 950	59 764	1120,2	1121,2	-1,0
3	72 020	64 419	1118,0	1122,9	-4,9
4	70 946	63 483	1117,6	1120,0	-2,4
Усього:	274 294	245 171	1118,8	1121,1	-2,4

Як видно з результатів роботи в грудні найкращий результат має бригада №3 -4,9 кг/т, бригада №4 працює на середньому рівні -2,4 кг/т, бригади №№ 1,2 працюють нижче середнього показника -0,9 кг/т та -1,0 кг/т відповідно.

Також у даній формі є можливість отримати результати по кожній плавці і визначити пріоритетні напрямки для подальшого аналізу. Приклад звіту по кожній плавці у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 -Приклад звіту «Інформація що до маси слябів по бригаді розливання №1 за 03.12.2024»

Плавка	Бригада розливання	Маса злитків, т	Маса слябів транзит, т	Маса слябів після обробки, т	Маса слябів, т	ВКМ факт	ВКМ норма
0143523	1	237,8	212,2	0	212,2	1120,8	1105,0
0624722	1	235,2	200,7	9,1	209,8	1121,2	1114,0
0614721	1	236,7	207,6	0	207,6	1140,2	1114,0
0624721	1	236,5	211,2	0	211,2	1119,8	1114,0
0143520	1	237,5	218,5	0	218,5	1087,0	1114,0
1014533	1	233,3	215,5	0	215,5	1082,8	1114,0
0143521	1	242,5	216,3	0	216,3	1121,1	1127,0
0514755	1	240,3	217,7	0	217,7	1103,7	1114,0
0143522	1	246,5	218,7	0	218,7	1127,2	1127,0
1024533	1	237,3	219,5	0	219,5	1081,1	1114,0
0614722	1	241,1	219,2	0	219,2	1100,0	1105,0
0524755	1	241,9	222,9	0	222,9	1085,4	1114,0

Кожну з плавко є можливість розібрати більш детально до кожного злитка, побачити № візка на якому розливався злиток, його положення на візку, порядок розливання піддонів з виливницями та в результаті визначити фактори що вплинули на негативний результат та розробити ефективні корегуючі заходи. Таку ж роботу є можливість проводити й по плавкам по яким отриманий хороший результат, щоб розібратися в

причинах і транслювати ці підходи в подальшому. Приклад звіту по кожному злитку з плавки у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Приклад звіту «Інформація що до маси слябів з прив'язкою до номеру плавки»

Плавка	№ рулону по плавці	№ візка	№ злитка	№ злитко-місця	Маса слябів, т	Маса злитків, т	ВКМ факт	ВКМ План
0143523	1	5	3	5/3	11,4	13,4	1178,6	1105
	2	2	4	4/4	11,9	13,2	1109,8	1105
	3	4	1	3/1	11,8	13,4	1137,6	1105
	4	4	3	3/3	12,0	13,4	1121,7	1105
	5	4	2	3/2	12,3	13,4	1086,3	1105
	6	4	4	3/4	12,0	13,4	1114,7	1105
	7	3	3	2/3	11,3	13,2	1171,8	1105
	8	2	1	4/1	11,9	13,2	1110,2	1105
	9	5	4	5/4	11,9	13,4	1123,6	1105
	10	3	1	2/1	12,0	13,2	1101,4	1105
	11	3	4	2/4	12,3	13,2	1078,7	1105
	12	3	2	2/2	11,8	13,2	1126,0	1105
	13	2	2	4/2	12,3	13,2	1075,5	1105
	14	2	3	4/3	11,8	13,2	1125,3	1105
	15	1	2	1/2	11,4	12,9	1125,5	1105
	16	1	3	1/3	11,5	12,9	1119,1	1105
	17	1	1	1/1	11,5	12,9	1116,2	1105
	18	1	4	1/4	11,0	12,9	1166,4	1105
					212,2	237,8	1120,8	1105

Таким чином завдяки розробці звітних форм з прив'язкою бригад розливки до витратного коефіцієнту металу у лінійних керівників дільниці розливання сталі з'явився аналітичний інструмент що дозволяє виявляти недоліки у підготовці та дотриманні технологічної дисципліни по кожному з розливників сталі та оперативно вживати коригуючих заходів що до підвищення кваліфікації.

Підвищення кваліфікації розливників сталі у сукупності з підвищенням мотивації персоналу через систему преміювання по КПЕ та введення побригадних показників преміювання дозволить підтягнути відстаючі бригади як мінімум до поточного середнього рівня [30]. Це дозволить знизити витратний коефіцієнт металу на виробництво слябів на -0,72 кг/т, що еквівалентно зниженню втрати металу на 172,6 тони на місяць, або 316 тис.\$ на рік. Розрахунок очікуваного ефекту приведений у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Розрахунок очікуваного ефекту від підвищення мотивації персоналу дільниці розливання сталі та розробки аналітичних форм з прив'язкою витратного коефіцієнту до бригад розливки

Параметр	Бр №1	Бр №2	Бр №3	Бр №4
ВКМ факт, кг/т	1119,5	1120,2	1118,0	1117,6
ВКМ план, кг/т	1120,4	1121,2	1122,9	1120,0
Відхилення від плану, кг/т	-0,9	-1,0	-4,9	-2,4
Середнє відхилення, кг/т	-2,4			
Потенціал поліпшення до середнього значення, кг/т	0,72			
Середньомісячне виробництво по БП 2025р, тис.т	238,4			
Потенціал зниження втрат металу, т/міс	172,5			
Планова ціна ВКМ на лютий 2025р, \$	152,6			
Потенціальний ефект, тис.\$/міс	26,3			
Потенціальний ефект, тис.\$/рік	315,8			

В лютому 2025 р. буде проведено тестування звітних форм, навчання лінійних керівників ділянки розливання сталі користування цими формами та можливо доопрацювання в разі потреби додавання додаткової інформації. Також в лютому буде проведено ознайомлення розливників сталі із запланованими змінами, а саме впровадження з

березня 2025р. показника преміювання «ВКМ по відділенню виробництва слябів, по відповідній бригаді розливання сталі»

Заходи що до зниження величини головного обрізу слябу за рахунок зміни алгоритму прийняття рішень що до розміру першого різку на марках сталі ЗПССВ та S235JR.

Оператори на ножицях-2000 стану слябінг при видаленні усадочного дефекту в головній частині розкату керуються вимогами технологічної інструкції у якій нормативна величина обрізу складає 2,5%-5,0% від довжини розкату. При повному наливі виливниці (2350мм) довжина розкату складе ≈ 12000 мм, тобто норматив обрізу знаходиться в діапазоні від 300мм до 600мм. Кожна марка сталі має свій хімічний склад та свою технологію розкислення, що обумовлює різну глибину залягання усадочного дефекту у злитку. Беручи до уваги що оператору потрібно зробити не більше трьох різів для видалення дефекту, для виключення застуджування слябу, частіше перший різ складає 400-450мм. Був проведений аналіз статистики кількості різів головної частини розкатів в залежності від марки сталі. Результати представлені в таблиці 3.8.

За результатами визначено що середня доля слябів з одним різом головної частини складає 46%, при цьому є дві марки сталі з показником більше 50% та яких було прокатано у великій кількості, що свідчить про достатність статистичної вибірки. Це сталь марки ЗПССВ з долею в загальному виробництві 7% та долею слябів на яких робився лише один різ 61%. А також сталь марки S235JR з долею в загальному виробництві 61% та долею слябів на яких робився лише один різ 54%.

Таблиця 3.9 - Аналіз статистики кількості різів головної частини розкатів в залежності від марки сталі

Марка сталі	Кількість слябів, шт	Доля слябів, %	Кількість слябів на яких робився лише 1 різ, шт	Доля слябів на яких робився лише 1 різ, %
08КП	1246	7%	384	31%
08ПС	554	3%	123	22%
09Г2С	15	0%	1	7%
10КП	2	0%	1	50%
10ПС	5	0%	2	40%
1КПСВ	12	0%	5	42%
1ПССВ	185	1%	52	28%
20ПС	10	0%	8	80%
2ПССВ	233	1%	77	33%
3ПССВ	1225	7%	742	61%
DC01	1705	10%	510	30%
DD11	220	1%	105	48%
DX51D	752	4%	200	27%
S215G	86	0%	13	15%
S235JR	10570	61%	5679	54%
S275JR	49	0%		0%
S355J2	334	2%	1	0%
S355JR	2	0%		0%
3С-8	4	0%		0%
СТ1ПС	67	0%	10	15%
СТ2ПС	35	0%	8	23%
СТ3ПС	26	0%	1	4%
Загалом	17337	100%	7922	46%

Розглянемо детальніше статистичні данні по кількості різів і розміру головного обрізу по маркам сталі 3ПССВ та S235JR. Статистика представлена в таблиці 3.10 по марці 3ПССВ та у таблиці 3.11 по марці S235JR.

Таблиця 3.10 - Кількість різів і розмір головного обрізу на сталі ЗПССВ

Діапазон	Кількість слябів, шт	%	Середній розмір обрізу, мм
300-325 мм	157	21%	300
326-375 мм	239	32%	349
376-425 мм	93	13%	396
426-500 мм	209	28%	484
501 мм та більше	44	6%	545
	742	100%	

Таблиця 3.11 - Кількість різів і розмір головного обрізу на сталі S235JR

Діапазон	Кількість слябів, шт	%	Середній розмір обрізу, мм
300-325 мм	756	13%	300
326-375 мм	968	16%	350
376-425 мм	687	12%	401
426-500 мм	3216	54%	445
501 мм та більше	302	5%	667
	5929	100%	

Враховуючи що оцінка величини різів визначається оператором візуально та заноситься в систему обліку вручну розмір обрізу було згруповано за діапазонами з кроком 50мм. Як видно зі статистичних значень по сталі ЗПССВ на 73% слябів на яких робився лише один різ величина різів складала 349-484 мм. По сталі S235JR на 82% слябів на яких робився лише один різ величина різів складала 350-445 мм. Беручи до уваги що візуально не можливо оцінити глибину залягання усадочного дефекту оператор робив перший різ з розрахунку того, що йому доведеться робити ще 1-2 додаткових різів по 100-150мм, адже статистично середня загальна величина обрізу головної частини на всьому сортаменті складає 600-700мм. Статистика по всім маркам сталі представлена в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12- Середня величина головного обрізу по маркам сталі

Марка сталі	Кількість слябів, шт	Величина головного обрізу , мм
08КП	1246	677
08ПС	554	711
09Г2С	15	1187
10КП	2	600
10ПС	5	640
1КПСВ	12	525
1ПССВ	185	671
20ПС	10	385
2ПССВ	233	746
3ПССВ	1225	542
DC01	1705	681
DD11	220	623
DX51D	752	705
S215G	86	2160
S235JR	10570	589
S275JR	49	1661
S355J2	336	1461
3С-8	4	850
СТ1ПС	67	822
СТ2ПС	35	713
СТ3ПС	26	1254
Загалом	17337	643

Таким чином існує потенціал зниження витратного коефіцієнту металу за рахунок зменшення розміру головного обрізу на слябах марки 3ПССВ та S235JR шляхом зміни алгоритму прийняття рішень оператором що до величини першого різ. Пропонується на марках сталі 3ПССВ та S235JR робити обов'язковий мінімальний перший різ 300 мм, при умові відсутності на слябі інших дефектів (плена, пояс) які потребують видалення. Очікуване зниження витратного коефіцієнту металу складе 0,61 кг/т, що еквівалентно зниженню втрати металу на 145,8 тони на місяць, або 267 тис.\$ на рік. Розрахунок очікуваного

ефекту на сталі ЗПССВ приведений у таблиці 3.13., на сталі S235JR у таблиці 3.14.

Таблиця 3.13- Розрахунок очікуваного ефекту на сталі ЗПССВ

Діапазон	300-325 мм	326-375 мм	376-425 мм	426-500 мм	501 мм та більше	Усього
Кількість слябів, шт	157	239	93	209	44	742
Кількість слябів, %	21%	32%	13%	28%	6%	100%
Середній розмір обрізу, мм	300	349	396	484	545	
Відхилення від min, мм	0	49	96	184	245	
Потенціал до min, %	0	50%	30%	10%	0%	
Потенціал до min, шт		120	28	21	0	
Потенціал, кг/слябі (шир. 1200мм, товщ. 150мм, ρ 7,8 гр/см3)		68,1	134,4	258,3		
Потенціал зниження втрат металу, т/міс		8,1	3,7	5,4		17,3
Потенціал поліпшення до середнього значення, кг/т	0,07					
Середньомісячне виробництво по БП 2025р, тис.т	238,4					
Планова ціна ВКМ на лютий 2025р, \$	152,6					
Потенціальний ефект, тис.\$/міс	2,6					
Потенціальний ефект, тис.\$/рік	31,7					

Таблиця 3.14 - Розрахунок очікуваного ефекту на сталі S235JR

Діапазон	300-325 мм	326-375 мм	376-425 мм	426-500 мм	501 мм и более	Усього
Кількість слябів, шт	756	968	687	3216	302	5929
Кількість слябів, %	13%	16%	12%	54%	5%	100%
Середній розмір обрізу, мм	300	350	401	445	667	
Відхилення від min, мм	0	50	101	145	367	
Потенціал до min, %	0	50%	30%	10%	0%	
Потенціал до min, шт		484	206	322	0	
Потенціал, кг/слябі (шир. 1200мм, товщ. 150мм, ρ 7,8 гр/см ³)		70,0	142,3	203,1		
Потенціал зниження втрат металу, т/міс		33,9	29,3	65,3		128,5
Потенціал поліпшення до середнього значення, кг/т	0,54					
Середньомісячне виробництво по БП 2025р, тис.т	238,4					
Планова ціна ВКМ на лютий 2025р, \$	152,6					
Потенціальний ефект, тис.\$/міс	19,6					
Потенціальний ефект, тис.\$/рік	235,3					

Для підтвердження ефективності запропонованого заходу, що до зміни алгоритму прийняття рішення по оптимальній величині першого різку при прокаті марок сталі ЗПССВ та S235JR у лютому планується проведення дослідницько-промислових випробувань на сталі ЗПССВ. Під час випробувань буде відстежуватись величина обрізу, кількість різів, випадки засудження слябів, випадки розшару на зовнішніх витках гарячекатаного рулону.

Висновки до розділу 3

Системна робота з аналізу ефективності мотиваційною складовою дозволяє зміщувати фокус уваги на більш пріоритетні напрямки, що в поєднанні з індивідуальними підходами до навчання працівників підвищує рівень технологічної дисципліни. А це в свою чергу забезпечує виконання виробничої програми та підвищує якість продукції [31].

Розвиток аналітичних форм дозволяє розширити можливості аналізу статистичних даних, підвищує оперативність виявлення відхилень, забезпечує ідентифікацію продукції на наступних етапах виробництва.

Підбір оптимальних алгоритмів прийняття оперативних рішень технологічним персоналом в залежності від сортаменту дозволяє знизити вплив «людського фактору» на технологічний процес та стабілізувати отримуваний результат з операційної ефективності.

Таким чином завдяки розробленим заходам з підвищення мотивації персоналу через зміни в системі преміювання та впровадження додаткових інструментів аналізу виконання технології при розливанні сталі у виливниці, та заходам що до зниження величини головного обрізу слябу за рахунок зміни алгоритму прийняття рішень що до розміру першого різку на марках сталі ЗПССВ та S235JR, очікуване зниження витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів складе -1,33 кг/т, що еквівалентно зниженню втрати металу на 318 тони на місяць, або 583 тис.\$ на рік.

ВИСНОВКИ

Операційна ефективність – це здатність підприємства досягати поставлених цілей завдяки оптимальному використанню ресурсів. Це комплексне поняття, яке охоплює всі аспекти діяльності організації. Її досягнення вимагає системного підходу та постійного вдосконалення всіх бізнес-процесів.

Запорукою успішності підприємства є безперервність процесів впровадження та розвитку інструментів підвищення операційної ефективності, та залучення до цього працівників всіх рівнів, від керівництва підприємства до рядових співробітників.

Існує безліч методів та інструментів, які можуть бути використані для впровадження та розвитку системи операційних поліпшень. Одні з найрозповсюджених це: Lean виробництво (методика, яка спрямована на мінімізацію відходів/втрат та максимізацію вартості для клієнта, Six Sigma (методологія, яка використовує статистичні методи для виявлення та усунення дефектів/недоліків у процесах, загальне управління якістю (TQM) (філософія управління якістю продукції чи послуг, яка ставить за мету постійне вдосконалення всіх аспектів діяльності компанії) та інші.

Успішна політика підприємства у процесі підвищення операційної ефективності реалізується через наступні управлінські блоки:

1) Оцінка потенціалу та постановка цілей з операційної ефективності по всіх бізнес процесам, розробка заходів що до їх досягнення;

2) Аналіз, оптимізація та контроль усіх бізнес процесів з метою підвищення ефективності кожного окремого процесу та їх взаємодії для досягнення синергетичного ефекту;

3) Каскадування та декомпозиція цілей підприємства до рівня структурних підрозділів та дільниць з виділенням основних драйверів операційної ефективності з урахуванням їх спеціалізації;

4) Системний контроль виконання основних драйверів та індикаторів ефективності для оперативного прийняття управлінських рішень, розробки та впровадження корегуючих заходів;

5) Система мотивації персоналу через карти ефективності, виробничу та командну премію та через індивідуальну систему преміювання по ключовим показникам ефективності (КПЕ);

Важливою складовою в процесі вибору напрямів підвищення операційної діяльності підприємства є виділення основних драйверів бізнес-ефективності підприємства з урахуванням спеціалізації кожного підрозділу підприємства та вибудовування мотиваційного блоку.

В ході виконання роботи було проведено аналіз операційної ефективності ПАТ «Запоріжсталь», а саме основних структурних підрозділів, в яких формується основна частина собівартості металопродукції.

Були визначені ключові драйвери операційних поліпшень основних структурних підрозділів ПАТ «Запоріжсталь» та факторів що на них впливають, біла проаналізована динаміка змін показників по кожному драйверу з довоєнного 2021 року по 2024 рік. За результатами аналізу найбільш проблемним показником операційної ефективності у 2024 році став втратний коефіцієнт металу на виробництво слябів. Перевитрата у +5,9 кг/т призвела до прямих втрат у розмірі 1,8 млн.\$.

Саме на зниження витратного коефіцієнту металу було направлено фокус при розробці заходів в рамках виконання кваліфікаційної роботи.

Було визначено, що основною складовою втрат металу є обріз головної частини злитка. Величина обрізу залежить від дотримання технології розкислення злитків при розливанні сталі у виливниці, та від

досвіду роботи операторів на ножицях, які в потоку здійснюють обріз дефектних дільниць сляба.

Були розроблені та впроваджуються заходи що до підвищення мотивації персоналу через зміни в системі преміювання та впровадження додаткових інструментів аналізу виконання технології при розливанні сталі у виливниці, а також заходи що до зниження величини головного обрізу слябу за рахунок зміни алгоритму прийняття рішень що до розміру першого різку на марках сталі ЗПСВ та S235JR. Очікуване зниження витратного коефіцієнту металу при виробництві слябів складе - 1,33 кг/т, що еквівалентно зниженню втрати металу на 318 тони на місяць, або 583 тис.\$ на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Українські метпідприємства у 2024 році можуть збільшити виплавку сталі до 7,3 млн т: GMK center: веб сайт. URL: <https://gmk.center/ua/news/ukrainski-metpidpriemstva-u-2024-roci-mozhut-zbilshiti-viplavku-stali-do-7-3-mln-t/>
2. Довідник аналітика: Фінансовий рік 2021: metinvestholding: офіційний сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/investor/reportresults>
3. Смолінська Н., Равок С. Аналіз стану металургійної галузі України в умовах війни. *Вісник ХДУ. Серія: Економічні науки*. 2023. № 2. С. 235-237.
4. Портер М. Конкурентна стратегія. Техніки аналізу галузей і конкурентів. Київ: Наш Формат, 2020. С 30-33.
5. Вумек Д., Джонс Д., Рус Д. Машина, що змінила світ. Київ: Рабулум, 2017. 98-101 с.
6. Котлер Ф., Основи маркетингу. Київ: Діалектика, 2023. 46-47 с.
7. George Eckes. Six Sigma for Everyone. Wiley. Bognor Regis: John Wiley & Sons LTD, 2003. 55-73 p.
8. Michael L. George, John Maxey, David T. Rowlands. The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide of Lean and Six Sigma Tools. New York City: McGraw-Hill, 2004. 103-108 p.
9. Sunil Luthra, Dixit Garg, Ashish Agarwal, Sachin K. Mangla. Total Quality Management (TQM): Principles, Methods, and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2020. 19-33 p.
10. Ситник Г.В. Система управління ефективністю операційної діяльності підприємства. *Проблеми економіки*. 2018. №1. С. 223-230.
11. Структура виробництва: Запоріжсталь: офіційний сайт URL: <https://zaporizhstal.com/uk-ua/about/>

12. ТІ 226-Д-ОА-01-2020 Приймання, складування та усереднення матеріалів на рудному дворі, забір їх у бункери агломераційного та доменного цехів, ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2020, С 10-16
13. ТІ 226-ОА-02-2019 Виробництво офлюсованого агломерату, ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2019, С 12-20
14. Бережний М.М., Мовчан В.П. Збагачення та окускування сировини. Кривий Ріг: КНУ, 2000. 367 с.
15. ТІ 226-Д-06-2020 Ведення доменної печі ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2020, С 14-25
16. Крячко Г.Ю., Сігарьов Є.М., Мастеровенко О.Л. Теорія та технологія доменного процесу: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 100-106 с.
17. Сігарьов Є. М. Технології ресурсозбереження в металургії : конспект лекцій (опорний) (част. 1) освітньо-професійної програми підготовки магістрів за напрямом 136 Металургія. Кам'янське : ДДТУ. 2018. 80 с.
18. ТІ 226-СТ.М-01-2014 Виплавка сталі в мартенівських печах ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2014, С 10-15
19. ТІ 226-СТ.М-02-2006 Виплавка сталі у двованній печі ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2014, С 11-16
20. Харченко О.В. Теорія і технологія виробництва сталі: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2024. 89-119 с.
21. ТІ 226-П.ОЗ-ГЛ-01-2023 Виробництво слябів на стані слябінг 1150 та гарячекатаних смуг на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки «1680» ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2023, С 24-32
22. ТІ 226-П.ОЗ-ГЛ-02-2022 Нагрів злитків у нагрівальних колодязях та слябів у методичних печах ЦГП вуглецевих, низьколегованих та високовуглецевих марок сталі ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2022, С 17-23

23. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник. Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 170с.

24. Лобов С., Нусінов В. Оцінювання ефективності операційної діяльності підприємств для різних суб'єктів оцінювання. *Збірник наукових праць ЧДТУ*. 2019. № 38. С. 12-17.

25. Кваско А. В., Шендерівська Л. П. Ефективність операційної діяльності підприємства та її оцінювання. *Вісник ХДУ. Серія: Економічні науки*. № 46. 2022. С. 16-22.

26. Класифікатор дефектів злитка ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2018, С 18

27. Класифікатор дефектів на слябах ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2021, С 12

28. ТІ 226-СТ.М-06-2016 Підготовка до розливання, розливання сталі ПАТ «Запоріжсталь», Запоріжжя, 2016, С 11-17

29. Білик О. М., Полошко А. В. Формування ефективної корпоративної системи мотивації праці на підприємстві. *Інфраструктура ринку*. 2018. Вип. 17. С. 111–118

30. Лобза А. В., Щербіна К. В. Розробка системи оцінки персоналу підприємства: реалізація підходу КРІ. *Молодий вчений*. 2018, № 12 С. 291–295.

31. Цалко Т. Р., Невмержицька С. М. Система ключових показників ефективності як запорука ефективного управління бізнес-процесами в компанії. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. Вип. 6 (74). Ч. 2. С. 160–167.

32. Процедура розрахунку економічного ефекту операційної діяльності підприємства, Маріуполь, 2020, С. 6-12.

33. Дописувачі Вікіпедії, ПАТ «Запоріжсталь»: Українська Вікіпедія : веб сайт:
[URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B6%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B6%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C)

34. YouControl — сервіс перевірки контрагентів: веб сайт: URL:
https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/00191230/