

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

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Павло САГАЙДА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра
за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ ПОРІЗУ СЛЯБІВ З
МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ РОЗХІДНОГО КОЕФІЦІЄНТУ МЕТАЛУ ПРИ
ВИРОБНИЦТВІ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ»

Керівник роботи

Олександр ШМАТКО

Консультант від
бази практики

Ковальський
Евгеній

подпись: Ковальский
Подписано цифровой
Евгений Владимирович
Дата: 2024.01.21 13:30:33
+02'00'

Владимирович

Євген КОВАЛЬСЬКИЙ

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

Здобувач

Іван ФЕЩЕНКО

Підсумкова оцінка за атестацію

Голова ЕК

Олена ПАВЛЕНКО

КРИВИЙ РІГ 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>122 Комп'ютерні науки</u>
ОПП	<u>Комп'ютерні науки та цифровий інтелект</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Павло
Сагайда

«__» ____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Фещенкові Івану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи Дослідження та розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів з метою зниження розхідного коефіцієнту металу при виробництві товстолистового прокату»
керівник роботи Шматко Олександр Віталійович, доцент, канд. техн. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 29.08.2023 р. №137.1/29.08.2023
- Термін подання роботи 08.01.2024 р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи та літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПАТ «Запоріжсталь» м. Запоріжжя, результати власних експериментів та досліджень, тощо
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Дослідження теоретичних аспектів виробництва слябів на стані «Слябіне-1150» та гарячекатаних смуг на стані гарячої прокатки «НТЛС-1680». 2. Розробка математичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистового прокату. 3. Опис моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистового прокату. 4. Результати застосування алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистової сталі. 5. Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Актуальність, мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження. Функціональна модель поточного процесу фабрикації слябів у нотації IDEF0, Функціональна модель «ЯК ПОВИННО БУТИ» процесу

фабрикації слябів. Контекстна діаграма алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів, Діаграма потоків даних алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів, Результати розробки та експериментальних досліджень; результати економічних розрахунків; висновки до роботи; публікація результатів дослідження, розрахунків.

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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Шматко О.В, доц. каф. ЦТПАР
2	Шматко О.В, доц. каф. ЦТПАР
3	Шматко О.В, доц. каф. ЦТПАР
4	Шматко О.В, доц. каф. ЦТПАР
5	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Дослідження теоретичних аспектів виробництва слябів на стані «Слябінг-1150» та гарячекатаних смуг на стані гарячої прокатки «НТЛС-1680»	25.12.2023 - 30.12.2023
2	Розділ 2. Розробка математичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату	25.12.2023 - 30.12.2023
3	Розділ 3. Опис моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату.	25.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Результати застосування алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистої сталі	03.01.2024 07.01.2024
5	Розділ 5. Економічні розрахунки	03.01.2024 - 07.01.2024
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	10.01.204 – 16.01.2024
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	17.01.2024 – 19.01.2024
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	19.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

(Іван ФЕЩЕНКО)

Керівник роботи

(Олександр ШМАТКО)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 127 с., 27 рис., 18 таблиць, 5 додатків, 20 літературних джерел».

Мета роботи - зниження розхідного коефіцієнту металу при виробництві товстолистого прокату на прокатному стані «БТЛС-1680» за допомогою алгоритмічного програмного забезпечення.

Об'єкт дослідження: інформаційне забезпечення процесу виготовлення металу обтискному стані «1150» та на прокатному стані «БТЛС-1680».

Предмет дослідження: методи та засоби проектування та розробки програмного забезпечення для управління процесом «Фабрикація товстолистого металу на обтискному стані «1150» та на прокатному стані «БТЛС-1680».

Методи проведення дослідження: застосовано методи обробки та систематизації даних, аналізу, синтезу, методи математичного моделювання, спостереження.

Наукова новизна роботи. Вперше для тонколистового прокатного стану «БТЛС-1680» розроблено програмне забезпечення для фабрикації порізу слябів для виробництва товстолистого прокату.

Ключові слова: фабрикація, прокатний стан, сляб, алгоритм, обрізь.

SUMMARY

Thesis: 127 pages, 27 figures, 18 tables, 5 appendices, 20 literary sources.

The purpose of the work is to reduce the consumption rate of metal in the production of thick rolled products on the rolling mill "BTLS-1680" with the help of algorithmic software.

The object of the research: information support of the metal production process on the crimping mill "1150" and on the rolling mill "BTLS-1680".

Research subject: methods and means of designing and developing software for managing the process "Fabrication of thick sheet metal on the crimping mill "1150" and on the rolling mill "BTLS-1680".

Research methods: methods of data processing and systematization, analysis, synthesis, mathematical modeling, and observation methods are used.

Scientific novelty of the work. For the first time, software for cutting slabs for the production of thick rolled products was developed for the thin-sheet rolling mill "BTLS-1680".

Key words: fabrication, rolling mill, slab, algorithm, trim.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1. Дослідження теоретичних аспектів виробництва слябів на стані «Слябінг-1150» та гарячекатаних смуг на стані гарячої прокатки «НТЛС-1680».....	15
1.1 Індустрія 4.0 у сучасному виробництві.....	15
1.2 Аналіз процесу виробництва передільних, товарних слябів та слябів для товстолистого прокату зі зливків вуглецевих, низьколегованих та високовуглецевих марок сталі на стані «Слябінг-1150».....	19
1.3 Аналіз процесу прокатки смуг на безперервному тонколистовому прокатному стані «1680».....	32
1.4 Висновки за розділом 1.....	38
Розділ 2. Розробка математичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату.....	40
2.1 Обґрунтування вибору методів теоретичних та експериментальних досліджень в рамках розробки алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату.....	40
2.2 Розробка формул для розрахунку рекомендованої фабрикації слябу на основі технологічних особливостей прокатного обладнання та геометричних параметрів продукції і заготовки.....	51
2.3 Розробка методики дослідження результатів розрахунків алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату.....	57

Висновки за розділом 2.....	62
Розділ 3. Опис моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистового прокату	63
3.1 Розробка логічної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистового прокату.....	63
3.2 Розробка фізичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	67
3.3 Види забезпечення функціонування алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу	70
3.4 Елементи інтерфейсу алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	73
Висновки за розділом 3	77
Розділ 4. Результати застосування алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистової сталі.....	80
4.1 Опис перебігу та результати розрахунків алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистової сталі на даних фактичного виробництва.....	80
4.2 Рекомендації щодо застосування алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистової сталі	84
Висновки за розділом 5	89

Розділ 5. Розрахунок потенційного економічного ефекту від впровадження алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів для виробництва товстолистової сталі	87
Висновки за розділом 5.....	94
Перелік посилань.....	96
Додатки:	
Додаток А. Відомість роботи.....	98
Додаток Б. Технічне завдання на розробку алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів	99
Додаток В. Коротка технічна характеристика обладнання стану «Слябінг-1150	113
Додаток Г. Стаття «Особливості алгоритму розрахунку програмної системи для фабрикації слябів»	117
Додаток Д. Стаття «Застосування програмної системи для фабрикації слябів у прокатному виробництві».....	123

ВСТУП

Актуальність теми. У сьогоднішніх умовах складної політичної та економічної ситуації, попиту на товстий гарячекатаний лист виникла необхідність виготовлення товстолистого прокату, через втрату виробничих потужностей на інших активах, на обладнанні ПАТ «Запоріжсталь», а саме прокатному стані «БТЛС-1680» цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГП). Даний прокатний стан є тонколистовим та призначається для виготовлення саме тонколистового металу, що надає унікальності даній ситуації, адже подібних випадків у вітчизняній та світовій практиці не зафіксовано.

У період з травня 2023 року по кінець листопада 2023 року було виготовлено близько 1930 тон металу, що склало близько 4% від загального об'єму металу, виготовленого у ЦГП за досліджуваний період (440 540т).

Конструктивні особливості прокатного стану «БТЛС-1680», а саме довжина його розкатного поля (45 метрів), не дозволяє розміщувати на ньому розкат металу для порізки під мірні листи для замовлення. Довжина листів при прокаті та видовженні є занадто довгою, адже прокат здійснюється на товщини 10мм, 12мм, 14мм, 16мм, 18мм, 20мм та 25мм. Отже, доводиться різати заготовку ще до її розкату на «Ножицях-2000» обжимного цеху для отримання декількох розкатів металу. Для замовлень товщиною 10-12мм ділення розкату відбувається повторно, вже на прокатному стані, адже при таких товщинах довжина є занадто великою.

На даний момент ділення заготовки (слябу) або ж його фабрикація, відбувається за принципом «50:50». Тобто, немає чітко розробленої фабрикації для слябів при прокаті товстолистої сталі. В рамках ПАТ «Запоріжсталь» діє мартенівське виробництво, яке виготовляє зливки, з

яких, відповідно, при обтисканні та відрізанні дефектів, прибирають зайвий метал. Отже, довжина кожного слябу є індивідуальною, зважаючи на те, що кожен сляб має різну кількість дефектів, які дуже важко регулювати в умовах мартенівського виробництва.

Отже, при відсутності чіткої фабрикації, діленні слябів «50:50» довжина розкату металу кожен раз відрізняється. У результаті розкат металу потрібно ділити на листи згідно замовлення, наприклад, на 6 метрів, 12 метрів, 3,5 метрів, тощо. Але довжина розкату при цьому має бути обмежена довжиною розкатного поля і буде визначена тим як раніше поділили заготовку, тобто сляб. За відсутності чіткої фабрикації та обмежень розкатного поля, при діленні розкату на мірні листи залишається значна кількість обрізі та немірних листів. Обрізь довжиною до 2,5 метрів йде на брухт. Немірні листи від 2,5 метрів до 5 метрів можуть бути реалізовані замовнику, за умови що він погодиться їх купити, але за зниженою на 15% ціною. Станом на жовтень 2023 року розхідний коефіцієнт металу (РКМ) при виробництві товстолистого прокату у ЦГП становив 1078кг/т.

За 57 днів досліджуваного періоду у вересні-листопаді 2023 року на 85% плавок було утворено 83 немірних листи. Отже, актуальності набуває проблема зменшення кількості обрізі, тобто розхідного коефіцієнту металу (РКМ) при виробництві товстолистого прокату. Зменшення РКМ та кількості немірних листів є економічно ефективним заходом для підприємства, адже дозволяє перевести певну кількість металу до товарної категорії з категорії обрізі або продати його на 15% дорожче.

Враховуючи значну кількість варіантів замовлень (за товщиною та шириною), а також індивідуальну довжину кожного слябу, наявні методи не дозволяють вирішити дану задачу, адже неможливо підібрати фабрикацію під кожен окремо взятий сляб, маючи наявні інструменти вимірювання у

вигляді аналогових лінійок таким чином, щоб при цьому розуміти яка довжина розкату при цьому потрібна, щоб отримати мінімальну обрізь при його діленні на мірні листи і зробити це за обмежений час, тобто майже миттєво, адже виробництво є безперервним і метал має властивість втрачати температуру нагріву, що робить неможливим затримки для проведення розрахунків на кілька хвилин.

Зв'язок роботи з науково-технічними програмами, планами, темами. Дана робота відповідає цілям «Виробничої програми цеху гарячого прокату ПАТ «Запоріжсталь» на 2024 рік» [1], «Політиці ПАТ «Запоріжсталь» в області охорони праці, екології та енергоефективності» [2], та «Інтегрованій системі менеджменту якості, охорони праці, екології та енергоефективності ПАТ «Запоріжсталь» [3], Технологічного регламенту №19-22 «Виробництво гарячекатаного товстолистого прокату» [4].

Мета дослідження: зниження розхідного коефіцієнту металу при виробництві товстолистого прокату на прокатному стані «БТЛС-1680» за допомогою алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів на «Ножицях-2000» обтискної ділянки цеху гарячого прокату ПАТ «Запоріжсталь» в залежності від геометричних параметрів слябу, параметрів замовлення та технологічних особливостей прокату металу на «БТЛС-1680».

Об'єкт дослідження. Теоретичні та практичні аспекти процесу виготовлення металу на обтискному стані «1150» та прокатному стані «БТЛС-1680».

Предмет дослідження: методи та інструменти розробки програмного забезпечення для фабрикації товстолистого металу товщиною 10-25мм та шириною 1210мм, 1250мм та 1270мм на прокатному стані «БТЛС-1680».

Досягнення поставленої у роботі мети обумовило необхідність вирішення наступних задач:

- вивчення циклу виробництва товстолистого прокату, зокрема процесів обробки і прокату металу; методів та технік фабрикації порізу слябів, що використовуються на підприємстві ПАТ «Запоріжсталь»;
- вивчення вимог та стандартів якості виробництва прокату на ПАТ «Запоріжсталь»;
- проведення аналізу інструментів, які на даний час використовуються для управління процесом фабрикації порізу слябів, оцінка їх ефективності, можливостей та обмеження;
- дослідження сучасних методів і засобів виявлення та аналізу дефектів програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- розробка методу аналізу впливу дефектів програмного забезпечення на якість та надійність програмного забезпечення для комп'ютерних систем;
- розробка математичного алгоритму для аналізу ефективності фабрикації слябів;
- розробка архітектури алгоритмічного програмного забезпечення та аналіз впливу дефектів програмного забезпечення на якість та надійність програмного забезпечення для комп'ютерних систем;
- аналіз фінансових аспектів впровадження нових технологій та розробок в процес фабрикації слябів на ПАТ «Запоріжсталь».
- здійснення тестування розробленого програмного забезпечення.

Методи дослідження. У даній роботі застосовано методи обробки та систематизації даних, аналізу, синтезу, методи математичного моделювання, спостереження. В рамках дослідження практичного досвіду виробництва товстолистого металу на прокатному стані «БТЛС-1680» застосовано методи аналізу та синтезу. При систематизації даних для

проведення розрахунків економічної ефективності впровадження результатів даного дослідження використано методи систематизації даних, математичного моделювання.

Наукова новизна роботи. Вперше для тонколистового прокатного стану «БТЛС-1680» розроблено програмне забезпечення для фабрикації порізу слябів для виробництва товстолистого прокату з урахуванням технології виробництва, геометричних параметрів заготовки (слябу) та геометричних параметрів замовлення, які можуть значно коливатись.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи у вигляді розробленого програмного забезпечення можуть бути використані для інтеграції з існуючими системами: системою безконтактного вимірювання (СБВ) та системою «Сталь-прокат» та зниження РКМ при виробництві товстолистого прокату.

Особистий внесок магістранта. Розроблено програмне забезпечення для фабрикації порізу слябів для виробництва товстолистого прокату з урахуванням технології виробництва, геометричних параметрів заготовки (слябу) та геометричних параметрів замовлення, які можуть значно коливатись. Розроблено математичний алгоритм для розрахунку видовження металу при прокаті металу на «БТЛС-1680» з урахуванням технологічних особливостей прокату, обмеження розкатного поля та фабрикації порізу слябу.

Спільно з технічним управлінням ПАТ «Запоріжсталь» розроблено план робіт для проведення експериментальної фабрикації слябів. Спільно з відділом аналізу основних цехів фінансової дирекції ПАТ «Запоріжсталь» проведено аналіз економічної ефективності застосування розробленого програмного забезпечення.

Апробація отриманих результатів. Результати роботи було представлено в рамках Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції

«Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку» в університеті Григорія Сковороди у м. Переяславі, а також в рамках восьмої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод» Донбаської державної машинобудівної академії.

Публікації. Фещенко І.О. «Особливості алгоритму розрахунку програмної системи для фабрикації слябів», с. 65-67. - Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. Праць. Переяслав, 2023. Вип. 89. 107с. Шматко О.В., Фещенко І.О., «Застосування програмної системи для фабрикації слябів у прокатному виробництві», с. 138-141. Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та С 91 електропривод: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 20-22 квітня 2023 р. / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. – Краматорськ : ДДМА, 2023. – 282 с.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ВИРОБНИЦТВА
СЛЯБІВ НА СТАНІ «СЛЯБІНГ-1150» ТА ГАРЯЧЕКАТАНИХ СМУГ НА
СТАНІ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ «НТЛС-1680»

2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АЛГОРИТМІЧНОГО
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

3 ОПИС МОДЕЛІ АЛГОРИТМІЧНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

3.1 Розробка засобів моделювання алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для виготовлення товстолистого прокату

Головним користувачем даного ПЗ є оператор, який враховує рекомендації ПЗ у своїй роботі при розрізанні слябу на дві частини.

Система має рекомендаційний характер і може проводити розрахунки за умови повноти вхідних даних, а саме геометричних параметрів замовлення та фактичної довжини слябу.

Якщо для розрахунку за допомогою математичної моделі недостатньо даних, то ПЗ буде видавати повідомлення про недостатність даних оператору. У випадку недостатності даних ПЗ подає запит до систем «Сталь-прокат» чи «Системи безконтактного вимірювання».

Розглянемо більш детально алгоритм розрахунку, за яким працює дане ПЗ. У програму вносяться: геометричні параметри слябу та замовлення; товщина смуги металу на кінцевих ножицях.

Далі програма показує рекомендації з фабрикації слябу, довжину смуги з кожного окремого слябу при прокаті, мінус технологічна обрізь; кількість мірних листів з кожної смуги; розмір остачі при діленні цих смуг на мірні листи відповідно до обраної довжини замовлення.

Розрахунок за допомогою ПЗ не проводиться, доки не будуть надані повні дані. Далі сляб може бути розрізаний без застосування ПЗ у випадку ненадходження даних через 7 с.

Функціональна модель.

Ми проаналізували поточний процес фабрикації слябів та проілюстрували його за допомогою діаграми на рисунку 3.1.

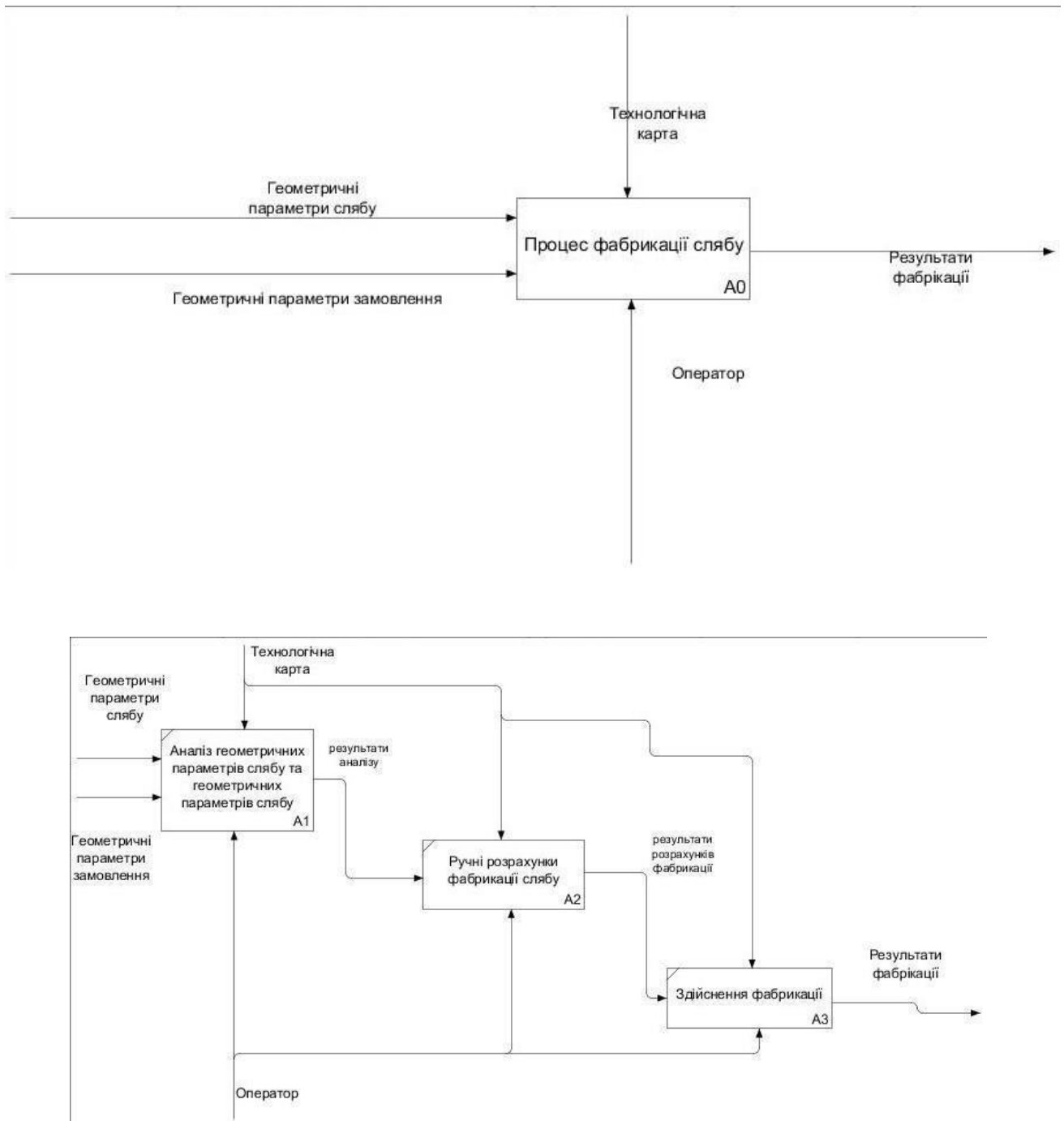
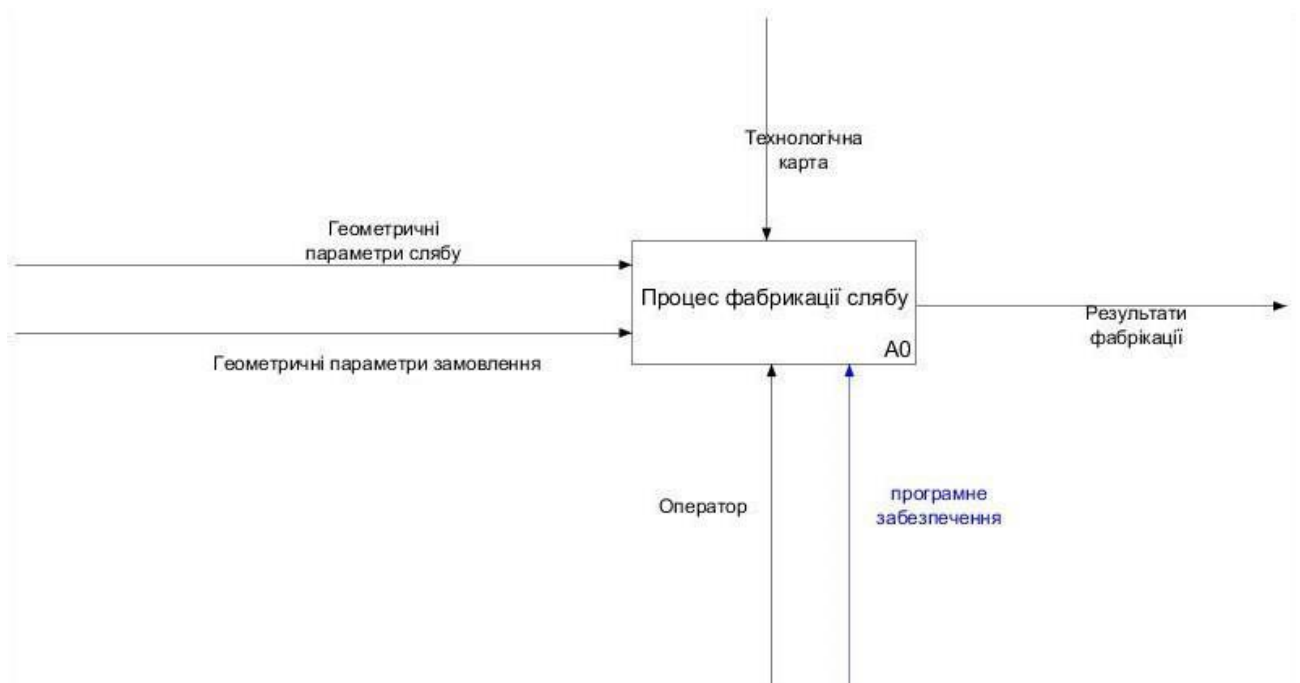


Рисунок 3.1 - Діаграма IDF0 поточного процесу фабрикації слябів

В рамках дослідження ми дійшли висновку що за рахунок значної кількості варіантів довжини слябів, яка залежить, у свою чергу, від кількості дефектів, які є індивідуальними для кожного окремого слябу, а також враховуючи значний розмір сортаменту товстолистого металу, який виготовляється на прокатному стані, необхідно застосувати алгоритмічне програмне забезпечення для ефективної та оперативної фабрикації. Крім того, на проведення фабрикації є обмежена кількість часу, враховуючи безперервний характер виробництва, тож на розрахунок є занадто мало часу, тому алгоритмічна модель програмного забезпечення може більш ефективно вирішити дану задачу. Процес фабрикації слябів «to be» за допомогою алгоритмічного програмного забезпечення представлений на рисунку 3.2.



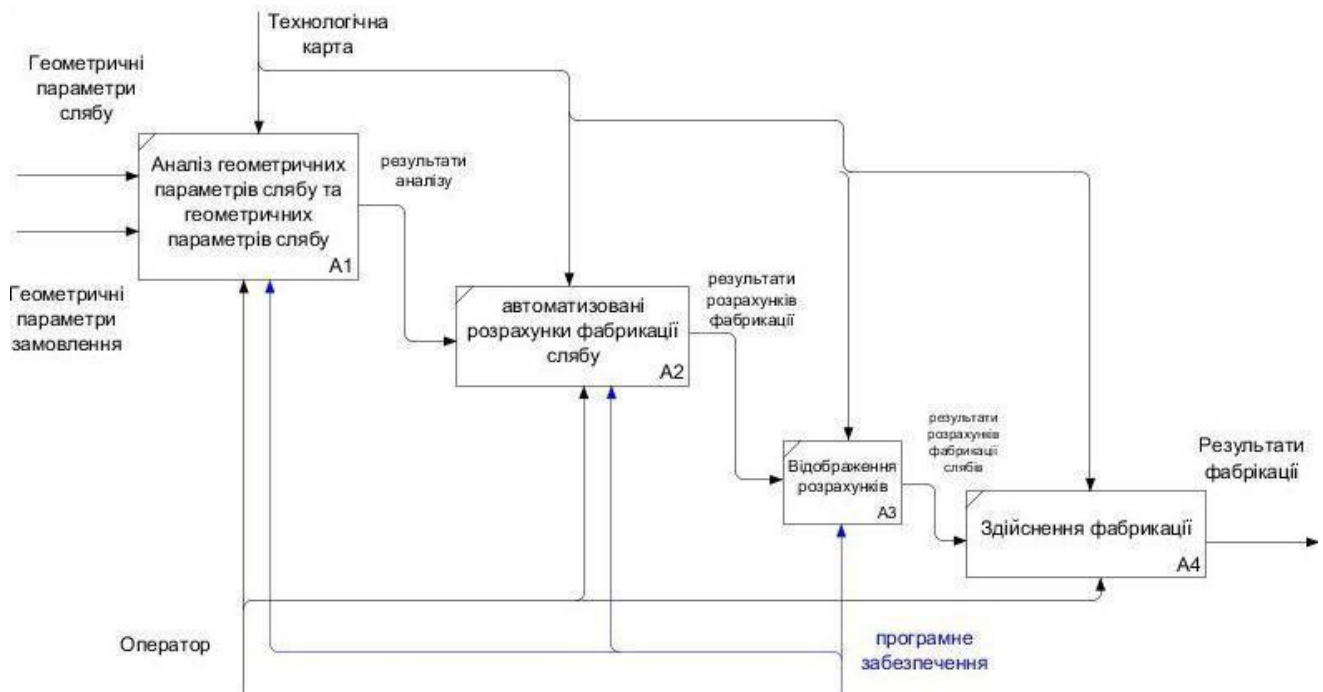


Рисунок 3.2 - Діаграма IDF0 «to be» процесу фабрикації слябів

ПЗ зберігає інформацію про дані, які надійшли та про те, що розрахунок не було проведено у пам'яті комп'ютера. Дані архівуються, зберігаються протягом року. За необхідності, дані можна завантажити на інший комп'ютер або роздрукувати для аналізу (рисунок 3.2). Відзначимо також особливості алгоритмічного ПЗ (Таблиця 3.1), які також впливають на засоби його моделювання.

Таблиця 3.1 – Пріоритет вимог при розробці алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Посилання	Вимоги	Пріоритет
BR01	Надання рекомендацій з фабрикації на основі геометричних параметрів замовлення та слябу і обмеження довжини розкатного поля	П
BR02	Програмне забезпечення має працювати у будь-який момент часу	П

Продовження Таблиці 3.1

BR03	Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу	Х
BR04	Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля	П
BR05	Дані мають бути надійно захищені	П
BR06	Доступ до даних можуть мати тільки довірені особи	П
BR07	Дані, які були отримані у результаті проведення розрахунків, мають зберігатись впродовж двох років	П
BR08	Надання інформації щодо довжини слябу після фабрикації	П
BR9	Надання інформації щодо довжини розкату, що буде отриманий зі слябу	П
BR10	Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату	П

3.2 Розробка фізичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Розробка фізичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення передбачає програмування за допомогою мови «Java» коду, який включатиме в себе розроблену математичну алгоритмічну модель розрахунку довжини смуги металу при прокаті на тонколистовому прокатному стані з урахуванням технологічної обрізі, яка утворюється у процесі прокату, а також з урахуванням геометричних параметрів заготовки та замовлення.

Крім того, фізична модель повинна включати в себе розрахунок оптимальної фабрикації в залежності від геометричних параметрів заготовки та готової продукції.

Інтерфейс моделі повинен містити дані про геометричні параметри заготовки та готової продукції, а також блок з інформацією про розрахунок оптимальної фабрикації, а також кількості мірних листів, які можна отримати і кількість обрізі, яка утворюється внаслідок ділення розкату на мірні листи.

У модель також необхідно закласти погрішність при діленні на мірні листи, адже метал при остиганні має властивість змінювати довжину.

Тому фактично при побудові фізичної моделі рекомендується закладати ділення не на 6-метрові листи, чи 12-метрові, а додавати 100 мм при цьому, тобто ділити фактично на 6100мм, 12100мм, тощо.

В рамках підготовки фізичної моделі розроблено контекстну діаграму, яка представлена на рисунку 3.3:

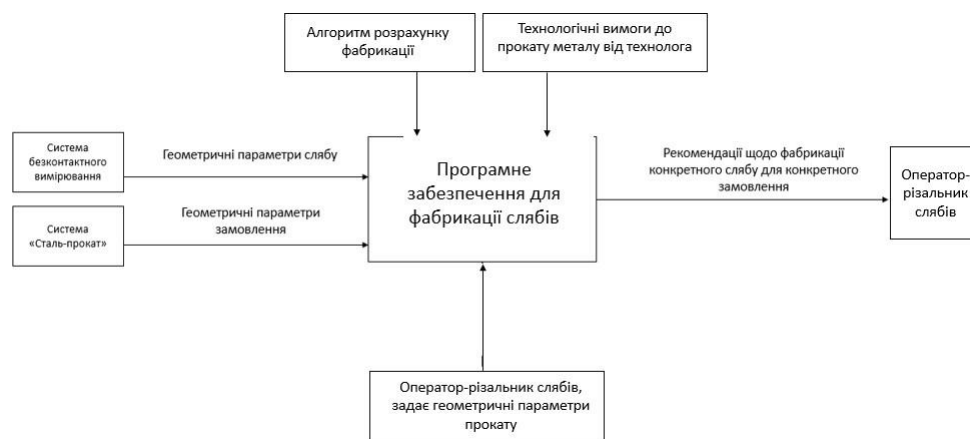


Рисунок 3.3 - Контекстна діаграма алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів

Ідентифікатор та назва:	UC-1 Розрахунок фабрикації слябу	
Автор:	Іван Фещенко	Дата створення: 29.04.2023
Основна діюча особа:	Оператор «Ножиць-2000» посту управління №2 обжимного цеху	Додаткова діюча особа: начальник зміни
Опис:	Програмне забезпечення проводить розрахунок рекомендацій з фабрикації слябу.	
Тригер:	Запущено процес прокату металу на обжимному та прокатному станах	
Попередні умови:	PRE-1. Оператор зайшов до програмного забезпечення.	
Вихідні умови:	POST-1. Виконано розрахунок фабрикації слябу	
Нормальний напрям розвитку варіанта використання:	5.0 Розрахунок фабрикації слябу. 1) Розрахунок за допомогою математичного алгоритму на основі даних з «Системи безконтактного вимірювання» та системи «Сталь-прокат» довжини розкату цілого слябу за мінусом технологічної обрізі; 2) Розрахунок рекомендації щодо фабрикації слябу; 3) Виведення рекомендації на екран; 4) Збереження даних про розрахунок у пам'яті комп'ютера.	
Альтернативний напрям розвитку варіанта використання:	1) У випадку недостатності даних для розрахунку ПЗ подає запит до систем «Сталь-прокат» чи «Системи безконтактного вимірювання». 2) Розрахунок за допомогою ПЗ не проводиться, доки не будуть надані повні дані. Сляб може бути розрізаний без застосування ПЗ у випадку ненадходження даних через 10 с. 3) ПЗ зберігає інформацію про дані, які надійшли та про те, що розрахунок не було проведено у пам'яті комп'ютера.	
Виключення:	Немає	
Пріоритет:	Високий	
Частота використання:	Необхідно очікувати високу частоту виконання цього варіанта використання в перші два тижні після випуску системи	
Бізнес-правила:	-BR- керує правом оператора доступ до програмного забезпечення	
Спеціальні вимоги:	-	
Припущення	-	
Інша інформація	-	

Рисунок 3.4 - Варіант використання алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

На рисунку 3.4 наведено приклад варіанту використання алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів з метою зниження розхідного коефіцієнту металу.

Ці дані можуть бути корисними при створенні фізичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення, адже надають інформацію про те як його використовувати.

З рисунку бачимо що основною діючою особою є оператор, який керує різанням слябів. Програмне забезпечення працює та приводиться в дію тоді, коли запущено процес прокату металу. Тут варто зазначити що фактично процес прокату металу є безперервним та зупиняється лише на проведення ремонтних робіт.

Крім того, з рисунку ми бачимо яким чином може відбуватись нормальний напрям розвитку варіанта використання та альтернативний напрямок розвитку у разі недостатності даних або ж інших причин.

Розробка варіанту використання даного алгоритмічного програмного забезпечення проводилась на основі вивчення технологічних особливостей прокату слябів у цеху гарячого прокату, а також на основі вивчення та спостереження за процесом фабрикації слябів.

Зазначимо що важливим аспектом розробки фізичної моделі алгоритмічного програмного забезпечення є наявність простого і в той же час інформативного інтерфейсу, який дозволить оперативно зчитувати інформацію та робити висновки про фабрикацію заготовки.

3.3 Види забезпечення функціонування алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу

Алгоритмічне програмне забезпечення для фабрикації порізу слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу перш за все має відповідати певним функціональним та нефункціональним вимогам з метою забезпечення сумісності та інтеграції з такими системами як:

- «Сталь-прокат»;
- «Система безконтактного вимірювання»,

а також з метою забезпечення оптимізації продуктивності та швидкості роботи в рамках досягнення цілі здійснення оптимальної фабрикації слябів для отримання найменшої кількості обрізі та немірних листів під час виконання замовлення.

Дані вимоги представлені у Таблиці 3.2 та Таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Загальні функціональні вимоги до алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу

ID функціональної вимоги	FR01
Тип вимоги	Розрахунок
Пріоритет	П
Опис вимоги	У програму вносяться: геометричні параметри слябу та замовлення; товщина смуги металу на кінцевих ножицях. Далі програма показує рекомендації з фабрикації слябу, довжину смуги з кожного окремого слябу при прокаті, мінус технологічна обрізь; кількість мірних листів з кожної смуги; розмір остачі при діленні цих смуг на мірні листи відповідно до обраної довжини замовлення.
Перехресне посилання на вимоги бізнесу	BR01
Перехресне посилання на використання	UC01
Бізнес правило	Повідомлення про проведення розрахунку не повинно відобразитись до моменту передачі всіх необхідних даних із системи «Сталь-прокат» та «Системи безконтактного вимірювання»

Таблиця 3.3 – Загальні нефункціональні вимоги до алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу

ID нефункціональної вимоги	NFR01
Тип вимоги	Візуалізація
Пріоритет	Н
Опис вимоги	Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля.

Продовження таблиці 3.3

Перехресне посилання на бізнес- вимогу	BR01
Перехресне посилання на використання	FR01, FR02
Бізнес правило	UC01
Тип вимоги	Протокол зборів стейкхолдерів проекту від 11.04.2023р. №142

Таблиця 3.4 – Ідентифікатори вимог безпеки алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації порізу слябів для зменшення розхідного коефіцієнту металу

Ідентифікатор вимог безпеки	Опис вимоги
SEC-01	Розмежування прав доступу користувачів (адміністратор, користувач). Адміністратор керує системою та налаштовує її, користувач має право на вхід до системи та може зчитувати дані.

Також зазначимо що ПЗ має відповідати документу « Інтегрована система менеджменту якості, енергоефективності, охорони праці та екології (ICM), яка відповідає міжнародним стандартам ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 и ISO 50001» Також важливо надавати доступ до ПЗ за індивідуальним паролем.

Ідентифікатори вимог безпеки представлені у таблиці 3.4.

3.4 Елементи інтерфейсу алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів.

Метою даного алгоритмічного програмного забезпечення є надання рекомендацій оператору щодо того як порізати заготовку (сляб) більш ефективно. Отже, оператор має отримувати та зчитувати дані щодо геометричних параметрів продукції, заготовки та розрахунок довжини розкату, кількості мірних листів для ефективної фабрикації. Діаграма потоків даних на рисунку 3.5 ілюструє нам ці залежності:

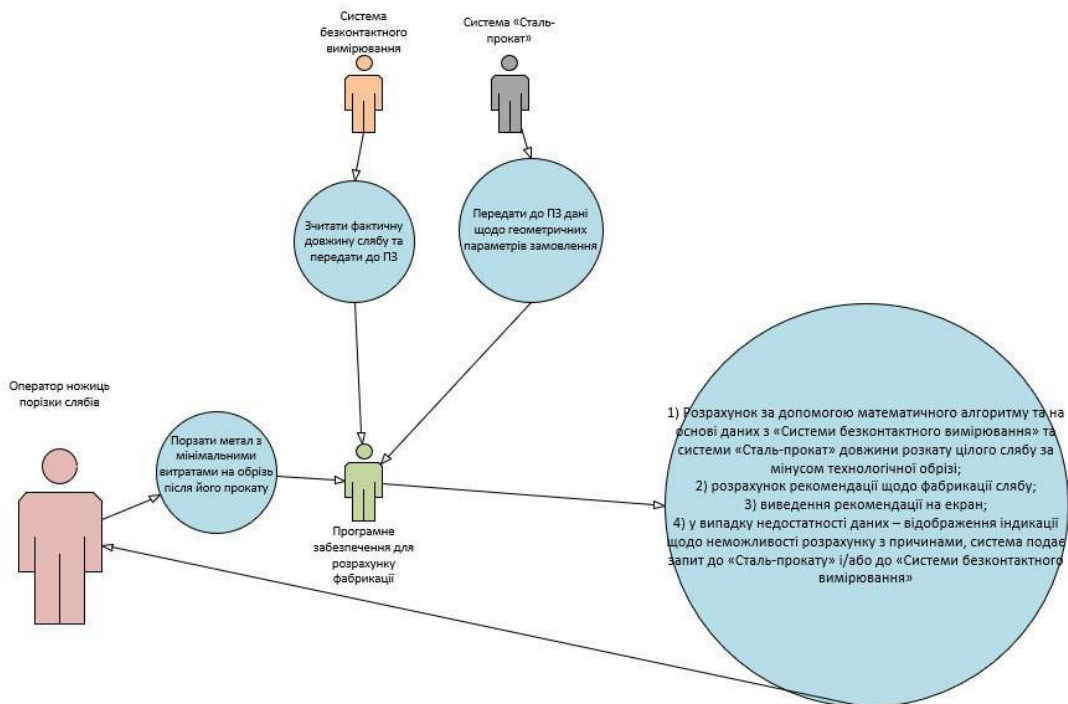


Рисунок 3.5 - Діаграма потоків даних алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Таким чином, ми можемо визначити та сформулювати вимоги до зовнішнього інтерфейсу даного алгоритмічного програмного забезпечення, які представлені у Таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вимоги до інтерфейсу алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Ідентифікатор інтерфейсів	вимог до	Опис
UINT-01		<i>Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу</i>
UINT-02		<i>Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля</i>
UINT-03		<i>Надання інформації щодо довжини слябу після фабрикації</i>
UINT-04		<i>Надання інформації щодо довжини розкату, що буде отриманий зі слябу</i>
UINT-05		<i>Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату</i>

Виходячи з цих вимог, можемо розробити інтерфейс відповідним чином.

Визначимо які блоки нам потрібні у даному інтерфейсі:

1.) параметри слябу:

- довжина, мм;
- ширина, мм;
- товщина, мм.

2.) параметри замовлення:

- довжина, мм;
- ширина, мм;
- товщина, мм

3.) додаткові технологічні параметри:

- товщина смуги на кінцевих ножицях (товщина смуги може відрізнитись в залежності від товщини листа замовлення, тобто для листів товщиною від 10 до 12 мм вона буде дещо іншою, ніж для листів товщиною

14-25мм, таким чином ми маємо включити цей параметр для регулювання розрахунків);

- інші технологічні параметри (за необхідності).

4.) блок рекомендації з фабрикації:

- рекомендована довжина фабрикації слябу, тобто довжина першого слябу, на який він буде поділений та, відповідно, довжина другого слябу;

- розрахункова довжина смуги металу, яка буде виготовлена з цих слябів;

- розрахункова кількість мірних листів з кожної зі смуг металу;

- остача, яка залишиться після ділення смуг металу на мірні листи.

Отже, сформувавши відповідні вимоги до інтерфейсу даного програмного забезпечення, можемо здійснити його програмування.

Код, який утворює інтерфейс даної програми, реалізований за допомогою мови HTML та включає в себе різні HTML-теги для визначення структури та елементів сторінки. Блоки параметрів сляба, замовлення та інші параметри представлений на рисунку 3.6:

Программа расчета оптимальной фабрикации слябов:

Параметри слябу:	Параметри заказу:	Прочие параметры:
Толщина, мм: <input type="text" value="150"/>	Толщина, мм: <input type="text" value="10"/>	Лимит длины для двух полос, мм: <input type="text" value="90000"/>
Ширина, мм: <input type="text" value="1250"/>	Ширина, мм: <input type="text" value="1250"/>	Толщина полосы на концевых ножницах, мм: <input type="text" value="20"/>
Длина, мм: <input type="text" value="9700"/>	Длина, мм: <input type="text" value="8100"/>	

Рисунок 3.6 - Блок елементів інтерфейсу «Параметри» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Початковий код даного блоку проілюстрований на рисунку 3.7

```

1  <html>
2  <head>
3  <title></title>
4  </head>
5  <body>
6  <body style="background-color:powderblue;">
7
8
9
10 <center>
11
12 <h2> Програма расчета оптимальной фабрикации сливов:</h2>
13
14 <div style="width: 900px; height:250; position:relative; border: 1px solid black; background:#f7fd4;">
15 <div style="width: 300px; height:250px; position:absolute; left:0px; border: 1px solid black; background:#f7fd4;">
16 <center>
17 <h3> Параметры слибу:</h3>
18 <h4>
19 Толщина, мм:<br>
20 <input type='text' id="cHeight" value ="150">
21 <br>
22 Ширина, мм:<br>
23 <input type='text' id="cWidth" value ="1250">
24 <br>
25
26 Длина, мм:<br>
27 <input type='text' id="cLength" value ="9700">
28 </center>
29 </div>
30 </h4>
31 <div style="width: 300px; height:250px; position:absolute; left:300px; border: 1px solid black; background:#f7fd4;">
32 <center>
33 <h3> Параметры заказа:</h3>
34 <h4>
35 Толщина, мм:<br>
36
37 <select id="gHeight">
38 <option value="10">10</option>
39 <option value="11">11</option>
40 <option value="12">12</option>
41 <option value="14">14</option>
42 <option value="16">16</option>
43 <option value="18">18</option>
44 <option value="20">20</option>
45 <option value="20">20</option>
46 <option value="20">20</option>
47 <option value="25">25</option>
48 </select>
49
50
51
52 <br>
53 Ширина, мм:<br>
54 <input type='text' id="gWidth" value ="1250">
55 <br>
56
57 Длина, мм:<br>
58 <input type='text' id="gLength" value ="6100">
59 </h4>

```

```

56
57  Дина, мм:<br>
58  <input type='text' id="gLength" value = "6100">
59 </h4>
60 </center>
61 </div>
62 <div style="width: 300px; height:250px; position:absolute; left:600px; border: 1px solid black; background:#7f7fd4;">
63 <center>
64
65   <h3> Прочие параметры:</h3>
66   <h4>
67
68   <br>
69   Лимит длины для двух полос, мм:<br>
70   <input type='text' id="limit" value = "90000">
71 <br>
72   Трщина полосы на концевых ножницах, мм:<br>
73   <input type='text' id="trimL" value = "20">
74 </h4>
75
76   </center>
77 </div>
78
79 </div>
80 <br>
81
82 <div >
83
84 <button onClick="myFunction()" style = "width: 130px; height:30px; background:#c7c7d9; 1px solid black">Розрахувати</button>
85
86 </div>
87 </div>
88 </center>
89
90
91
92
93
94
95 <br>
96
97
98
99 <br>
100

```

Рисунок 3.7 - Початковий код блоку елементів інтерфейсу «Параметри» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Початковий код блоку «Рекомендації з фабрикації» представлений на рисунку 3.8

```

104 <center>
105 <div style="width: 1000px; height:300; position:relative; border: 1px solid black; background:#7f7fd4; visibility: hidden">
106 <div id="div_2_part"
107 style="width: 1000px; height:300; position:absolute; border: 1px solid black; background:#7f7fd4;visibility: hidden">
108 <center>
109 <h2> Рекомендации по фабрикации</h2>
110 </center>
111 <div style="width: 500px; height:400px; position:absolute; left:0px; border: 1px solid black; background:#7f7fd4;">
112 <center>
113 <h3> Сляб #1</h3>

```

```

115  Длина, мм:
116  </h5>
117  <h3>
118  <label id="labelSlab1Length">Click me</label>
119  </h3>
120
121  Длина полосы, мм:
122  </h5>
123  <h3>
124  <label id="labelSlab1LengthLi">Click me</label>
125  </h3>
126
127  <h5>
128  Мерных листов, мм:
129  </h5>
130  <h3>
131  <label id="labelSlab1Count">Click me</label>
132  </h3>
133
134  <h5>
135  Остаток, мм:
136  </h5>
137  <h3>
138  <label id="labelSlab1Ostatok">Click me</label>
139  </h3>
140  <h5>
141
142  </center>
143  </div>
144
145  <div style="width: 500px; height:400px; position:absolute; left:500; border: 1px solid black; background:#f7fd4;">
146  <center>

```

Рисунок 3.8 - Початковий код блоку елементів інтерфейсу «Рекомендації з фабрикації» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Висновки за розділом.

Таким чином, за рахунок реалізації даного програмного коду, оператор отримує можливість та бачити геометричні параметри продукції, заготовки, рекомендації з фабрикації та результат цієї фабрикації у вигляді кількості мірних листів та обрізі, що може утворитись. Загальний вигляд інтерфейсу для алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів представлений на рисунку 3.9:

Программа расчета оптимальной фабрикации слябов:

Параметры сляба:	Параметры заказа:	Прочие параметры:
Толщина, мм: 150	Толщина, мм: 10	Лимит длины для двух полос, мм: 90000
Ширина, мм: 1250	Ширина, мм: 1250	Толщина полосы на концевых ножницах, мм: 20
Длина, мм: 9700	Длина, мм: 6100	

Розрахувати

Рекомендации по фабрикации	
Сляб №1	Сляб №2
Длина, мм: 5904.4	Длина, мм: 3796
Длина полосы, мм: 85400 (половина: 42700)	Длина полосы, мм: 54900 (половина: 27450)
Мерных листов, мм: 14	Мерных листов, мм: 8
Остаток, мм: 0	Остаток, мм: 6100

Рисунок 3.9 - Загальний вигляд алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

На нашу думку, інтерфейс, реалізований на рисунку 3.9, відповідає меті програми та дозволяє оператору приймати рішення щодо фабрикації слябів, надає всю необхідну інформацію для ефективної роботи оператора та отримання меншої кількості обрізи при діленні розкату металу на мірні листи.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІЧНОГО
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА ТОВСТОЛИСТОВОЇ СТАЛІ

5. РОЗРАХУНОК ПОТЕНЦІЙНОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМІЧНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТОВСТОЛИСТОВОЇ СТАЛІ НА «БТЛС-1680»

Проведений аналіз роботи прокатного стану, спостереження, що здійснювалось в рамках практики дозволили виокремити фактори, які впливають на розхід металу при прокаті на «БТЛС-1680», та визначають РКМ. Результати дослідження представлені на рисунку 5.1:

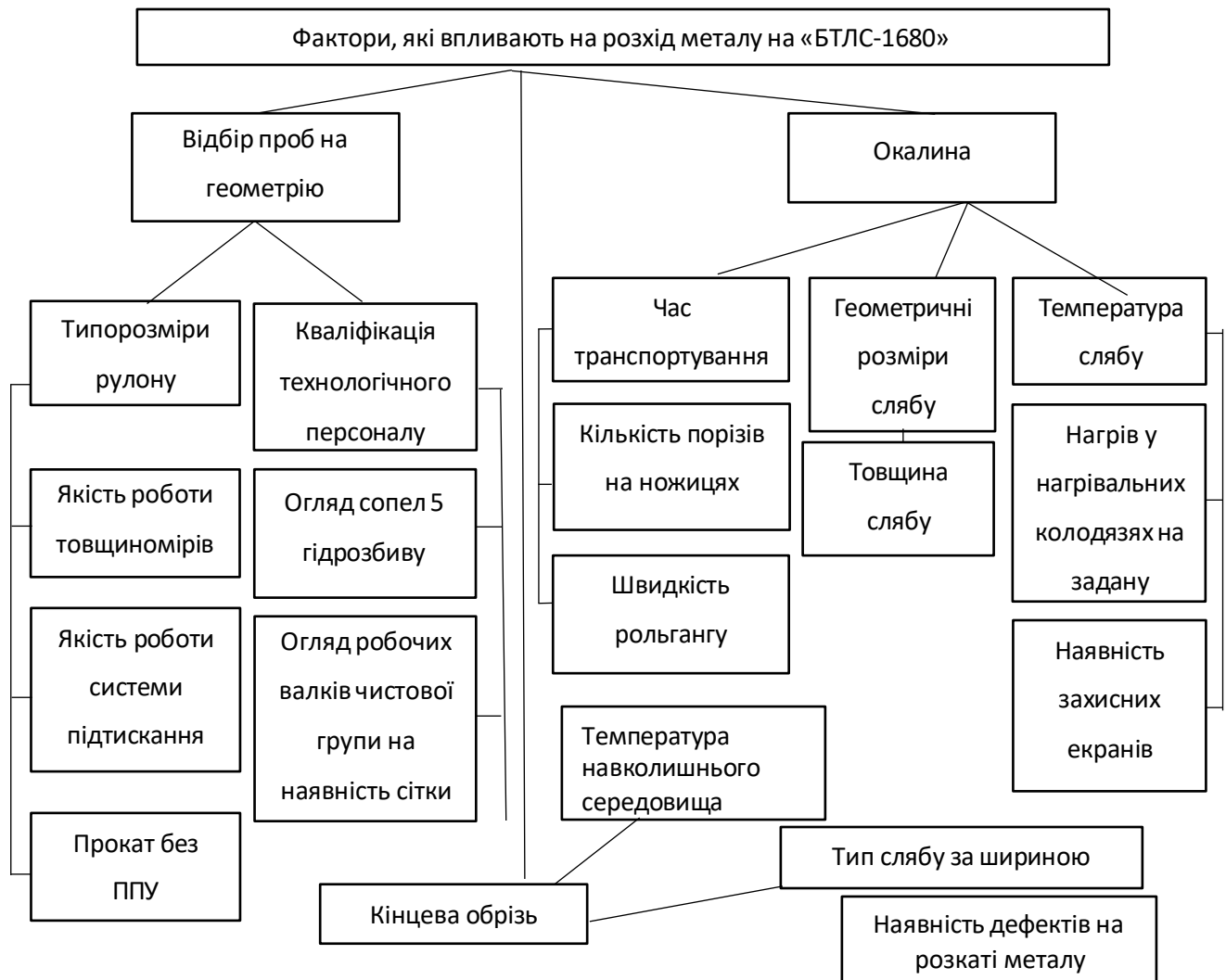


Рисунок 5.1 - Фактори, які впливають на розхід металу при прокаті на «БТЛС-1680»

За результатами аналізу загальної кількості факторів, що впливають на розхід металу на прокатному стані «БТЛС-1680» та РКМ відповідно, бачимо що у тому числі на розхід металу впливають геометричні параметри слябу та кількість порізів на ножицях обтискного цеху.

Для розрахунку нам знадобиться показник фактичного РКМ за жовтень 2023 року, який представлений у Таблиці 5.1:

Таблиця 5.1 - Баланс металу по прокату по ЦГП за жовтень 2023 року

	План на фактичний		Звіт		Відхилення, (+,-)		
	На 1т, кг	На випуск, т	На 1т, кг	На випуск, т	На випуск, т		
Лист г/кат товстий							
Задано	1 028,67	278,578	1078,046	291,951	13,373		
Якісне	1 000,00	270,815	1000	270,815			
Відходи та брак	28,665	7,763	78,046	21,136	13,373		
Обрізь, що реалізується			0,739	0,2	0,2	0,2	0,2
Обрізь для переплаву	19,187	5,196	7,215	1,954	1,954	1,954	1,954
Угар	9,479	2,567	69,93	18,938	18,938	18,938	18,938
Окалина, що використовується	13,164	3,565	14,87	4,027	4,027	4,027	4,027
Залізо у окалині, що використовується	9,18	2,486	10,018	2,713	2,713	2,713	2,713
Некондиція			0,162	0,044	0,044	0,044	0,044
Технологічний угар	0,299	0,081	59,912	16,225	16,225	16,225	16,225

Показник фактичного РКМ склав 1078 кг/т. За даними таблиць 5,1 та 5.2 можемо порахувати що сумарна вага плавок, на яких метал вагою 6,77 тон зі статусу обрізі переходить до товарного становить 452000кг. Тобто це більш, ніж 14% загальної ваги досліджуваних плавок.

Далі проведемо розрахунок економічного ефекту із застосуванням даних, наведених у Таблиці 5.1. Відобразимо результати розрахунків у Таблиці 5.2 за методикою MIX:

Таблиця 5.2 – Розрахунок економічного ефекту від впровадження алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів

Найменування	РКМ, кг/т до запровадження заходу 2023г	РКМ по дослідним плавкам, кг/т	Вага плавков, на яких збільшується кількість товарного металу, т	Зниження розхідного коефіцієнту, кг/т	Зниження заготовки, т	Збільшення товарного металу, т	Змінна частина вартості заготовки 2023г	Ціна закупівельного лому 2023г, грн	Економ.ефект, грн
Лист г/каттовстий	1078,046	1 078,03	452т	0,02	7,1204	6,77	16 596,08	5 140,02	81 571,41
Всього									81 571,41
Економічний ефект складає, грн/рік	978 856,90								

У Таблиці 5.2 показник «РКМ, кг/т до впровадження заходу взятий з таблиці «Баланс металу по прокату по ЦГП за жовтень 2023 року».

Показник «РКМ по дослідним плавкам, кг/т розраховується за допомогою формули:

$$\text{РКМ по дослідним плавкам} = B * D / (D + G), \quad (5.1)$$

де B - РКМ до впровадження заходу, кг/т;

D - вага плавков, на яких збільшується кількість товарного металу, т.

G – збільшення товарного металу, т. (показник що є сумою ваги металу, який може додатково перейти з обрізі або немірних листів до товарного стану при застосування алгоритмічного програмного забезпечення).

Показник «Зниження розхідного коефіцієнту металу» у розраховується як різниця між показниками «РКМ до впровадження заходу, т» та «РКМ по дослідним плавкам».

Показник «Зниження заготовки» розраховується за формулою (5.2):

$$\text{Зниження заготовки} = G * C / 1000, \quad (5.3)$$

де G - збільшення товарного металу, т;

C - РКМ по дослідним плавкам, кг/т.

Економічний ефект розраховується за формулою (5.4):

$$\text{Зниження заготовки} = F * H * I, \quad (5.4)$$

де F - зниження заготовки, т;

H - змінна частина вартості заготовки, грн.;

I - ціна закупівельного брухту на момент проведення розрахунків.

Таким чином, розрахунковий економічний ефект у жовтні міг би скласти близько 77 тисяч. грн. За умови збереження такого ж рівня виробництва на протязі кожного місяця, можемо розрахувати плановий річний економічний ефект як добуток зазначеної суми на 12 місяців. У результаті річний економічний ефект міг би скласти близько 978 тисяч гривень за умови такого ж обсягу виробництва. Але якщо обсяги виробництва товстолистового прокату зростуть, то економічний ефект також можна буде масштабувати пропорційно до зростання обсягів виробництва в рамках місяця чи року.

Висновки за розділом.

Підсумуємо що результати проведеного дослідження та застосування алгоритмічного програмного забезпечення для проведення фабрикації слябів, які були порізані за існуючою методикою, підтверджено що програмне забезпечення надає ефективні рекомендації щодо фабрикації слябів, що виражається у переведенні близько 6 тон металу до статусу товарного зі статусу обрізи або немірних листів у жовтні 2023 року. Краща фабрикація досягається за рахунок розрахунку видовження смуги розкату металу з урахуванням наявності технологічної обрізи та геометричних параметрів як заготовки, так і замовлення.

Переведення 6 тон потенційно отриманого додатково металу у грошовий еквівалент показує що можна було б отримати у жовтні додатково близько 77 тисяч гривень прибутку. Розрахунок здійснено з урахуванням показника поточного РКМ та показників ваги плавки, на яких можна було б потенційно перевести метал до товарного, а також з урахуванням цін на брухт на момент проведення розрахунків. Безумовно, показник РКМ є достатньо складним та на нього впливає дуже багато чинників, починаючи від стану обладнання, закінчуючи людським чинником. В рамках розрахунку економічного ефекту та проведення дослідження визначено ряд чинників, які так чи інакше здійснюють вплив на показник РКМ при прокаті металу на прокатному стані «БТЛС-1680». Серед цих показників присутні і геометричні параметри слябу.

Зазначимо, що для проведення розрахунку планового економічного ефекту застосовані реальна статистика виробництва та статистика утворення немірних листів у жовтні 2023 року при виробництві товстолистового металу на тонколистовому прокатному стані «БТЛС-1680».

ВИСНОВКИ

У сьогоднішніх умовах складної політичної та економічної ситуації, попиту на товстий гарячекатаний лист виникла необхідність виготовлення товстолистого прокату, через втрату виробничих потужностей на інших активах, на обладнанні ПАТ «Запоріжсталь», а саме прокатному стані «БТЛС-1680» цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГП). Даний прокатний стан є тонколистовим та призначається для виготовлення саме тонколистого металу, що надає унікальності даній ситуації, адже подібних випадків у вітчизняній та світовій практиці не зафіксовано.

У період з травня 2023 року по кінець листопада 2023 року було виготовлено близько 1930 тон металу, що склало близько 4% від загального об'єму металу, виготовленого у ЦГП за досліджуваний період (440 540т).

Конструктивні особливості прокатного стану «БТЛС-1680», а саме довжина його розкатного поля (45 метрів), не дозволяє розміщувати на ньому розкат металу для порізки під мірні листи для замовлення. Довжина листів при прокаті та видовженні є занадто довгою, адже прокат здійснюється на товщини 10мм, 12мм, 14мм, 16мм, 18мм, 20мм та 25мм. Отже, доводиться різати заготовку ще до її розкату на «Ножицях-2000» обжимного цеху для отримання декількох розкатів металу. Для замовлень товщиною 10-12мм ділення розкату відбувається повторно, вже на прокатному стані, адже при таких товщинах довжина є занадто великою.

На даний момент ділення заготовки (слябу) або ж його фабрикація, відбувається за принципом «50:50». Тобто, немає чітко розробленої фабрикації для слябів при прокаті товстолистої сталі. В рамках ПАТ «Запоріжсталь» діє мартенівське виробництво, яке виготовляє зливки, з яких, відповідно, при обтисканні та відрізанні дефектів, прибирають зайвий

метал. Отже, довжина кожного слябу є індивідуальною, зважаючи на те, що кожен сляб має різну кількість дефектів, які дуже важко регулювати в умовах мартенівського виробництва.

Отже, при відсутності чіткої фабрикації, діленні слябів «50:50» довжина розкату металу кожен раз відрізняється. У результаті розкат металу потрібно ділити на листи згідно замовлення, наприклад, на 6 метрів, 12 метрів, 3,5 метрів, тощо. Але довжина розкату при цьому має бути обмежена довжиною розкатного поля і буде визначена тим як раніше поділили заготовку, тобто сляб. За відсутності чіткої фабрикації та обмежень розкатного поля, при діленні розкату на мірні листи залишається значна кількість обрізі та немірних листів. Обрізь довжиною до 2,5 метрів йде на брухт. Немірні листи від 2,5 метрів до 5 метрів можуть бути реалізовані замовнику, за умови що він погодиться їх купити, але за зниженою на 15% ціною. Станом на жовтень 2023 року розхідний коефіцієнт металу (РКМ) при виробництві товстолистого прокату у ЦГП становив 1078кг/т.

За 57 днів досліджуваного періоду у вересні-листопаді 2023 року на 85% плавок було утворено 83 немірних листи. Отже, актуальності набуває проблема зменшення кількості обрізі, тобто розхідного коефіцієнту металу (РКМ) при виробництві товстолистого прокату. Зменшення РКМ та кількості немірних листів є економічно ефективним заходом для підприємства, адже дозволяє перевести певну кількість металу до товарної категорії з категорії обрізі або продати його на 15% дорожче.

Враховуючи значну кількість варіантів замовлень (за товщиною та шириною), а також індивідуальну довжину кожного слябу, наявні методи не дозволяють вирішити дану задачу, адже неможливо підібрати фабрикацію під кожен окремо взятий сляб, маючи наявні інструменти вимірювання у вигляді аналогових лінійок таким чином, щоб при цьому розуміти яка

довжина розкату при цьому потрібна, щоб отримати мінімальну обрізь при його діленні на мірні листи і зробити це за обмежений час, тобто майже миттєво, адже виробництво є безперервним і метал має властивість втрачати температуру нагріву, що робить неможливим затримки для проведення розрахунків на кілька хвилин.

У результаті проведеного дослідження можемо зробити висновок що, враховуючи значну кількість варіантів замовлень (за товщиною та шириною), а також індивідуальну довжину кожного слябу, наявні методи не дозволяють вирішити дану задачу, адже неможливо підібрати фабрикацію під кожен окремо взятий сляб, маючи наявні інструменти вимірювання у вигляді аналогових лінійок таким чином, щоб при цьому розуміти яка довжина розкату при цьому потрібна, щоб отримати мінімальну обрізь при його діленні на мірні листи і зробити це за обмежений час, тобто майже миттєво, адже виробництво є безперервним і метал має властивість втрачати температуру нагріву, що робить неможливим затримки для проведення розрахунків на кілька хвилин. Можемо відзначити що актуальним є питання застосування програмних алгоритмів для вирішення даної задачі.

Проаналізувавши технологічні особливості виробництва прокату на обладнанні цеху гарячого прокату ПАТ «Запоріжсталь», застосували отримані дані для створення формул, які стали основою для алгоритмічного програмного забезпечення.

В рамках проведеного дослідження зібрано інформацію, яка дозволила розробити фізичну модель алгоритмічного програмного забезпечення, яка показує рекомендації з фабрикації слябу, довжину смуги з кожного окремого слябу при прокаті, мінус технологічна обрізь; кількість мірних листів з кожної смуги; розмір остачі при діленні цих смуг на мірні листи відповідно до обраної довжини замовлення.

Алгоритмічне програмне забезпечення було застосовано для аналізу фактичних даних системи «Сталь-прокат» при виготовленні товстолистового прокату та наявності немірних листів у жовтні 2023 року та показало свою ефективність, що виражається у економічному ефекті близько 1 млн. грн. на рік при заданому рівні виробництва.

Дане програмне забезпечення може використовуватись для фабрикації слябів різних типів та марок сталі. У майбутньому в рамках розвитку даного проекту можлива інтеграція даного програмного забезпечення з іншими програмами, а також розширення цього досвіду на інші активи

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК А. ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

Формат	№ п/п	Назва документа	Найменування об'єкта або виробу	Кількість сторінок
A4	1	Пояснювальна записка	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 01.00 ДР ПЗ	137
Графічна частина				
A4	2	Мета, об'єкт, предмет і завдання дослідження	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 02.00 ДР ПЛ	1
A4	3	Технології, асоційовані з індустрією 4.0	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 03.00 ДР ПЛ	1
A4	4	Загальна схема ділянки роботи обтискного стану «Слябінг-1150» та потоку матеріально-технічних ресурсів	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 04.00 ДР ПЛ	1
A4	5	Загальний вигляд робочої кліти обтискного стану «Слябінг-1150»	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 05.00 ДР ПЛ	1
A4	6	Схема доставки зливків до обтискного стану та хронометраж доставки	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 06.00 ДР ПЛ	1
A4	7	Структура фактичної собівартості обтискної ділянки ЦГП за 10 місяців 2023 року.	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 07.00 ДР ПЛ	1
A4	8	Структура сортаменту товстолистого прокату, що виготовлявся у ЦГП у 2023 році	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 08.00 ДР ПЛ	1
A4	9	Структура утворення немірних листів на різних типах сортаменту товстолистого металу в ЦГП за період вересня-листопада 2023 року.	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 09.00 ДР ПЛ	1
A4	10	Процес розрізання слябу на ножицях обтискного стану	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 10.00 ДР ПЛ	1
A4	11	Порядок дій при видаленні головної обрізі на розкатах злитків марок сталі 1-5 КП (ПС), 08-25 КП (ПС) при прокаті головною частиною вперед	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 11.00 ДР ПЛ	1
A4	12	Порядок дій при видаленні головної обрізі на розкатах злитків марок сталі 1-5 КП (ПС), 08-25 КП (ПС) при прокаті донною частиною вперед	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 12.00 ДР ПЛ	1
A4	13	Обмеження розкатного поля прокатного стану «БТЛС-1680»	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 13.00 ДР ПЛ	1
A4	14	Ментальна карта проекту як метод теоретичного дослідження проблеми утворення обрізі	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 14.00 ДР ПЛ	1
A4	15	Застосування методу SMART-аналізу а рамках досягнення мети зменшення обрізі	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 15.00 ДР ПЛ	1
A4	16	Схема розходу металу на прокатному стані «БТЛС-1680»	ЦЦТΠΑР 122-22-1м 16.00 ДР ПЛ	1

A4	17	Розрахункова формула голови розкату на прокатному стані «БТЛС-1680»	ЦЦТПАР 122-22-1м 17.00 ДР ПЛ	1
A4	18	Площа сегменту кінцевої обрізі «БТЛС-1680»	ЦЦТПАР 122-22-1м 18.00 ДР ПЛ	1
A4	19	Формула для розрахунку довжини смуги при прокаті на прокатному стані «БТЛС-1680» з цілого слябу	ЦЦТПАР 122-22-1м 19.00 ДР ПЛ	1
A4	20	Діаграма IDF0 поточного процесу фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 20.00 ДР ПЛ	1
A4	21	Діаграма IDF0 «to be» процесу фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 21.00 ДР ПЛ	1
A4	22	Контекстна діаграма алгоритмічного програмного забезпечення з фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 22.00 ДР ПЛ	1
A4	23	Варіант використання алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 23.00 ДР ПЛ	1
A4	24	Діаграма потоків даних алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 24.00 ДР ПЛ	1
A4	25	Блок елементів інтерфейсу «Параметри» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 25.00 ДР ПЛ	1
A4	26	Початковий код блоку елементів інтерфейсу «Параметри» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 26.00 ДР ПЛ	1
A4	27	Початковий код блоку елементів інтерфейсу «Рекомендації з фабрикації» алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 26.00 ДР ПЛ	1
A4	28	Загальний вигляд алгоритмічного програмного забезпечення для фабрикації слябів	ЦЦТПАР 122-22-1м 26.00 ДР ПЛ	1
A4	29	Фактори, які впливають на розхід металу при прокаті на «БТЛС-1680»	ЦЦТПАР 122-22-1м 26.00 ДР ПЛ	1

ДОДАТОК Б. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМІЧНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ ПОРІЗУ СЛЯБІВ

Введення (Introduction)

Мета (Purpose)

<Програмне забезпечення для фабрикації слябів призначене для здійснення фабрикації слябів при їх прокаті на тонколистовому прокатному стані «НТЛС-1680» для замовлень товстолістового металу товщиною від 10мм до 25мм>.

Умовні позначення документів (Document Conventions)

< Інтегрована система менеджменту якості, енергоефективності, охорони праці та екології (ICM), яка відповідає міжнародним стандартам ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 у ISO 50001.>

Цільова аудиторія і пропозиції з читання (Intended Audience and Reading Suggestions)

<Цей документ призначений для власника бізнес-процесу (директора з виробництва), замовників програмного забезпечення (керівництво цеху), команди розробників та тестувальників>.

Область застосування продукту (Product Scope)

<Прокатний стан «НТЛС-1680» не призначений для прокату товстолістового металу та має конструктивні особливості та обмеження, у тому числі, обмеження розкатного поля у 45 метрів, що не дозволяє здійснювати прокат цілого слябу та розміщувати розкат на даному розкатному полі.

Відповідно, необхідно здійснювати фабрикацію слябів. Але, враховуючи, що кожен сляб індивідуальний за геометричними

параметрами, необхідна індивідуальна фабрикація з врахуванням обмежень довжини розкатного поля, умов замовлення, яка має призводити до мінімальних відходів виробництва. Відповідно, метою програми є індивідуальний розрахунок фабрикації для кожного слябу».

Посилання (References)

< «Технологічна інструкція до прокатного стану НТЛС-1680»;

Стандарт підприємства №4580 «Прокат товстолистового металу»

Стандарт підприємства №2412 «Прокат низьколегованої сталі»

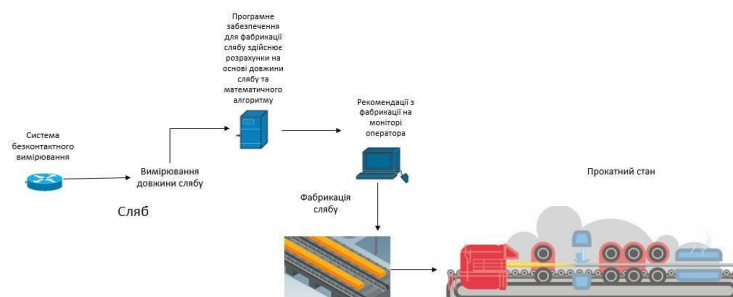
Стандарт підприємства №2414 «Прокат вуглеводної сталі»

Стандарт підприємства №1643 «Прокат спеціальної сталі».>

Загальний опис (Overall Description)

Перспектива продукту (Product Perspective)

<Цей продукт є новим автономним продуктом та не є елементом сімейства продуктів, заміною існуючих систем. Адже дана задача виникла нещодавно у зв'язку з необхідністю прокату товстолистового металу на тонколистовому прокатному стані, чого раніше не здійснювалось. Планується інформаційна взаємодія програмного забезпечення для фабрикації з іншими, вже існуючими на підприємстві системами, що проілюстровано на рисунку нижче>.



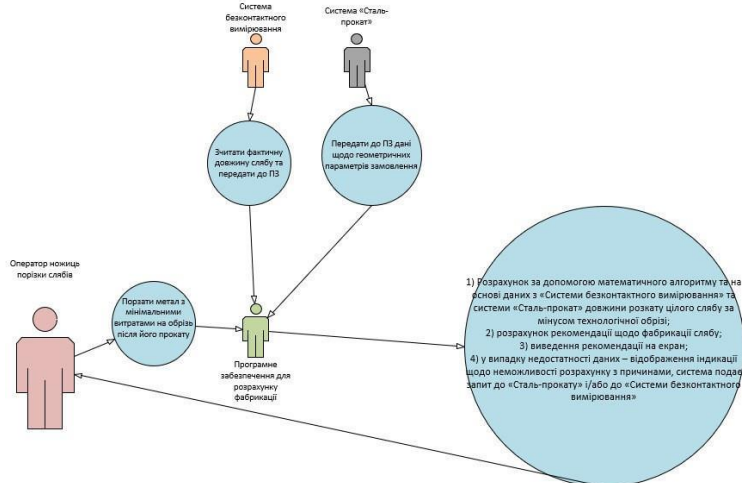
Network diagram.

Особливості продукту (Product Features)

<Основні функції продукту:

- Надання рекомендацій з фабрикації на основі геометричних параметрів замовлення та слябу і обмеження довжини розкатного поля;
- Надання інформації щодо довжини слябу після фабрикації
- Надання інформації щодо довжини розкату, що буде отриманий зі слябу
- Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату.

Також функціонал продукту можна переглянути за допомогою діаграми потоків даних, що представлена нижче>



Діаграма потоків даних

Класи та характеристики користувачів (User Classes and Characteristics)

<Визначте різні класи користувачів, які, як ви очікуєте, використовуватимуть цей продукт. Класи користувачів можуть бути диференційовані в залежності від частоти використання, підмножини використовуваних функцій продукту, технічної експертизи, рівня безпеки або привілеїв, освітнього рівня або досвіду. Опишіть доречні характеристики кожного класу користувача. Деякі вимоги можуть стосуватися лише певних класів користувачів. Відокремте привілейовані класи користувачів від тих, для яких задоволення їх вимог менш важливо >

Операційне середовище (Operating Environment)

<Середовище роботи ПЗ: ОС Microsoft 365. Взаємодія з ІС «Сталь-прокат» та ІС «Система безконтактного вимірювання».>

Обмеження щодо проектування та впровадження (Design and Implementation Constraints)

< Корпоративна та регуляторна політика безпеки підприємства;).>

Документація користувача (User Documentation)

*<< «Технологічна інструкція до прокатного стану НТЛС-1680»;
Стандарт підприємства №4580 «Прокат товстолистового металу»*

Стандарт підприємства №2412 «Прокат низьколегованої сталі»

Стандарт підприємства №2414 «Прокат вуглеводної сталі»

Стандарт підприємства №1643 «Прокат спеціальної сталі»..>

Припущення та залежності (Assumptions and Dependencies)

<Результати отримані у процесі роботи програмної системи для фабрикації слябів залежать від:

- геометричних параметрів замовлення;
- якості слябу, який надається з мартенівського цеху, адже від якості слябу залежить кількість обрізі, яку буде видалено з самого слябу, і, відповідно, розмір металевого прокату з цього слябу>

Вимоги до зовнішнього інтерфейсу (External Interface Requirements)

Інтерфейси користувача (User Interfaces) -(UINт)

<Зразок інтерфейсу ПЗ представлений на рисунку нижче.>

Програма расчета оптимальной фабрикации слябов:

Параметри сляба:	Параметри заказа:	Прочие параметры:
Толщина, мм: 150	Толщина, мм: 12	Линия длины для двух полос, мм: 8000
Ширина, мм: 1250	Ширина, мм: 1250	Толщина полосы на концевых выкатках, мм: 20
Длина, мм: 9700	Длина, мм: 6100	

Рассчитать

Рекомендации по фабрикации	
Сляб №1	Сляб №2
Длина, мм: 5904.4	Длина, мм: 3796
Длина полосы, мм: 85400 (половина: 42700)	Длина полосы, мм: 54900 (половина: 27450)
Метров листов, мм: 14	Метров листов, мм: 8
Остаток, мм: 0	Остаток, мм: 6100

Идентификатор вимог до інтерфейсів	Опис
UINт-01	<i>Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу</i>
UINт-02	<i>Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля</i>

UINT-03	Надання інформації щодо довжини слябу після фабрикації
UINT-04	Надання інформації щодо довжини розкату, що буде отриманий зі слябу
UINT-05	Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату

Апаратні інтерфейси (Hardware Interfaces) - (HINT))

<Протокол зв'язку між «Сталь-прокат» і ПЗ з фабрикації TCP IP.>

Інтерфейси програмного забезпечення (Software Interfaces) - (SwINT)

< Передбачається, що дана програмна система буде взаємодіяти з існуючим на підприємстві програмним забезпеченням, звідки буде отримуватиме вихідні дані для розрахунків. Ця взаємодія проілюстрована на контекстній діаграмі.>



Інтерфейси зв'язку (Communications Interfaces) -(CINT)

<Стандарти зв'язку - FTP або HTTP.>

Особливості системи (System Features)

Посилання	Вимоги	Пріоритет
BR01	Надання рекомендацій з фабрикації на основі геометричних параметрів замовлення та слябу і обмеження довжини розкатного поля	П
BR02	Програмне забезпечення має працювати у будь-який момент часу	П
BR03	Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу	Х
BR04	Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля	П
BR05	Дані мають бути надійно захищені	П
BR06	Доступ до даних можуть мати тільки довірені особи	П
BR07	Дані, які були отримані у результаті проведення розрахунків,	П

	мають зберігатись впродовж двох років	
BR08	Надання інформації щодо довжини слябу після фабрикації	П
BR9	Надання інформації щодо довжини розкату, що буде отриманий зі слябу	П
BR10	Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату	П

Функція системи 1 (System Feature 1)

*< Надання рекомендацій з фабрикації на основі геометричних параметрів замовлення та слябу і обмеження довжини розкатного поля
Надання інформації щодо кількості мірних листів та довжини обрізі, отриманих з розкату.>*

3.1.1 Опис і пріоритет (Description and Priority)

<Фабрикація слябу - розрахунок маси та розмірів заготовки для прокату товстих листів необхідних розмірів. Пріоритет – високий.>

3.1.2 Послідовності стимулів/відповідей (Stimulus/Response Sequences)

Ідентифікатор та назва:	UC-1 Розрахунок фабрикації слябу	
Автор:	Іван Фещенко	Дата створення: 29.04.2023
Основна діюча особа:	Оператор «Ножиць-2000» посту управління №2 обжимного цеху	Додаткова діюча особа: програмне забезпечення з розрахунку фабрикації слябів
Опис:	Програмне забезпечення проводить розрахунок рекомендацій з фабрикації слябу.	
Тригер:	Запущено процес прокату металу на обтискному та прокатному станах	
Попередні умови:	PRE-1. Оператор зайшов до програмного забезпечення.	
Вихідні умови:	POST-1. До системи завантажено дані геометричних параметрів замовлення з системи «Сталь-прокат» та довжина слябу з «Системи безконтактного вимірювання»	
Нормальний напрям розвитку варіанта використання:	5.0 Розрахунок фабрикації слябу. 1) Розрахунок за допомогою математичного алгоритму та на основі даних з «Системи безконтактного вимірювання» та системи «Сталь-прокат» довжини розкату цілого слябу за мінусом технологічної обрізі; 2) Розрахунок рекомендації щодо фабрикації слябу; 3) Виведення рекомендації на екран.	
Альтернативний напрям розвитку варіанта використання:	1) У випадку недостатності даних для розрахунку ПЗ подає запит до систем «Сталь-прокат» чи «Системи безконтактного вимірювання». 2) Якщо довжина слябу менша від 7 метрів, то система не проводить розрахунок.	
Виключення:	Немає	
Пріоритет:	Високий	
Частота використання:	Необхідно очікувати високу частоту виконання цього варіанта використання в перші два тижні після випуску системи	
Бізнес-правила:	-BR- керує правом оператора доступ до програмного забезпечення	
Спеціальні вимоги:	-	
Припущення	-	
Інша інформація	-	

3.1.3 Функціональні вимоги (Functional Requirements)

Функція: [Фабрикація слябу]

ID функціональної вимоги	FR01
Тип вимоги	Розрахунок
Пріоритет	П
Опис вимоги	<p>У програму вносяться: геометричні параметри слябу та замовлення; товщина смуги металу на кінцевих ножицях.</p> <p>Далі програма показує рекомендації з фабрикації слябу, довжину смуги з кожного окремого слябу при прокаті, мінус технологічна обрізь; кількість мірних листів з кожної смуги; розмір остачі при діленні цих смуг на мірні листи відповідно до обраної довжини замовлення.</p>

Перехресне посилання на вимоги бізнесу	BR01
Перехресне посилання на використання	UC01
Бізнес правило	Повідомлення про проведення розрахунку не повинно відображатись до моменту передачі всіх необхідних даних із системи «Сталь-прокат» та «Системи безконтактного вимірювання»
Джерело	Протокол зборів стейкхолдерів проекту від 11.04.2023р. №142

Нефункціональні вимоги (Other Nonfunctional Requirements)

Функція: [Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу]

ID нефункціональної вимоги	NFR01
Тип вимоги	Візуалізація
Пріоритет	Н
Опис вимоги	Представлення результатів має супроводжуватись коротким описом кожного поля.
Перехресне посилання на бізнес-вимогу	BR01

Перехресне посилання на використання	FR01, FR02
Бізнес правило	UC01
Джерело	-
Тип вимоги	Протокол зборів стейкхолдерів проекту від 11.04.2023р. №142

Вимоги щодо неушкодженості (техніки безпеки) (Safety Requirements)

< ПЗ має відповідати документу « Інтегрована система менеджменту якості, енергоефективності, охорони праці та екології (ICM), яка відповідає міжнародним стандартам ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 у ISO 50001». >

Вимоги безпеки(Security Requirements)- (SEC)

<ПЗ має відповідати документу « Інтегрована система менеджменту якості, енергоефективності, охорони праці та екології (ICM), яка відповідає міжнародним стандартам ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 у ISO 50001» Також важливо надавати доступ до ПЗ за індивідуальним паролем.>

Ідентифікатор вимоги безпеки	Опис вимоги

SEC-01	Розмежування прав доступу користувачів (адміністратор, користувач). Адміністратор керує системою та налаштовує її, користувач має право на вхід до системи та може зчитувати дані.
--------	--

Атрибути якості програмного забезпечення (Software Quality Attributes)

< Ремонтпридатність, надійність, тестованість та зручність використання.>

Інші вимоги (Other Requirements)

<Необхідність перекладення інтерфейсу програми на англійську мову для застосування на іноземних активах MIX>

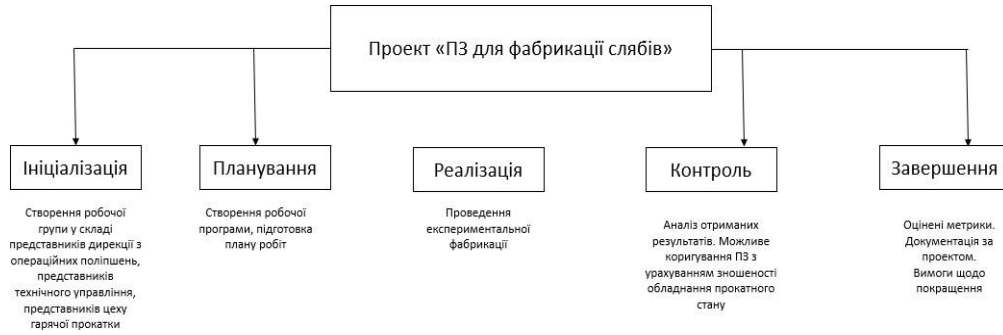
Додаток А: Глосарій (словник) (Glossary)

<Сляб - товста сталева заготовка прямокутного перерізу з великим відношенням ширини до висоти

НТЛС – безперервний тонколистовий прокатний стан;

Фабрикація - розрахунок маси та розмірів заготовки для прокату товстих листів необхідних розмірів.>

Додаток В: Моделі аналізу (Analysis Models)



WBS проекту.



Інтелектуальна карта проекту



Діаграма сутність-зв'язок

Додаток С: Список проблем (Issues List)

< *TBD (To Be Determined (буде визначено) – здійснення додаткового порізу розкату металу на барабанних ножицях при роботі ПЗ з фабрикації слябів*

ДОДАТОК В. КОРОТКА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ СТАНУ «СЛЯБІНГ-1150»

1 Стан слябінг:

1.1 Стан має 2 кліті:

а) кліть горизонтальних валків;

б) кліть вертикальних валків, розташовану перед кліттю горизонтальних валків.

Відстань між осями горизонтальних та вертикальних валків - 2250 мм.

Кліть горизонтальних валків закритого типу, реверсивна з діаметром валків 1150 мм та довжиною бочки 2000 мм.

Привід кожного горизонтального валка від електродвигуна ТИП МПС 9000 - 66, 750 В, 10200 А потужністю 7200 кВт через шпindel без шестеренної кліті.

Розчин горизонтальних валків 80 - 900 мм, швидкість підйому валків 150 мм/с, обороти валків регулюються в межах $\pm 53 - 0 - 53$ об/хв.

1.2 Кліть вертикальних валків: діаметр валків 700 мм та довжина бочки 1150 мм.

Привід вертикальних валків від 4-х електродвигунів ПВ2 800.175 - 8УЗ, 750 В, 1775 А, потужністю 1250 кВт кожен через циліндричний редуктор з передавальним числом - 3,744.

Розчин валків 1800 - 720 мм; швидкість переміщення валків - 64,8 мм/с; обороти валків регулюються в межах $\pm 78 - 0 - 78$ об/хв.

Регулювання співвідношення обертів горизонтальних та вертикальних валків виконується за спеціальною електричною схемою.

1.3 Стан обладнаний маніпулятором та кантувачем.

Призначення маніпулятора - точне встановлення зливка по осі прокатки та вирівнювання гуркоти. Максимальний розчин лінійок - 1800

мм, робочий хід лінійок - 1500 мм. Довжина лінійок перед та за станом – по 8 м.

Призначення кантувача - кантувати зливки та гуркіт на 90 ° і 180 °.

Швидкість підйому гаків - 1,05 м/с.

1.4 Нагріті зливки масою до 20 т транспортуються до приймального рольгангу стану за допомогою злитковозу з причіпним візком. Швидкість пересування злитковозу 0,44 - 5,7 м / с, час опускання злитка на рольганг - 6 секунд.

1.5 У головній частині встановлені приймальний рольганг зі стаціонарним перекидачем і поворотним столом. Окружна швидкість роликів – 1,5 м/с.

Призначення поворотного столу повертати зливки на 180°. Діаметр поворотної платформи - 3370 мм. Найбільша довжина зливка, що повертається - 3100 мм. Найбільша маса злитку - 20 тон. Число обертів поворотного столу - 2 - 6 об/хв.

2 Ножиці для різання гарячих гуркотів.

2.1 Ножиці з верхнім різом 20000 кН (2000т.с.) з електромеханічним приводом.

Привід ножиць здійснюється від 2-х електродвигунів через циліндричний редуктор та шпindelний пристрій.

2.2. Найбільше зусилля різання - 20000 кН (2000т. с.)

Найбільший момент, що крутить, на ексцентриковому валу - 4700 кНм (470 т.с).

2.3 Режим роботи - круговий, качальний:

– круговий режим - 5 різ/хв.;

– режим коливання - 9 різ/хв.

2.4 Хід верхнього ножа - 320 мм.

Перекриття ножів - 20 мм.

Розкриття ножів - 300 мм.

Горизонтальний зазор між ножами - 0,8 - 4,0 мм

2.5 Врівноваження суппорта - гідравлічне.

Кількість циліндрів - 2 шт.

Діаметр плунжера - 280 мм.

Робочий хід – 320 мм.

Робочий тиск, МПа (атм.) - 10 (100).

2.6 Пересувний упор призначений для фіксації гуркоту при порізці на слябі наступних розмірів:

- товщина слябу - 80-230 мм;
- Ширина слябу - 720-1550 мм;
- Довжина слябу - 1800-4700 мм;
- швидкість пересувної каретки - 0,12 м/с.

2.7 Редуктор приводу ножиць - 1 шт.

Передаточне число - 26,14.

2.8 Електроустаткування:

- електродвигун Г2-800-175-8УЗ - 2 шт.;
- потужність - 1250 кВт;
- частота обертання - 210 об/хв.;
- тривалість включення - 100%.

2.10 Матеріал ножів - ЕП 577.

Розмір ножів: 310x1690x100 мм - верхній;
300x1690x100 мм - нижній.

За відсутності сталі ЕП 577 допускається використання сталі 30ХГСА для виготовлення ножів із письмового дозволу начальника обтискного цеху.

3 Устаткування для збирання слябів:

3.1 Для зсуву слябів з відповідного рольгангу та укладання їх у стопи встановлені два зіштовхувачі обладнані 8-ма пальцями кожен.

Робочий хід зіштовхувача – 4400 мм. Швидкість – 0,56 м/с, максимальне зусилля – 40 тон. Привід – від двох електродвигунів потужністю 96 кВт через черв'ячний редуктор та зубчасті рейки.

3.2 Збірні столи розташовані на складі слябів біля зіштовхувачів та служать для укладання слябів у стопи.

Максимальний робочий хід столу - 1200 мм. Швидкість підйому - 0,022 м/с. Підйомна сила - 25 т. Привід - від електродвигуна МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор та два підйомні гвинти діаметром 250 мм.

Максимальна вага стопи із траверсою 20 т.

ДОДАТОК Г. СТАТТЯ «ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ
ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ»

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.795.064.5

Іван Фещенко

(Запоріжжя)

ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ПРОГРАМНОЇ
СИСТЕМИ ДЛЯ ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ

Анотація. Стаття розглядає проблему освоєння прокату товстолистової сталі на підприємстві «ПАТ Запоріжсталь» у зв'язку зі збільшеною потребою на ринку. Автор описує виробництво товстолистого металу на тонколистовому прокатному стані, проблеми, пов'язані з неефективним використанням немірних листів металу та обмеженням корисної площі розкатного поля.

Ключові слова: прокат товстолистової сталі, немірні листи, розкатне поле, геометричні параметри, довжина смуги металу, розділення слябів, тонколистовий прокатний стан.

Summary. The article addresses the need to implement the production of thick sheet steel at the "PJSC Zaporizhstal" enterprise due to increased market demand. The authors describe the manufacturing process of thick sheet metal on a thin sheet rolling mill, the challenges related to the inefficient utilization of non-standard metal sheets, and the limitation of the useful area of the rolling field.

Key words: thick sheet steel production, non-standard sheets, rolling field, geometric parameters, length of metal strip, slab division, thin sheet rolling mill.

Наразі для металургійної галузі з урахуванням умов сьогодення актуальним стає питання оптимізації виробництва, економії витрат та пошуку нових технологій та сортаменту. Одним з нових сортаментів в металургії зараз є прокат товстолистової сталі, техніко-економічні показники виробництва якого розглянуті у роботах А.С. Бешта, О.А. Бойко, Т.В. Куваева, О.С. Бахтіна та інших вчених. Освоєння прокату товстолистової сталі як нового сортаменту є актуальним завдання і для підприємства «ПАТ Запоріжсталь».

На «ПАТ Запоріжсталь» виробництво прокату відбувається на тонколистовому прокатному стані. Виробляється певна кількість немірних листів металу (їх довжина менша за довжину замовлення і вони йдуть на брухт або продаються за зниженою ціною залежно від довжини).

Смуги товстолистого металу діляться на розкатному полі прокатного стану, корисна площа якого обмежена з одного боку 35 м, з іншого – 45 м, на мірні листи довжиною у відповідності до вимог замовлення. Переважно замовляють листи довжиною 6 метрів, але також можуть бути замовлення на 2,5 м, 3 м, 12 м, тощо. При цьому довжина смуги металу залежить від товщини металу, тобто геометричних параметрів замовлення, а також довжини заготовки – слябу. У свою чергу, довжина слябу залежить від об'єму вирізаних дефектів, а також від того, на які довжини буде розділено сляб на «Ножицях-2000». Розділення слябів необхідно, щоб смуга, яка утворюється при прокаті та видовженні заготовки, могла поміститись на розкатному полі прокатного стану довжиною у 45 м. Всі сляби діляться у пропорції приблизно 50:50.

Важливо, що прокат для замовлень товщиною 10-12 мм ще на шляху до розкатного поля у ході технологічного процесу ділиться на окремих барабанних ножицях також за принципом 50:50. Це здійснюється, бо полоса, яка утворюється при прокаті металу на такі малі товщини, значно довше 45 м і може сягати 70 м і більше.

Аналіз проблеми а допомогою техніки «5 чому?» показав, що причиною може бути відсутність чіткої фабрикації слябів при їх розділенні в рамках технологічного процесу на «Ножицях-2000».

Враховуючи, що сортамент продукції підприємства дуже широкий, а кожний окремих сляб є унікальним за характеристиками, було прийнято рішення про розробку відповідного програмного забезпечення для розрахунку фабрикації слябів усіх типів та марок сталі в залежності від умов замовлень.

Верхньорівнева концепція програмного забезпечення наведена на рисунку 1:



Рисунок 1 - Верхньорівнева концепція програмного забезпечення (загальна інтелектуальна карта проекту «Програмне забезпечення для фабрикації слябів на тонколистовому прокатному стані при прокаті товстолистого металу»)

Вхідними даними для розрахунків є геометричні параметри слябу та вимоги замовлення, а також товщина смуги металу на кінцевих ножицях.

Програма формує рекомендації з фабрикації слябу, визначає довжину смуги з кожного окремого слябу при прокаті, враховує технологічну обрізь, розраховує кількість мірних листів з кожної смуги, розмір остачі при діленні цих смуг на мірні листи відповідно до обраної довжини замовлення.

Довжина смуги з цілого слябу розраховується за формулою:

$$\frac{V_{\text{слябу}} - V_{\text{обрізі на кінцевих ножицях}}}{\text{товщина готового листа} * \text{ширина готового листа}} =$$

технологічна обрізь металу. (1)

Формула демонструє розрахунок довжини смуги з цілого слябу (умовно до поділу на дві частини) вже після видалення з нього головної та донної обрізі. Від об'єму цілого слябу ($V_{\text{слябу}}$) віднімається об'єм обрізі на кінцевих ножицях ($V_{\text{обрізі на кінцевих ножицях}}$) – технологічна обрізь, об'єм якої залежить від товщини листа замовлення. Результат ділиться на добуток геометричних параметрів кожного конкретного замовлення: товщини та ширини готового листа металу. Від отриманих даних віднімається показник технологічної обрізі за 10 кліттю прокатного стану.

Далі реалізується алгоритм врахування обмеження довжини розкатного поля та довжини листа замовлення. Наприклад, за наявних обмежень найбільш оптимальною довжиною першої смуги для замовлень довжиною у 6 м (вхідні дані – 6100 мм з урахуванням температурної усадки металу при його охолодженні) буде 73 200 мм для товщин 10-12 мм (так як смуга ділиться на 2 частини на барабанних ножицях) та 42 700 мм для замовлень товщиною 14-25 мм. Тобто, ці

смуги є максимально оптимальними за даних обмежень розкатного поля, адже не перевищують його довжину у 45 м та діляться на 6100 мм без остачі.

На наступному кроці рекомендована довжина першого слябу розраховується за формулою:

$$\frac{\text{Max } L \text{ смуги, яка не } > 45 \text{ метрів}}{\text{та кратна довжині листа замовлення} * L \text{ слябу до порізу на 2 ч.}} \cdot L \text{ смуги з цілого слябу} \quad (2)$$

Вся інша частина слябу, що залишилась, йде до другої половини.

Наприклад, для вхідних параметрів, зазначених у таблиці 1 (у таблиці наведено фактичну фабрикацію без розрахунку ПЗ), рекомендація щодо поділу слябів виглядає так: 5217 мм та 2682 мм. У такому випадку остача від ділення розкату на мірні листи складе близько 1036 мм, що у порівнянні з фактичною остачею (14 м) призведе до отримання 2 мірних 6-метрових листів. Крім цього, повторне ділення на барабанних ножицях для такої смуги не потрібне.

Таблиця 1 - Вхідні дані

Параметри слябу			Параметри замовл.			Фактична фабрикація			
довж., мм	товщ., мм	шир., мм	довж., мм	товщ., мм	шир., мм	сляб №1, мм	сляб №2, мм	немірних листів, шт.	довж. немірн. листів, м
7900	147	1279	6000	10	1279	3973	3927	4	14

Реалізований в програмному забезпеченні функціонал дозволяю використовувати продукт як технологом (начальником зміни, майстром

дільниці), так і безпосередньо оператором поста управління стану гарячої прокатки.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Бешта А. С. Система рациональных технико-экономических показателей при производстве мелкосортного проката в стержнях / А. С. Бешта, О. А. Бойко, Т. В. Куваева // Національний гірничий університет. Збірник наукових праць. - Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – № 48. – С. 183-188.
2. Бахтін О. С. Визначення складників розходу металу при прокаті на реверсивному стані та безперервному 4-клітьовому стані 1400 // Сучасні матеріали, техніка та технології, №4 (12).

ДОДАТОК Д. СТАТТЯ «ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ
ФАБРИКАЦІЇ СЛЯБІВ У ПРОКАТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Шматко О.В.,
доцент кафедри організації та автоматизації виробництва,
ТОВ «Метінвест Політехніка»

Фещенко І.О.,
студент ТОВ «Метінвест Політехніка»

Умови сьогодення ще більш актуалізують питання оптимізації виробництва, економії витрат та пошуку нових технологій та сортаменту в металургійній галузі. Одним з нових сортаментів в металургії зараз є прокат товстолистової сталі. Техніко-економічні показники виробництва мірного прокату розглянуті у роботах А.С. Бешта, О.А. Бойко, Т.В. Куваева [1] та О.С. Бахтіна [2].

Смуги товстолистого металу діляться різчиками на розкатному полі прокатного стану, корисна довжина якого може бути обмежена з одного боку, наприклад, 45 м, а з іншого – 50 м, на листи довжиною відповідно до замовлення. Замовлення можуть бути на листи довжиною 2,5 м, 3,2 м, 6 м, 12 м, тощо. При цьому, довжина смуги металу залежить від параметрів замовлення, тобто від товщини металу, а також довжини заготовки – слябу. У свою чергу, довжина слябу залежить від об'єму вирізаних дефектів, а також від того на які довжини буде розділено сляб на відповідному обладнанні (ножицях). Розділення слябів необхідно, щоб смуга, яка утворюється при прокаті та видовженні заготовки, могла бути розміщена на розкатному полі прокатного стану відповідної довжини. Умовою оптимального виробництва подібного сортаменту є фабрикація порізу слябів. Без фабрикації всі сляби діляться за принципом приблизно 50:50 на ножицях перед прокатом на прокатному

стані. У результаті смуги металу з розділених слябів мають довжину, яка не дозволяє розділити їх на листи довжиною згідно замовлення без значної кількості обрізи у остачі від ділення на розкатному полі. Також, довжина кожного окремо взятого слябу індивідуальна, адже виробництво може вестися мартенівським способом, і кількість дефектів, яку потрібно відрізати від кожного слябу, є індивідуальною. Наприклад, розкат для замовлень товщиною 10-12 мм ще на шляху до розкатного поля ділиться у процесі прокату на «барабанних» ножицях за принципом 50:50. Це необхідно, так як смуга при прокаті на такі малі товщини значно може сягати набагато більше 45 м. Отримані у результаті ділення розкату немірні листи мають довжину до 2,5 м, йдуть у металолом. Якщо ж їх довжина більша за 2,5 м, але менша за довжину листів у замовленні, то немірні листи продаються за зниженою ціною. Все це безумовно впливає на розмір виробничих витрат.

Враховуючи, що довжина слябів непостійна і сортамент достатньо широкий, а також враховуючи різноманітність варіантів ділення на ножицях, доцільною є розробка програмного продукту для розрахунку фабрикації слябів будь-якого розміру та для будь-яких замовлень для зниження кількості немірних листів.

Передбачається, що дана програмна система буде взаємодіяти з існуючим на підприємстві програмним забезпеченням, звідки буде отримуватиме вихідні дані для розрахунків. Ця взаємодія проілюстрована на контекстній діаграмі (рис. 1).

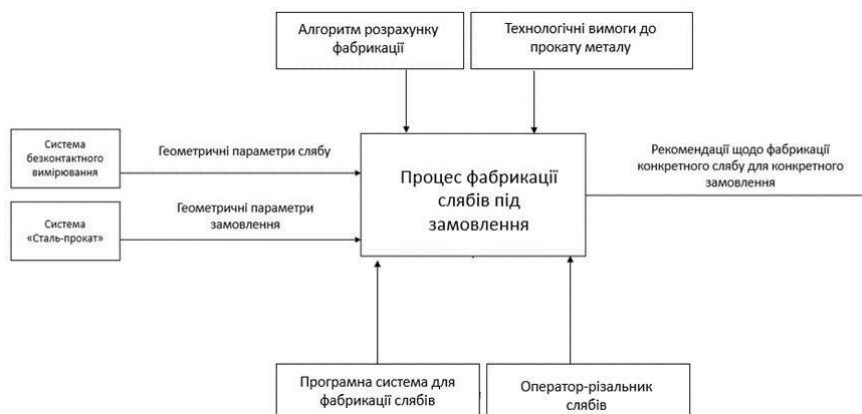


Рисунок 1 – Контекстна діаграма взаємодії продукту з іншими наявними на підприємстві системами

Основним користувачем програмної системи будуть робітники цеху, а саме різники металу на автоматичних ножицях.

При зборі вимог для програмного забезпечення була побудована карта емпатії класу користувачів «різники», яка відображає їх нагальні проблеми та очікування.

Пропозиції щодо функціоналу системи для фабрикації слябів подано у вигляді дерева функцій (рис. 2).

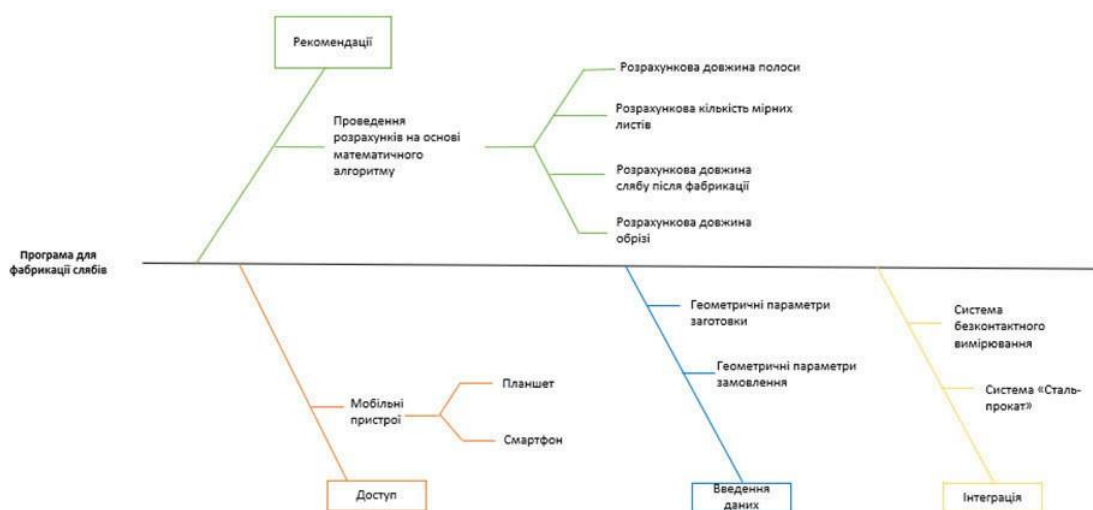


Рисунок 3 - Дерево функцій програмної системи для фабрикації слябів у прокатному виробництві

Отже, на основі математичного алгоритму та даних, які надходять із інших зовнішніх систем, відбувається розрахунок довжини полоси металу, розміру слябу після фабрикації, кількість мірних листів та обрізі.

Література

1. Бешта А. С. Система рациональных технико-экономических показателей при производстве мелкосортного проката в стержнях / А. С. Бешта, О. А. Бойко, Т. В. Кузачева // Національний

*гірничий університет. Збірник наукових праць. –
Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – № 48. – С. 183-188.*

*Бахтин О.С. Визначення складників розходу металу при прокаті
на реверсивному стані та безперервному 4-клітьовому стані 1400 //
Сучасні матеріали, техніка та техн технології, №4 (12).*