

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 проектування програмних компонентів
для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної
відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху
ПАТ "ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ"»

Керівник роботи

Олена НІКУЛІНА

Консультант від
бази практики

Олексій ПІПКО

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

Здобувач

Дмитро ГАРМАШ

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| 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 проектно-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

«06» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Гармашу Дмитру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖВОНЕТРИВ".

керівник роботи Нікуліна Олена Миколаївна, професор, д.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 16.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматизації обробки й аналізу даних та методів цифрового інтелекту, літературні джерела, результати власних експериментів та досліджень, технологічні інструкції тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналіз стану систем управління відпалювальної печі та сучасні тенденції їх розвитку. Розділ 2. Розробка математичної моделі об'єкта систем управління відпалювальної печі та методики дослідження. Розділ 3. Проектування, розробка програмних компонентів та дослідження системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі. Розділ 4. Проведення експериментів та аналіз отриманих результатів. Розділ 5. Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Актуальність, мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження; розроблені або удосконалені математичні моделі, методика дослідження; діаграми проекту програмно-методичного комплексу в нотації UML (діаграми прецедентів, класів, послідовностей, діяльності); результати розробки та експериментальних досліджень; результати економічних розрахунків; висновки до роботи; публікація результатів дослідження.

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

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта |
|--------|---|
| 1 | Нікуліна О.М., проф. каф. ЦТПАР |
| 2 | Нікуліна О.М., проф. каф. ЦТПАР |
| 3 | Нікуліна О.М., проф. каф. ЦТПАР |
| 4 | Нікуліна О.М., проф. каф. ЦТПАР |
| 5 | Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР |

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи |
|-------|---|--------------------------------|
| 1 | Розділ 1. Аналіз стану систем управління відпалювальної печі та сучасні тенденції їх розвитку | 25.12.2023 - 30.12.2023 |
| 2 | Розділ 2. Розробка математичної моделі об'єкта систем управління відпалювальної печі та методики дослідження | 25.12.2023 - 30.12.2023 |
| 3 | Розділ 3. Проектування, розробка програмних компонентів та дослідження системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі | 25.12.2023 – 02.01.2024 |
| 4 | Розділ 4. Проведення експериментів та аналіз отриманих результатів | 03.01.2024 - 07.01.2024 |
| 5 | Розділ 5. - Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень | 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 | 10.01.2024 – 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

Дмитро ГАРМАШ

Керівник роботи

Олена НІКУЛІНА

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 110 с., 25 табл., 21 рис., 33 джерел, 4 додатки.

Об'єктом дослідження є теоретичні та практичні аспекти технологічного процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі.

Предмет дослідження – методи та інструменти розробки програмного забезпечення для створення електронного паспорту на пічний вагон з продукцією та візуалізації переміщення вагону у тунельній печі.

Мета дослідження полягає у зниженні витрат на компенсацію браку відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» за рахунок створення електронних маршрутних листів пічних вагонів з вогнетривами.

Досягнення поставленої у роботі мети обумовило необхідність вирішення задач з вивчення технологічних процесів ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», вивчення вимог та стандартів якості виробництва вогнетривів, проведення аналізу інструментів, які на даний час використовуються для управління бізнес-процесом відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Основоположним є розробка математичної моделі регулювання потужності пальників у тунельній печі для відпалу вогнетривів на пічних вагонах згідно заданих параметрів автоматичного режиму роботи, за рахунок чого стало можливим знизити показники браку відпалу, при зниженні браку відпалу вогнетривів в алюмосилікатному цеху до цільового внаслідок впровадження даного проекту.

Виконано тестування розробленого додатку програмного забезпечення.

ТУНЕЛЬНА ПІЧ, ПІЧНИЙ ВАГОН, ВОГНЕТРИВ, ПІД-РЕГУЛЯТОР, ПАЛЬНИКОВИЙ ПРИСТРІЙ, RS VIEW

ABSTRACT

Master's thesis: 110 pages, 25 tables, 21 figures, 33 references, 4 appendices. The object of the research is the theoretical and practical aspects of the technological process of firing refractories in a tunnel kiln. The subject of the study is the methods and tools for developing software to create an electronic passport for the kiln car with refractory products.

The research goal is to reduce costs for compensating for the defects in firing refractories in the tunnel kiln of the aluminosilicate workshop of PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV" by creating electronic route sheets for kiln cars with refractories.

Achieving the goal set in the work necessitated solving tasks related to the study of technological processes of PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV", studying the requirements and quality standards of refractory production, conducting an analysis of the tools currently used to manage the business process of firing refractories in the tunnel kiln of the aluminosilicate workshop of PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV". The development of a mathematical model for regulating the power of burners in the tunnel kiln for firing refractories on kiln cars according to the specified parameters of automatic operation is fundamental. This made it possible to reduce the defect rates in firing, achieve the target values, and implement this project.

Testing of the developed software application has been completed.

Key terms: TUNNEL KILN, KILN CAR, REFRACTORY, PID-REGULATOR, BURNER DEVICE, RS VIEW.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДПАЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ | 10 |
| 1.1 Проблеми автоматизованого управління складними динамічними системами | 10 |
| 1.2 Аналіз роботи тунельної печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВООГНЕТРИВ»..... | 17 |
| 1.3 Аналіз впливу існуючого бізнес-процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВООГНЕТРИВ» на рівень браку відпалу..... | 21 |
| 1.4 Глосарій термінів предметної області..... | 24 |
| 1.5 Висновки за розділом..... | 25 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДПАЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 26 |
| 2.1 Аналіз систем управління відпалювальної тунельної печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВООГНЕТРИВ» | 26 |
| 2.2 Розробка математичної моделі | 27 |
| 2.3 Висновки за розділом..... | 36 |
| РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ, РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ ПІЧНИХ ВАГОНІВ ТУНЕЛЬНОЇ ВІДПАЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ | 37 |
| 3.1 Розробка бізнес-вимог | 37 |
| 3.2 Розробка функціональних і нефункціональних вимог | 48 |
| 3.3 Висновки за розділом..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| РОЗДІЛ 4. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ | 60 |
| 4.1 Реалізація проектних рішень програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖВООГНЕТРИВ" за допомогою ПЗ RS View | 60 |
| 4.2 Висновки за розділом..... | 65 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ..... | 66 |
| 5.1 Обґрунтування доцільності розробки програмного забезпечення..... | 66 |
| 5.2 Планування етапів розробки та економічний аналіз проекту. | 66 |
| 5.3 Розрахунок проектних витрат на розробку ПЗ..... | 68 |
| 5.4 Розрахунок економічного ефекту від впровадження САУ ... | 71 |
| 5.5 Висновки за розділом..... | 73 |
| ВИСНОВКИ..... | 74 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 76 |
| ДОДАТОК А. ВІДОМІСТЬ РОБОТИ..... | 80 |
| ДОДАТОК Б. СЕРТИФІКАТ ПРО УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ | 81 |
| ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО РІШЕННЯ..... | 82 |
| ДОДАТОК Г. КОД НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ LD | 103 |

ВСТУП

Актуальність проведення дослідження з розробки нових чи покращення існуючих систем управління технологічними процесами виробництва вогнетривів в Україні обумовлена низкою суттєвих факторів, які впливають на ефективність та конкурентоспроможність галузі, так як дане виробництво залишилось одне на Україні, у місті Запоріжжя, а конкурувати треба з виробниками країн Європи. Важливо визначити і розглянути ці проблеми для подальшого розвитку та вдосконалення виробництва в даному сегменті промисловості тому, що воно невід'ємно пов'язано з металургійним виробництвом всієї України в умовах блокади морських шляхів і низької пропускної спроможності залізничних шляхів.

По-перше, зростання витрат на енергію стає серйозним викликом для підприємства, що виробляє вогнетриви. Актуальність цієї проблеми підтверджується порушенням цілісності енергосистеми, пов'язане з війною, необхідністю зменшувати енергозатрати. Дослідження у цьому напрямку дозволить розробити ефективні технології енергозбереження та покращити енергоефективність виробництва вогнетривів. По-друге, проблеми забезпечення сировиною мають велике значення для стабільності виробництва шамотних вогнетривів, так як місця видобутку сировини знаходяться на ТОВ Запорізької області. Залежність від імпортного сировинного базару та можливі коливання в постачанні можуть вплинути на якість та своєчасність виробництва продукції. Отже, актуальність вивчення можливостей для забезпечення сталого та якісного постачання сировини визначається потребою у стабільності виробничого процесу алюмосилікатних вогнетривів. По-третє, в контексті глобальних тенденцій збільшення уваги до екологічних аспектів виробництва, проблеми недостатньої екологічної стійкості виробництва вогнетривів стають дедалі більш актуальними. Дослідження в цьому

напрямку дозволить виробникам адаптувати свої технології та виробничі процеси до вимог сучасних стандартів екологічної безпеки та стійкості.

За умов непередбачуваної економічної та політичної ситуації в Україні, дослідження сучасних проблем виробництва вогнетривів стає ключовим для виживання та розвитку підприємств металургійної галузі, а аналіз витрат на виробництво та застосування передових світових технологій автоматизації для зниження витрат. Отже, цей напрям є важливим етапом у визначенні стратегій подолання викликів та забезпеченні стійкості виробництва вогнетривів в Україні на сучасному етапі.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДПАЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ

1.1 Проблеми автоматизованого управління складними динамічними системами

В сучасній науковій літературі широко використовується поняття складної системи, що вказує на специфічні особливості таких об'єктів дослідження практично в усіх розділах природничих та гуманітарних наук [6]. Саме ця широта терміну пояснює відсутність єдиного загально визначення складної системи. При аналізі складних систем розрізняють структурну, функціональну та динамічну складності. Методологія вивчення складних систем є предметом численних досліджень в рамках конкретних дисциплін та в філософії сучасної науки. Для систематичного дослідження в теорії складних систем ще в 1984 році в США було створено спеціальний дослідницький центр – Інститут Санта-Фе. Зараз в світі англійською мовою видається 12 наукових журналів, в назві та в тематиці яких вживається термін «Complexity» – складність [6].

Поняття складної системи широко використовується у системотехніці, системному аналізі, при дослідженні операцій і системному підході в різних галузях науки, техніки та народного господарства. В програмній інженерії складною системою вважають систему з багатьма рівнями абстракції. Як правило, в складних системах вдається виділити певні складові елементи – підсистеми. Особливості взаємодії між підсистемами та специфіка реакції системи на зовнішні впливи виключають можливість описати поведінку складної системи лише на основі знань про властивості формуючих її підсистем. Визначальні результати в теорії складних систем, формулюванню

критеріїв простоти та складності належать академіку НАН України О. М. Шарковському. Результати досліджень різного типу складних систем виявили методичну неспроможність редукціонізму як методу пізнання природи та суспільства. Результати дослідження складних систем стимулюють широке використання принципів холізму, які базуються на класичному висловлюванні Аристотеля, що ціле завжди більше суми його частин.

Складну систему можна розділити на кінцеве число частин – підсистем вищого рівня. Кожну таку підсистему можна у свою чергу розділити на кінцеве число дрібніших підсистем до отримання підсистем першого рівня. Таким чином, підсистема, з одного боку, сама є складною системою для підсистем нижчого рівня, що складається з декількох елементів, з іншого боку, вона – елемент системи вищого рівня. Це й визначає структурну складність системи [6].

По відношенню до задач обчислювальної математики важливе значення має введене А. М. Колмогоровим поняття алгоритмічної складності. В дослідженнях з теорії складних систем також виділяють такі їх властивості як нестійкість, незворотність, хаос, самоорганізація. Особливий клас складних систем зіставляють складні динамічні системи, з якими пов'язано поняття динамічної складності [12].

Важливе значення в системному аналізі має поняття управління. Управління системою необхідне для забезпечення її цілеспрямованої поведінки при зміні умов зовнішнього середовища або умов її функціонування. Управління досягається за рахунок відповідної організації системи, під якою розуміють її структуру та спосіб функціонування. Системи з управлінням є кібернетичними системами. Управління має досягатись ціною порівняно незначного енергетичного ресурсу. Типовим при цьому є інформаційне управління, під час якого енергоресурс управління є незначним відносно енергоресурсу самої системи. Необхідно також враховувати, що складні системи окрім

великого енергоресурсу мають також значну динамічну інерційність [4].

До основних проблем складних динамічних систем з управлінням відносяться проблеми вискоєфективного управління такими системами. Потрібність в ефективних і надійних алгоритмах управління складними динамічними системами постійно зростає. Рішення вказаних проблем пов'язано з необхідністю використання нелінійних закономірностей, що закладені в характеристиках управляючих систем. Характеристики реальних динамічних об'єктів в основному мають складний нелінійний характер, що особливо ускладнює їх аналіз та синтез. Реальні об'єкти і процеси управління, як правило, складні структурно і функціонально та багатовимірні. Особливе значення набувають дослідження властивостей складних динамічних систем і синтез законів їх функціонування, що забезпечують гарантований позитивний результат [12].

Перший цифро-аналоговий обчислювальний комплекс для моделювання систем управління складними динамічними об'єктами «Альфа-1» створено в 1960 році в Обчислювальному центрі Академії наук України, який з 1962 р. перейменований в Інститут кібернетики [7].

Для вирішення задач інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень оператором при управлінні складними динамічними системами запропонований метод управління відображенням інформаційних моделей, який включає процедуру визначення факторів, що визначають пріоритетність конфліктних ситуацій в предметній області, методику ранжування конфліктних ситуацій на основі методу попарних порівнянь, алгоритм реалізації методу управління відображенням інформаційної моделі конфліктними ситуаціями [4].

В даний час проблема проектування адаптивних систем автоматичного управління динамічними об'єктами характеризується переходом від класичних парадигм до парадигм інтелектуального управління, зокрема використання нечіткої логіки та нейромережевих

структур. Створена модель нечіткого управління процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві, що є прикладом ефективного використання нечіткої логіки для управління складною динамічною системою [10]. З використанням нечітких інверсних моделей обґрунтовано можливість і доцільність їх застосування для управління агрегатами компресорної станції як складного об'єкта, при моделюванні якого виконується декомпозиція глобальної нечіткої MISO-системи на елементарні підсистеми і попередня інверсія елементарних комірок нечіткої моделі з подальшим переходом до інверсії нечіткої глобальної моделі [13]. Застосування нейромережових структур для реалізації адаптивних систем управління складними динамічними об'єктами має ряд переваг, зокрема: нейронні мережі є ідеальним засобом моделювання будь-яких нелінійних об'єктів управління, який забезпечує внутрішню адаптивність системи завдяки можливості самонавчання, а також високу швидкість та паралельну обробку інформації, що є природним при побудові багатомірних систем керування. Є два принципово відмінних підходи до побудови адаптивних нейромережових систем управління, а саме: пряме використання нейромережевої структури в якості регулятора (інверсна модель) та непряме, де нейромережа використовується в якості моделі об'єкта (пряма модель) як засіб адаптації. Другий підхід можна вважати класичним і він є більш трудомістким та потребує більше часу на процедури адаптації по відношенню до першого. Перший підхід є більш перспективним по швидкодії, але потребує для цього відповідних програмних та технічних засобів [9].

На сучасному етапі розвитку теорії автоматичного управління досі актуальна проблема побудови систем керування складними інерційними об'єктами зі змінними параметрами. Вона не може бути вирішена без істотного поліпшення функціональної структури стандартних схем існуючих законів регулювання, налаштування яких завжди балансує між

швидкодією системи та її стійкістю. Досліджується можливість створення таких функціональних структур регуляторів, які позбавлені принципових недоліків, властивих стандартним промисловим ПІД регуляторам. Практично це зводиться до розробки регуляторів з нелінійними властивостями. Основна увага приділяється методам і алгоритмам, які можуть бути використані в інженерній практиці при проектуванні, розрахунку та модернізації систем автоматичного управління. Розглядаються поняття робастного керування та структури систем, що дозволяють отримати високу якість перехідних процесів одночасно із забезпеченням заданого запасу стійкості, а саме: структура систем управління з внутрішньою моделлю, двоканальна структура регулятора з динамічним коректором, системи з нечіткою логікою, нейронні мережі та ефективні адаптивні структури. Методи простору станів, що дозволяють вирішувати ряд проблем багатовимірного керування і забезпечили очікувані практичні результати в керуванні рухомими механізмами і електромеханічними системами виявилися мало ефективними в управлінні технологічними процесами в енергетиці, хімії, металургії та інших галузях, тобто там, де об'єкти характеризуються значними невизначеностями через складні фізико-хімічні процеси, нелінійності, інерційність, нестационарність та наявність взаємопов'язаних параметрів. Після робіт в області самонастроювання (K. Åström), інтелектуального ПІ регулювання (G. Shinsky), успіхів у застосуванні модельного прогнозуючого керування (MPC – Model Predictive Control), яке вимагало на нижньому рівні відповідних ПІД регуляторів, дослідження ПІД регуляторів повернулися в сферу інтересів прикладної теорії автоматичного керування. Якщо перші публікації з розрахунку налаштувань ПІД регуляторів виконали Calderon (1935) і Ziegler & Nichols (1942), то далі з 1942 по 1972 роки з'явилося 168 нових методів, з 1973 по 1982 – 14, з 1983 по 1992 – 111 нових методів, з 1993 по 2002 – 225, з 2003 по 2012 року – 683 нових методів, і в даний час, за

даними В. О'Dwyer, число методів розрахунку перевищує 1700, а база патентів – 500 [8].

Триває розвиток теоретичних основ і методів управління складними динамічними системами, які характеризуються високою розмірністю та істотною нелінійністю моделей, великим числом вхідних і вихідних змінних, параметричної й структурної невизначеністю. При цьому методи і концепції сучасної теорії нелінійних систем поєднуються з методологією наближеною декомпозиції на основі часткової лінійної апроксимації, усереднення і сингулярних збурень. Запропоновано оригінальні концепції та методи, такі як узгоджене управління, робастні алгоритми адаптації високого порядку, методи швидкісного градієнта і неявних еталонних моделей. Розглядаються додатки до завдань нелінійного управління механічними системами: просторовим рухом твердого тіла, багатоколісними мобільними роботами, коливальними маятниковими системами [11].

Розглянуто ефективні методи проектування і управління складними безперервними стохастичними процесами і системами різного призначення. Методи проілюстровані на механічних системах, що представляють собою екіпажі залізничного та автомобільного транспорту. Наведено методики аналітичного проектування динамічних процесів і систем на основі методів множників Лагранжа, принципу максимуму Л. С. Понтрягіна, динамічного програмування Р. Беллмана, матричного динамічного програмування і методики аналітичного конструювання пристроїв управління на основі стохастичного динамічного програмування [6].

Розглянуто проблему управління складними нелінійними динамічними об'єктами зі змінними, а також невизначеними параметрами і впливами з боку зовнішнього середовища. Запропоновано єдиний підхід і оригінальні методи синтезу багаторівневих самоналагоджувальних, адаптивних і робастних систем

управління, що дозволяють забезпечувати високу якість управління зазначеними об'єктами. Результатами моделювання підтверджені працездатність і висока ефективність синтезованих систем при роботі в умовах невизначеності та суттєвою змінності параметрів складних динамічних об'єктів [14].

Таким чином, проблеми управління складними динамічними системами та їх можливе рішення висвітлені в роботах О. М. Шарковського, Л. С. Понтрягіна, Р. Беллмана, Л. І. Нефьодова, С. Г. Удовенка, Н. М. Єршової, Д. В. Караченця, Ю. М. Ковриги, О. В. Степанця, Т. Г. Багана, О. С. Бунке, П. І. Кравця, В. М. Шимковича, В. О. Романенка, А. Б. Ткача, П. Г. Бердника, О. І. Тимочка, М. Б. Бровка, І. В. Мірошника, В. О. Нікіфорова, А. Л. Фрадкова, В. В. Павлова, С. В. Павлової, В. Ф. Філаретова та інших.

Аналіз проблем управління складними динамічними системами показує, що невирішеною актуальною проблемою є розробка методів та моделей оптимізації управління складними динамічними системами, які характеризуються великим обсягом необхідної для їх описання інформації, високим порядком і великою кількістю параметрів та нелінійностей, що потребує створення інформаційної технології оптимізації складних автоматизованих систем управління (АСУ).

Енергетичні установки великої потужності, літальні та космічні апарати, транспортні системи, соціально-економічні системи, потужні радіоелектронні прилади – все це складні динамічні системи, управління якими вимагає використання інформаційних технологій для створення або удосконалення спеціалізованих АСУ. Інформаційні технології управління та оптимізації інтенсивно розвиваються у багатьох напрямках.

1.2 Висновки за розділом

У результаті проведеного аналізу бізнес-процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі робимо висновок, що для уникнення виду браку після відпалу, який може виникнути в результаті некоректно виконаних технологічних процесів відпалу вогнетривів в алюмосилікатному цеху, необхідно контролювати температурний режим при прошовуванні по кожній позиції печі для кожного вагона з садкою відповідного асортименту чи марки вогнетривів, враховуючи значну кількість варіантів замовлень та різноманітність температурних режимів роботи тунельної печі. Швидкість та точність регулювання температурної кривої, мінімальна інерційність системи, в свою чергу ставить акцент на подальшій можливості роботи у напрямку економії енергоносія (природний газ), можливості автоматизування даних процесів. Наявність інформації про проходження всіх етапів відпалу без порушень температурного режиму дозволяє своєчасно запровадити корегуючі заходи для уникнення інших видів браку, які мають схожий характер утворення.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДПАЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Аналіз систем управління відпалювальної тунельної печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

При проведенні термічної обробки (відпал) алюмосилікатних вогнетривів у тунельних печах, з метою не допущення утворення браку відпалу, для кожного пічного вагона існує необхідність регулювання температури в границях нормативу для обраної сировини, з якої сформований вогнетривкий виріб. Також великий вплив має спосіб посадки виробів на пічний вагон. Існує велика кількість способів, згідно з якими відбувається підбір режимів відпалу – температура у зонах печі та час знаходження пічного вагону в даних зонах.

Температурний режим термообробки для кожного пічного вагону, при проходженні по зонам тунельної печі, повинен відповідати температурній кривій. Регулювання температурної кривої відбувається вручну відпалювальником за допомогою фізичного впливу на механізми запірної арматури горючого газу, при чому підйом та зниження температур проходить з великою інерційністю системи, так як відпалювальник повинен рухатись до кожного пальника и виконувати ручні операції, кількість локацій при чому дорівнює 24. Для потрапляння у границі нормативних температур за мінімально можливий проміжок часу відпалювальник повинен мати певні навички, які не дають впевненості. Регулювання роботи інших механізмів (нагнітаючих вентиляторів високого тиску, димососів, вентиляторів охолодження

ардометрів, вентиляторів концентрованої подачі повітря) не відбувається. Для обслуговування печі під час виконання прогонки – заїзд та виїзд пічного вагону – одночасно задіяно трьох працівників:

1. Відпалювальник виконує управління роботою дверей печі на вході та виході, управління подавачем вагонів, управління 100т-штовхачем, регулювання потужностей пальників.

2. Машиніст електролафету №1 виконує подачу пічного вагону з пресової дільниці на рейковий шлях печі.

3. Машиніст електролафету №2 виконує прийом пічного вагону на виході з печі.

При виконанні вище зазначених операцій відбувається падіння температур на певну величину за рахунок витрат з відкритих воріт.

2.2 Розробка математичної моделі

Системи автоматизованого управління для складних динамічних об'єктів характеризуються складними динамічними процесами, нелінійними залежностями між різними показниками їх стану, великою кількістю конструктивних та технологічних параметрів, високим порядком математичних моделей, складністю формування процесу управління. Підвищення точності розрахунку оптимальних інформаційно-управляючих систем можливо з використанням їх нелінійних моделей, які повніше враховують особливості протікання реальних процесів управління та мають мінімальну кількість обчислень при імітаційному моделюванні. Типовими системами автоматизованого управління складних динамічних об'єктів є системи автоматизованого управління пічними агрегатами. Для того щоб САУ виконувала свої функції,

необхідно перш за все забезпечити стійкість її руху. В процесі роботи на систему діють різні збурюючі сили, які викликають відхилення її від заданого закону руху. Якщо під впливом збурення система відхилилася від стану рівноваги або заданого закону руху і після припинення дії зовнішнього збурення знову повертається до вихідного стану, то рух в системі є стійким. Якщо під впливом збурення система відхилена від стану рівноваги або від заданого закону руху і після припинення дії збурення вона не повертається до вихідного стану, і при цьому відхилення системи від початкового стану з плином часу зростає настільки, що відхилення виходить за межі допустимої області, то рух в системі є нестійким. В лінійній системі відхилення при нестійкому русі буде необмежено зростати. На будь-яку САУ діють різні зовнішні збурення, які можуть порушити її нормальну роботу. Правильно спроектована система повинна стійко працювати при всіх зовнішніх збуреннях [5].

Реальні системи автоматизовано управління реалізовані за узагальненою структурною схемою, представленою на рис. 2.1, де прийняті позначення: P – регулятор, OU – об'єкт управління, g – заданий або програмний вплив, ε – помилка управління, u – керуючий вплив, v – зовнішнє збурення, y – регульована величина.

На суматор подаються заданий вплив g і регульована величина y . За допомогою від'ємного зворотного зв'язку формується сигнал помилки $\varepsilon = g - y$. Сигнал помилки надходить на регулятор P , який формує керуючий вплив u . Цей вплив подається на об'єкт управління OU , на який також впливає зовнішнє збурення v . Від цих впливів змінюється стан об'єкта управління і в кінцевому рахунку регульована величина y .

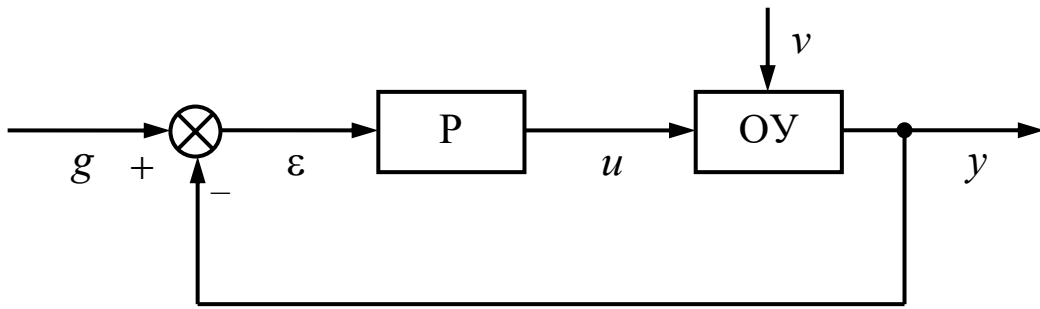


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема САУ

Всі дії та сигнали на рис. 5.1 є функціями часу t : $g = g(\tau)$, $\varepsilon = \varepsilon(\tau)$, $u = u(\tau)$, $v = v(\tau)$, $y = y(\tau)$.

Загальна математична модель регулятора має вигляд:

$$\frac{d\mathbf{X}_C}{d\tau} = \mathbf{f}_C(\mathbf{X}_C, \mathbf{x}_C, \mathbf{c}_C, \varepsilon), \quad \mathbf{X}_{0C} = \mathbf{X}_C(\tau_0), \quad u = C_u(\mathbf{X}_C) \quad (2.1)$$

де $\mathbf{X}_C = \mathbf{X}_C(\tau)$ і \mathbf{X}_{0C} – вектори стану та початкових умов регулятора;

$\mathbf{f}_C(\mathbf{X}_C, \mathbf{x}_C, \mathbf{c}_C, \varepsilon)$ – векторна функція правих частин СДР регулятора;

\mathbf{x}_C і \mathbf{c}_C – вектори змінних та постійних параметрів регулятора;

$C_u(\mathbf{X}_C)$ – оператор виходу регулятора.

Інформаційна технологія дає можливість використовувати різні типи регуляторів, які включають пропорційний (П), інтегральний (І) і диференціальний (Д) регулятори, що формують керуючі дії:

$$u_P = K_P \varepsilon, \quad u_I = \frac{1}{T_I} \int \varepsilon d\tau, \quad u_D = \tau_D \frac{d\varepsilon}{d\tau}. \quad (2.2)$$

де K_P , T_I и τ_D – параметри регуляторів.

Даним П, І та реальному Д законам управління відповідають ПФ регуляторів:

$$W_P = K_P, \quad W_I(s) = \frac{1}{T_I s}, \quad W_D(s) = \frac{K_D T_D s}{T_D s + 1}. \quad (2.3)$$

Остання ПФ при $K_D > 1$ наближено формує диференціальний закон з параметром $\tau_D = K_D T_D$, звичайно $K_D = 10$. Позначаючи $\lambda_I = 1/T_I$, $\lambda_D = 1/T_D$, запишемо ДР І регулятора та ДР реального Д регулятора:

$$\frac{du_I}{d\tau} = \lambda_I \varepsilon, \quad \frac{dv_D}{d\tau} = -\lambda_D (v_D + K_D \varepsilon), \quad u_D = v_D + K_D \varepsilon. \quad (2.4)$$

З П, І та Д регуляторів побудуємо ПІ, ПД, ІД і ПІД регулятори. Для оптимізації параметрів регуляторів K_P , λ_I і λ_D сформуємо з них вектор змінних параметрів $\mathbf{x} \in R^p$ розміру $p \in \{1, 2, 3\}$.

Для П та І регуляторів $p = 1$, для ПІ, ПД та ІД регуляторів $p = 2$, для ПІД регулятора $p = 3$. У вигляді формули 2.4 також зіставлені моделі нечітких регуляторів.

Загальна модель САУ має вигляд

$$\mathbf{X} = (\mathbf{X}_O(\tau)^T \mathbf{X}_C(\tau)^T)^T, \mathbf{f}(\mathbf{X}, \mathbf{x}, \mathbf{c}, \mathbf{g}) = (\mathbf{f}_O(\mathbf{X}_O, \mathbf{x}_O, \mathbf{c}_O, \mathbf{g}_O)^T \mathbf{f}_C(\mathbf{X}_C, \mathbf{x}_C, \mathbf{c}_C, \mathbf{g} - y)^T)^T.$$

З цими позначеннями у вигляді зіставлені моделі САУ пальникових пристроїв, димососів, електродвигунів, датчиків.

З урахуванням вектора змінних параметрів \mathbf{x} передавальна функція для контуру управління представлена у вигляді

$$W_S(\mathbf{x}, s) = \frac{(K_P s + K_I) \beta_O(\mathbf{x}, s)}{s \alpha_O(\mathbf{x}, s) + (K_P s + K_I) \beta_O(\mathbf{x}, s)}. \quad (2.5)$$

З позначеннями зображення за Лапласом заданого впливу $g(\tau)$, регульованої величини $y(\tau)$ і помилки $\varepsilon(\tau)$ через $G(s)$, $Y(s)$ та $E(s)$, а зображення керуючого впливу $u(\tau)$ і його складових $u_p(\tau)$, $u_I(\tau)$ – через $U(s)$, $U_p(s)$ та $U_I(s)$, з урахуванням моделі ПІ регулятора отримані рівняння регулятора зі змінною Лапласа s :

$$E(s) = G(s) - Y(s), \quad U_p(s) = K_p E(s), \quad U_I(s) = K_I E(s)/s, \quad U(s) = U_p(s) + U_I(s).$$

Цим рівнянням відповідає система рівнянь для функцій часу:

$$\varepsilon(\tau) = g(\tau) - y(\tau), \quad u_p(\tau) = K_p \varepsilon(\tau), \quad du_I/d\tau = K_I \varepsilon(\tau), \quad u(\tau) = u_p(\tau) + u_I(\tau).$$

З позначенням змінної стану $X_1 = u_I$ отримані рівняння:

$$\varepsilon = g - y, \quad u_p = K_p \varepsilon, \quad u = u_p + u_I, \quad X_1 = u_I, \quad dX_1/d\tau = K_I \varepsilon. \quad (2.6)$$

Проаналізувавши технологічні особливості виробництва вогнетривів алюмосилікатного цеху, можемо застосувати отримані дані для створення формули, яка стане основою для математичної моделі, що забезпечить регулювання потужності пальників у зоні відпалу із застосуванням ПІД-регулятора:

$$CV(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + CV_{\text{bias}} \quad (2.7)$$

де $CV(t)$ – активний вплив (величина потужності пальника);

$e(t)$ – регульоване розходження температур (різниця задаваної та справжньої температури);

CV_{bias} – похибка, яка спричинена вимірювальними приладами;

K_p – пропорційна стала;

K_i – інтегральна стала;

K_d – диференційна стала.

У формулі можливо встановити величину окремих сталих:

1. Пропорційна стала K_p визначає миттєву реакцію потужності на зміну різниці заданої та справжньої температури. Це позначає, що величина потужності збільшується лінійно зі збільшенням розходження температур.

2. Інтегральна стала K_i визначає швидкість збільшення потужності під впливом постійного розходження температур, тобто при постійному розходженню під час визначеної потужності, потужність буде збільшуватись зі швидкістю, яка дорівнює даній сталій.

3. Похідна стала K_d визначає зміну потужності в залежності від похідної розходження температур. Справжня температура швидко рухається до заданої температури, потужність зменшується в залежності від величини цієї сталої.

Для кожної зони застосовується свій PID-регулятор:

1. перший з них (PID1) налаштовує величину загальної потужності зони P_z і в його формулі застосована величина середньої температури в зоні (середньо арифметичне вимірювальної температури праворуч та ліворуч зони відпалу);

2. другий (PID2) застосовується для вирівнювання різниці температур праворуч та ліворуч зони відпалу та перерозподіляє загальну потужність P_z , яка задана першим регулятором на два пальника в залежності від різниці між температурами праворуч та ліворуч.

При проведенні прощтовхування вагону система реагує, так як відбувається відкривання воріт печі, падіння температури по зонам, відкриваються регулюючі клапана до найбільшого відкриття та всі

пальники горять при максимальній потужності до тих пір, коли температура не прийде до потрібної величини.

На даному принципі також заснований зв'язок падіння чи збільшення температури по зонам при проходженні вагона з садкою, в залежності від заданих параметрів паспорта вагона при подачі його у піч на 1 позицію сушил.

Для нас важливо щоб у автоматичному режимі зміна потужностей пальників відбувалась з обох боків зони пічного простору (праворуч та ліворуч). Таким чином у цьому циклічному режимі встановимо три рівні потужності пальників, розташованих праворуч та ліворуч, які будуть діяти за певним алгоритмом, для досягнення необхідних значень температури у зоні за мінімальний проміжок часу.

Налаштування повинно відбуватися для пари протилежних пальників у зоні – коли один пальник (напр. ліворуч) горить на меншу потужність (P_{min}), а протилежний пальник горить на більшу потужність (P_{max}). Коли виконуються умови регулювання відбувається зміна потужності на пальниках навпаки і це позначає, що на парі протилежних пальників змінюються циклічно 2 стани, які перемикаються при досягненні умов регулювання. Умови регулювання занесені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Досягнення заданої потужності пальників за рахунок роботи ПИД-регулятора.

| № з/п | Потужність ліворуч | Потужність праворуч |
|------------|--------------------|---------------------|
| 1 ступінь. | P_{min1} | P_{min1} |
| 2 ступінь. | P_{min2} | P_{max2} |
| 3 ступінь. | P_{min3} | P_{max3} |

Перемикання між трьома ступенями потужностей залежить від актуального розходження фактичної температури від заданої. Чим

більше буде температурне розходження – регулятор буде використовувати ступені з більшою потужністю пальників (напр. 3 ступінь). Чим буде температурне розходження зменшуватись, регулятор буде переходити на ступені з меншою потужністю (ступені 1 та 2). Даний процес представлений у вигляді UML-діаграми на рисунку 2.2.

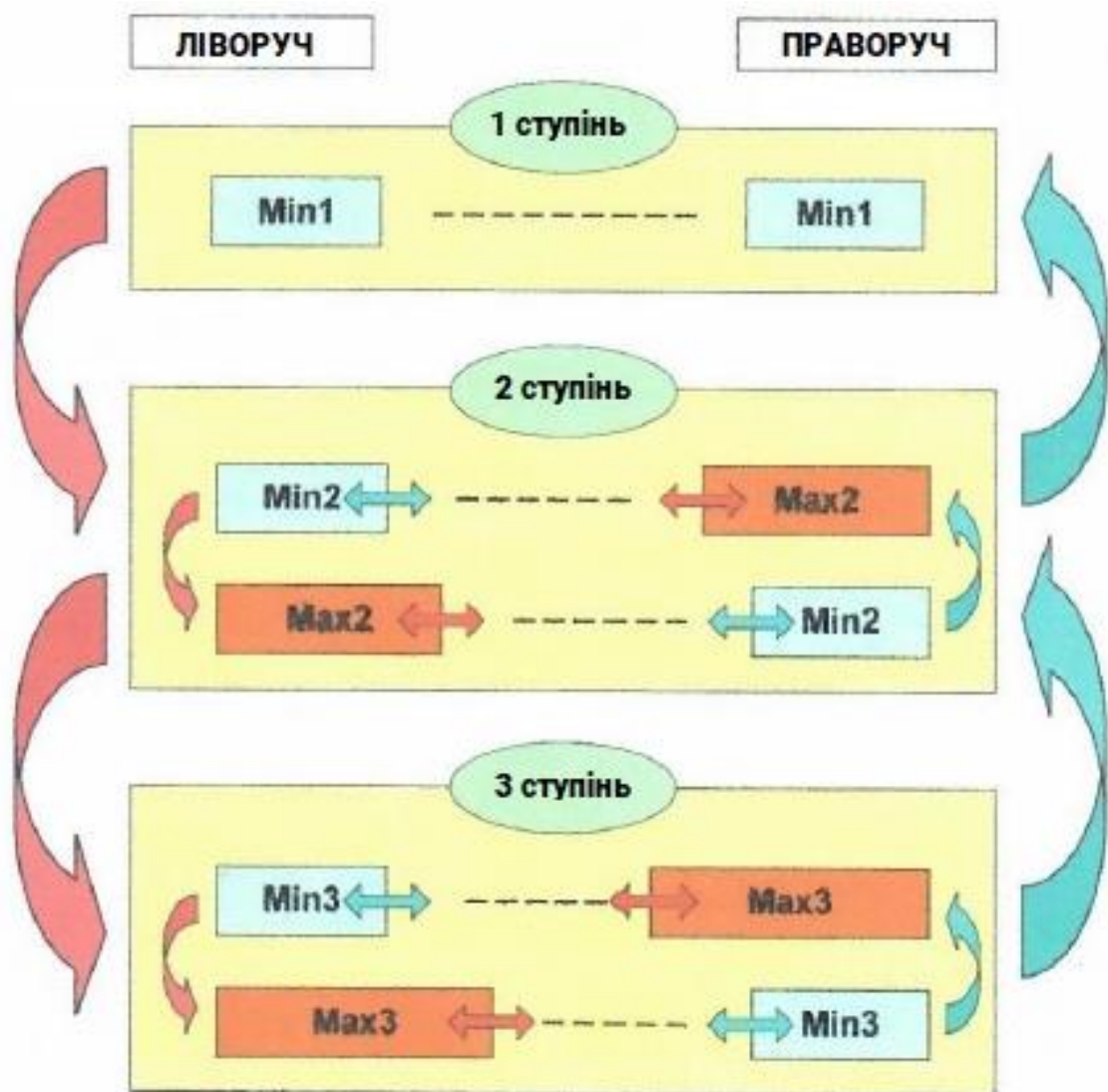


Рисунок 2.2 - UML-діаграма послідовності автоматичного регулювання потужностей пальників тунельної печі ПІД-регуляторами.

Реалізація даного алгоритму дозволяє формувати бази даних графіків кривих температур та застосовувати їх для відпалу вагонів по

заданим параметрам. На рисунку 2.3 представлена характеристика температур із застосуванням та без застосування функції підйому температур. Червона характеристика – без застосування, синя – з застосуванням функції підйому температур.

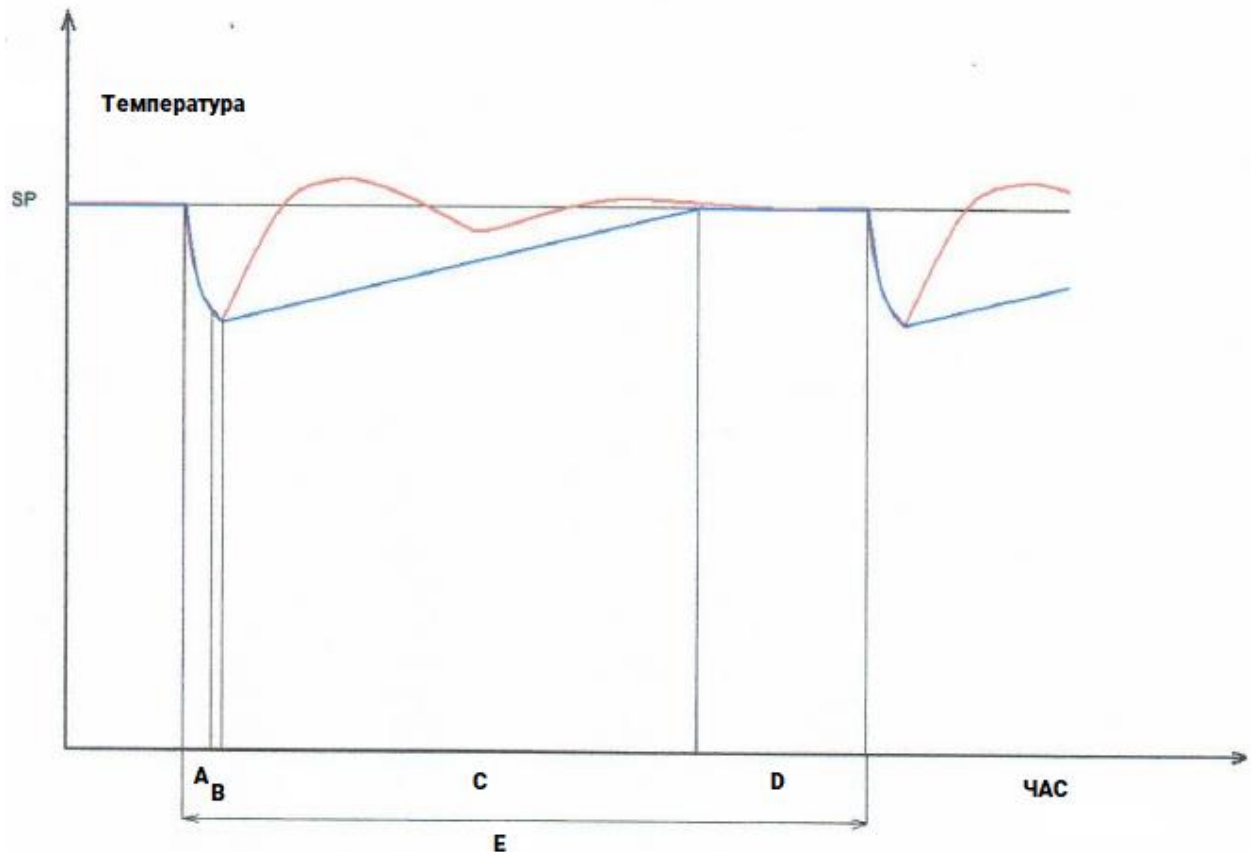


Рисунок 2.3 – Графік температурних кривих по зонах тунельної печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» без застосування та із застосуванням функції підйому температур.

На рисунку 2.3 позначені зони відповідають:

- 1) зона А – час переміщення вагону на одну позицію;
- 2) зона В – час розрахунку температур;
- 3) зона С – час підйому температур;
- 4) зона D – час витримки температур;
- 5) E – інтервал часу переміщення вагону на одну позицію.

2.3 Висновки за розділом

Згідно розробленої математичної моделі буде організовано регулювання роботи за допомогою встановлення ПІД-регуляторів на управління роботи клапанів магістральних трубопроводів та пальникових пристроях печі (повітря, горючий газ), нагнітаючих вентиляторів високого тиску, димососів, вентиляторів охолодження ардометрів, сигналів з кінцевих вимикачів зв'язку.

Робимо висновок, що ми змогли привести до математичної моделі процес відпалу в автоматичному режимі роботи з регулюванням температури у межах заданої кривої температур за мінімальний проміжок часу. Реалізація даного процесу також дає можливість отримати економію природного газу. Даний ефект можна буде прорахувати при проведенні лабораторних робіт.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

5.1 Обґрунтування доцільності розробки програмного забезпечення

За основу економічного обґрунтування взятий проведений аналіз даних браку відпалу за 2022 рік (табл.1.1 та табл.1.2). Даний аналіз показав, що кількість браку шамотного виробництва алюмосилікатного цеху безпосередньо пов'язаного з температурним режимом у печі становить 192,105тн. Це становить 12,45% від річної кількості браку відпалу 1542,645тн. Собівартість виробництва 1тн алюмосилікатних вогнетривів становить 12073 грн.

5.2 Планування етапів розробки та економічний аналіз проекту

Планування комплексу робіт з розробки програмного забезпечення та оцінка трудомісткості цих робіт є ключовими етапами управління проектами в галузі ІТ.

Для розробки програмного забезпечення залучаються дві основні ролі:

1. Керівник проекту - відповідає за формування завдань проекту, розробляє план виконання завдань та управління проектом та забезпечує консультації та координацію усіх аспектів проекту.

Графік визначає порядок виконання різних завдань, що допомагає впорядкувати процес розробки та забезпечує логічний перехід між етапами проекту. Показує залежності між різними завданнями та етапами, дозволяючи краще розуміти вплив затримок чи змін у одному завданні на загальний прогрес проекту. На основі таблиці було розроблено діаграму Ганта (рис.5.2), яка являє собою візуальний інструмент для представлення графіка робіт, включає часові інтервали для кожного завдання, демонструючи їх тривалість та перекриття.

Використання діаграми Ганта дозволяє ефективно управляти часом та ресурсами, передбачати ризики затримок і забезпечувати точне дотримання встановлених термінів.

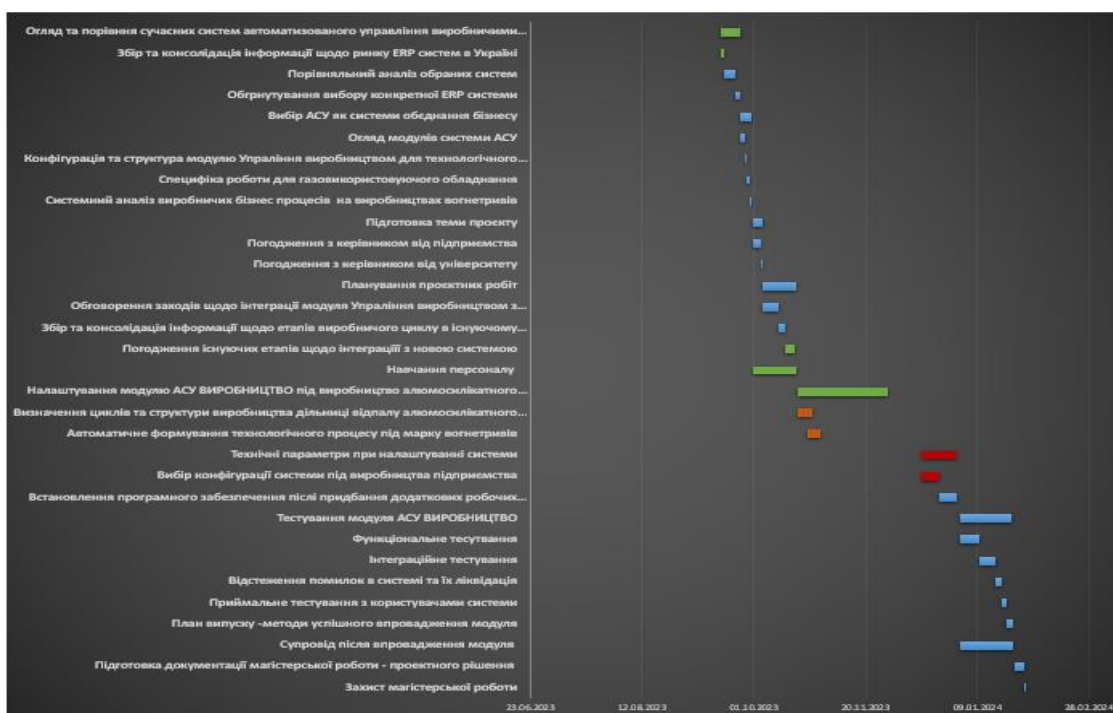


Рисунок 5.2 – Діаграма Ганта графіку часового планування

5.3 Розрахунок проектних витрат на розробку ПЗ

Інвестиції у проекти, що охоплюють створення та імплементацію програмних продуктів, визначаються за формулою:

$$K = KP + KR, \text{ грн}; \quad (5.1)$$

де KP - це кошти, вкладені у процес проектування (попередні витрати на виробництво), виражені у гривнях;

KR - це фінансування, спрямоване на реалізацію проекту, також у гривнях.

Ця формула демонструє, що загальні капіталовкладення в проект програмного забезпечення є сумою коштів, витрачених на етапи проектування та реалізації. Важливо усвідомлювати, що витрати на проектування включають всі дії, пов'язані з підготовкою та плануванням проекту, в той час як витрати на реалізацію відображають практичне втілення задуманого, включаючи розробку програмного коду, тестування, інтеграцію та інші пов'язані дії.

Для визначення витрат на проект, що включає розробку програмного забезпечення, необхідно розрахувати основну заробітну плату виконавців. Це робиться на основі кількості часу, яку кожен виконавець приділяє проекту, згідно з календарним графіком робіт. Розрахунок основної заробітної плати виконавців СН здійснюється, виходячи з припущення, що в місяці є 21 робочий день.

Формула розрахунку виглядає так: основна заробітна плата визначається як денна ставка, помножена на кількість робочих днів у місяці, а також на відсоток завантаження виконавця на проекті. Це дозволяє отримати точну оцінку витрат на трудові ресурси проекту, що є критично важливим для точного бюджетування і планування витрат проекту. На рисунку 5.3 за формулою 5.1 розраховані витрати на проектування та розробку ПЗ, де ціни вказані у гривні.



Estimate Template

| [Company Name] | | Date: | 16.09.2023 | | | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------|----------------------|-------|
| [Street Address] | Quote #: | - | | | | |
| [City, State, Zip Code] | Customer ID: | 1004 | | | | |
| [Website] | Valid Until: | 25.11.2023 | | | | |
| [Phone/Fax] | | | | | | |
| [Prepared By:] | | | | | | |
| [Customer] | | | | | | |
| [Name] | | | | | | |
| [Company Name] ПрАТ "ЗАПОРІЖВОГІСТРИВ" | | | | | | |
| [Street Address] Пішове шосе, Тернопіль, 726 / 1 | | | | | | |
| [City, State, Zip Code] Тернопіль | | | | | | |
| [Phone/Fax/Email] | | | | | | |
| Інтеграція проекту | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Огляд та порівняння сучасних систем автоматизованого управління виробничим процесом | \$ 10 800,00 | | | | \$ 10 800,00 | |
| Збір та консолідація інформації щодо ринку ERP систем в Україні | \$ 2 400,00 | | | | \$ 2 400,00 | |
| Порівняльний аналіз обраних систем | \$ 6 000,00 | | | | \$ 6 000,00 | |
| Обґрунтування вибору конкретної ERP системи | \$ 2 400,00 | | | | \$ 2 400,00 | |
| Вибір АСУ як системи об'єднання Бізнесу | \$ 6 000,00 | | | | \$ 6 000,00 | |
| Огляд архівів системи АСУ | \$ 2 400,00 | | | | \$ 2 400,00 | |
| Конфігурація та структура модуля Управління виробництвом для технологічного обладнання в АСУ | \$ 1 200,00 | | | | \$ 1 200,00 | |
| Специфіка роботи для гнучкого використання обладнання | \$ 1 200,00 | | | | \$ 1 200,00 | |
| Системний аналіз виробничого Бізнес процесів на виробничих підприємств | \$ 1 200,00 | | | | \$ 1 200,00 | |
| Subtotal | \$ 33 600,00 | \$ - | \$ - | | \$ 33 600,00 | |
| Планування проекту | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Підготовка теми проекту | \$ 4 800,00 | | | | \$ 4 800,00 | |
| Поповнення з керівником від підприємства | \$ 3 600,00 | | | | \$ 3 600,00 | |
| Поповнення з керівником від університету | \$ 1 200,00 | | | | \$ 1 200,00 | |
| Планування проектних робіт | \$ 18 000,00 | | | 10,00% | \$ 19 800,00 | |
| Subtotal | \$ 27 600,00 | \$ - | \$ - | | \$ 29 400,00 | |
| Прокручування системи | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Обговорення заходів щодо Інтеграції модуля Управління виробництвом з керівником від підприємства | \$ 8 400,00 | | | | \$ 8 400,00 | |
| Збір та консолідація інформації щодо етапів виробничого процесу в існуючому виробстві ПрАТ ЗАПОРІЖВОГІСТРИВ | \$ 3 600,00 | | | | \$ 3 600,00 | |
| Поповнення існуючого етапів щодо Інтеграції новою системою | \$ 4 800,00 | | | | \$ 4 800,00 | |
| Subtotal | \$ 16 800,00 | \$ - | \$ - | | \$ 16 800,00 | |
| Розробка системи | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Наказування модулю АСУ ВИРОБНИЦТВО під виробничою або масштабним цією ПрАТ ЗАПОРІЖВОГІСТРИВ | \$ 22 800,00 | | | | \$ 22 800,00 | |
| Визначення цілей та структури виробництва даних відрізу або масштабного цією | \$ 48 000,00 | | | | \$ 48 000,00 | |
| Автоматичне формування технологічного процесу підприємств підприємств | \$ 4 800,00 | | | | \$ 4 800,00 | |
| Технічні параметри при налаштуванні системи | \$ 7 200,00 | | | | \$ 7 200,00 | |
| Вибір конфігурації системи підприємства підприємства | \$ 19 200,00 | | | | \$ 19 200,00 | |
| Встановлення програмного забезпечення після придбання додаткового робочого місця | \$ 9 600,00 | \$ 400 000,00 | | | \$ 409 600,00 | |
| Subtotal | \$ 111 600,00 | \$ 400 000,00 | \$ - | | \$ 511 600,00 | |
| Тестування та валідація | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Тестування модуля АСУ ВИРОБНИЦТВО | \$ 9 600,00 | | | | \$ 9 600,00 | |
| Функціональне тестування | \$ 27 600,00 | | | | \$ 27 600,00 | |
| Інтеграційне тестування | \$ 10 800,00 | | | | \$ 10 800,00 | |
| Відхилення помилок в системі та їх ліквідація | \$ 8 400,00 | | | 10,00% | \$ 9 240,00 | |
| Пробні тести тестування з користуваннями системи | \$ 3 600,00 | | | | \$ 3 600,00 | |
| План випуску - методи успішного впровадження модуля | \$ 2 400,00 | | | | \$ 2 400,00 | |
| Subtotal | \$ 67 400,00 | \$ - | \$ - | | \$ 63 240,00 | |
| Впровадження та навчання персоналу | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Супровід після впровадження модуля | \$ 3 600,00 | | | | \$ 3 600,00 | |
| Навчання персоналу | \$ 28 800,00 | | \$ 50 000,00 | 15,00% | \$ 83 120,00 | |
| Subtotal | \$ 32 400,00 | \$ - | \$ 50 000,00 | | \$ 86 720,00 | |
| Закриття проекту | | | | | | |
| Assigned To: | Labor | Materials | Other costs | Reserve | Total | Notes |
| Підготовка документації з технічної роботи - проектного рішення | \$ 4 800,00 | | | | \$ 4 800,00 | |
| Закриття технічної роботи | \$ 1 200,00 | | | | \$ 1 200,00 | |
| Subtotal | \$ 6 000,00 | \$ - | \$ - | | \$ 6 000,00 | |
| Grand Total | \$ 290 400,00 | \$ - | \$ - | | \$ 747 360,00 | |

Рисунок 5.3 – Проектні витрати

5.4 Розрахунок економічного ефекту від впровадження САУ

Загальні річні витрати від браку відпалу розраховуємо за формулою 5.2:

$$V_1 = B_{p1} \times C, \text{ грн/рік}; \quad (5.2)$$

де V_1 – це витрати від браку відпалу за 2022 рік, т;

B_{p1} – кількість браку відпалу алюмосилікатного цеху за рік, тн;

C – собівартість алюмосилікатних вогнетривів, грн/тн.

Підставивши значення отримаємо річні витрати від браку відпалу:

$$V_1 = 192,645 \times 23073 = 4\,444\,898,09 \text{ (грн/рік)}.$$

При реалізації даного проекту цільовий показник браку повинен становити не більше 4% від об'ємів річного виробництва, що буде становити за рік 61,71тн.

Для реалізації даного проекту необхідно виконати комплексну модернізацію газорозподільного обладнання печі, з заміною пальникових пристроїв, встановлення частотних перетворювачів управління електроприводом димососів, вентиляторів високого тиску. Загальна сума реалізації, згідно комерційної пропозиції становить 10 000 000 грн.

Проведення пуско-налагоджувальних робіт планується виконати хозспособом, за рахунок спеціалістів ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» - служба інжинірингу алюмосилікатного цеху та служба АСУТП підприємства.

Розрахуємо річні витрати від браку відпалу після реалізації проекту за формулою 5.3.

$$B_2 = B_{p2} \times C, \text{ грн/рік}; \quad (5.3)$$

B_{p2} – кількість браку відпалу алюмосилікатного цеху за рік після реалізації проекту, тн.

Підставляємо значення та отримуємо:

$$B_2 = 61,71 \times 23073 = 1\,423\,834,83 \text{ (грн/рік)}.$$

Ефективність реалізації проекту розраховується за формулою 5.4:

$$E = P - (B_1 - B_2), \text{ грн/рік}; \quad (5.4)$$

де P – витрати на реалізацію проекту, грн.

Підставляємо значення та отримуємо:

$$E = (4\,444\,898,09 - 1\,423\,834,83) - 10\,000\,000 = -6\,978\,936,74 \text{ (грн)}.$$

Отримане значення є від'ємним, тобто окупність проекту буде досягнута за певний проміжок часу.

Для визначення терміну окупності від впровадження проекту використовується формула:

$$P_p = \frac{\text{Витрати на реалізацію}}{\text{Досягнутий ефект від впровадження}} \quad (5.5)$$

Витрати на реалізацію - 10 000 000 грн., ефект від впровадження - 3021063,26 грн.

Термін окупності вираховується як:

$$P_p = 10\,000\,000 / 3\,021\,063,26 = 3,31 \text{ року}$$

Далі розраховуємо фактичний коефіцієнт економічної ефективності розробки (E_{fact}) і порівнюємо його з нормативним значенням коефіцієнта ефективності капітальних вкладень

$$E_n = 0,3 : E_{\text{fact}} = 1 / P_p = 1 / 3,97 = 0,30.$$

4.3 Висновки за розділом

Фактичний коефіцієнт економічної ефективності розробки ПЗ становить 0,30, що дорівнює нормативному коефіцієнту 0,3. Це означає, що розробка та впровадження ПЗ є економічно доцільною.

Отже, можна зробити висновок про технічну доцільність та економічну ефективність розробленого ПЗ.

ВИСНОВКИ

Станом на грудень 2023 року гірничо-добувні, металургійні та машинобудівні виробництва України стикаються з критичною ситуацією, пов'язаною з недостатньою кількістю кваліфікованого виробничого персоналу. Масова мобілізація та евакуація співробітників призвели до серйозного втручання в продуктивність підприємств.

У зв'язку з цим, виникла потреба в розробці корекційних заходів для збільшення продуктивності наявного персоналу. Одним із ключових напрямків у цьому контексті є впровадження автоматизованих систем управління виробничими процесами. Це дозволяє оптимізувати та прискорювати виробничі процеси, зменшуючи вплив відсутності частини персоналу на ефективність.

Оптимізація робочих місць та використання сучасного обладнання в автоматичному чи напівавтоматичному режимах також є важливим етапом. Це дозволяє зменшити залежність від ручних операцій та підвищити точність та швидкість виробничих процесів. Навчання персоналу з управління модернізованим обладнанням визнається ключовим фактором. Застосування нових технологій часто вимагає підготовки працівників для ефективного використання цих засобів. Такі навчання сприяють підвищенню кваліфікації та адаптації персоналу до сучасних виробничих стандартів. Загальною метою цих заходів є збільшення продуктивності та ефективності виробництва, зменшення втрат часу та ресурсів. Впровадження автоматизації та оптимізації може сприяти утриманню високої якості виробництва навіть при обмеженому кількісному складі працівників. Крім того, можливо розглядати стратегії для привертання та збереження кваліфікованого персоналу в умовах нестабільності на ринку праці. Це може включати в себе програми навчання та розвитку, підвищення соціальних гарантій, а також інші

механізми, що стимулюють працівників залишатися та розвиватися на підприємстві. Розроблені бізнес-вимоги до програмного рішення, а також функціональні та нефункціональні вимоги. В рамках проектування розроблені діаграми UML (діаграма прецедентів предметної області, діаграма діяльності програмної системи для класифікації зображень), діаграма IDEF0 (узагальнююча контекстна діаграма системи, декомпована модель бізнес-процесу), діаграма за методологію BPMN (модель бізнес-процесу), діаграма у вигляді інтелектуальної карти (система функціональних вимог до програмного рішення). Виконано опис проекту щодо розробки програмного рішення. Визначено концепцію проекту, наведено опис проекту за методологією SCRAM. Здійснені економічні розрахунки та визначено бюджет проекту.

Розроблена модель програмного рішення дозволить підвищити ефективність бізнес-процесу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013 Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 1. Модель якості (ISO/IEC 9126-1:2001, IDT). / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.e.gov.ua/content/nacionalni-standarty-ukrayiny-dlya-stvorennya-vprovadzhennya-ta-suprovodzhennya>
2. ДСТУ 2844–94 Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення; введ. 1994–11–23. –К.: Держстандарт України – 20 с.5.
3. ДСТУ 2850–94 Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінювання якості; введ. 1994–11–23. – К.:Держстандарт України – 20 с.
4. Бердник П. Г. Метод управління інформаційними моделями у системах управління складними динамічними об'єктами / П. Г. Бердник, О. І. Тимочко, М. Б. Бровко / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 2(11). – С. 157-160.
5. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.
6. Ершова Н. М. Современные методы теории проектирования и управления сложными динамическими системами: монография / Н. М. Ершова. – Днепропетровск: ПРАСА, 2016. – 272 с.
7. Караченець Д. В. Цифро-аналоговий обчислювальний комплекс (ЦАОК) "Альфа-1" для моделювання систем управління складними динамічними об'єктами / Д. В. Караченець / Мат. машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 48-58.
8. Ковриго Ю. М. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління: підручник / Ю. М. Ковриго, О. В. Степанець, Т. Г. Баган, О. С. Бунке. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 155 с.

9. Котов Ю. В. Оборудование атомных электростанций / Ю. В. Котов, В. В. Кротов, Г. А. Филиппов. – М.: Машиностроение, 1982. – 376 с.
10. Нефедов Л. И. Модели параметрического синтеза компьютерной сети в условиях нечеткой информации / Л. И. Нефедов, В. Е. Овчаренко, А. Б. Биньковская / Технология приборостроения. – 2019. – № 2. – С. 47-50.
11. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы: Пер. с фр. / М. Мину. – М.: Наука, 1990. – 488 с.
12. Павлов А. А. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении / А. А. Павлов, С. Ф. Теленик. – К.: Техника, 2002. – 344 с.
13. Удовенко С. Г. Використання шаблонів автоматичного тестування в проектах з розробки веб-додатків / С. Г. Удовенко, Н. О. Миронова, Т. В. Федорончак, К. К. Верещак // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – № 5 (47). – С. 111-118.
14. Устойчивость энергосистемы Украины по частоте и ее влияние на надежность и безопасность работы АЭС / В. М. Тарасенко, В. Н. Васильченко, А. И. Мехед и др. / Энергетика и электрификация. – 2001. – № 12. – С. 18-24.
15. Абдуллаев Н. Д. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов / Н. Д. Абдуллаев, Ю. П. Петров. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 240 с.
16. Александров А. Г. Синтез регуляторов многомерных систем / А. Г. Александров. – М.: Машиностроение, 1986. – 272 с.
17. Александров Е. Е. Автоматизированное проектирование динамических систем с помощью функций Ляпунова / Е. Е. Александров, М. В. Бех. – Харьков: Основа, 1993. – 113 с.
18. Александров Є. Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами: Підручник у 3-х томах. Том 1. Теорія автоматичного керування / Є. Є. Александров, Е. П. Козлов,

Б. І Кузнецов. / За заг. ред. Александрова Є. Є. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 490 с.

19. Болнокин В. Е. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭВМ. Алгоритмы и программы: Справочник / В. Е. Болнокин, П. И. Чинаев. – М.: Радио и связь, 1991. – 256 с.

20. Кондратьева С. Д. Моделирование сложных систем: современные математические методы и практические аспекты / С. Д. Кондратьева, М. Г. Семененко / Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5-1. – С. 43-46.

21. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Чинний від 2007-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с.

22. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.

23. Гадецька З.М., Холопова М.О. Моделювання бізнес-процесів діяльності підприємства. Ефективна економіка № 5, 2016, УДК 504.064

24. Стандарт з управління проектами та Настанові до зводу знань з управління проектами (Настанова PMBOK, сьоме видання), Project Management Institute, Inc (PMI), ISBN: 9781628256673.

25. Smith, J. "Automation in Industrial Processes." Journal of Automation Engineering, 25(3), 123-145.

26. Brown, A., & Miller, C. "Control Systems for Technological Processes." Springer. , 2019.

27. Lee, K., & Kim, G. "Advances in Industrial Automation and Control Systems." CRC Press, 2020.

28. Davis, M., & Jones, R. "Introduction to Programmable Logic Controllers." Wiley, 2017.

29. Peters, C., & King, R. "SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition." ISA, 2016.

30. Мельник І.Г., Гудзенко В.В. Автоматизація технологічних процесів на базі програмованих логічних контролерів. Київ: Видавництво КНУТД, 2016. 220 с.

31. Ковальчук О.О., Литвиненко І.О. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Київ: Видавництво КПІ, 2018. 180 с.

32. Петренко С.О., Тимофеева Л.А. "Методи та засоби автоматизації технологічних процесів виробництва." Київ: Видавництво НТУУ "КПІ", 2019. 250 с.

33. Грабчак М.П., Бортнік Л.І. Системи автоматизованого управління в електроенергетиці. Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка, 2017. 190 с.

ДОДАТОК А. ВІДОМІСТЬ РОБОТИ

| п/п | Назва документу | Найменування об'єкта або виробу | Формат | Кількість сторінок |
|------------------|--|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1 | Пояснювальна записка | КЦТПАР.122-22-2М.01.00.КР.ПЗ | A4 | 108 |
| Графічна частина | | | | |
| 2 | Тема роботи. Мета, об'єкт, предмет і завдання дослідження | КЦТПАР.122-22-2М.02.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 3 | Бізнес-процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» | КЦТПАР.122-22-2М.03.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 4 | Контекстна діаграма системи | КЦТПАР.122-22-2М.04.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 5 | Математична модель об'єкта системи управління відпалювальної печі | КЦТПАР.122-22-2М.05.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 6 | Use Case діаграма | КЦТПАР.122-22-2М.06.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 7 | Облік вагонів з садкою виробництва шамотних виробів алюмосилікатного цеху на пульту печі | КЦТПАР.122-22-2М.07.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |
| 8 | Висновки | КЦТПАР.122-22-2М.08.00.КР.ПЛ | A4 | 1 |

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|------------|------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| | | | | | КЦТПАР.122-22-2М.00.00.КР.ВР | | | |
| <i>Ізм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Гармаш Д.Ю. | | | Відомість роботи | <i>Лист.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Нікуліна О.М. | | | | | 100 | 133 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | 122-22-2М | | |
| <i>Н. контр.</i> | | Нікуліна О.М. | | | | | | |
| <i>Затвердив</i> | | Сагайда П.І. | | | | | | |

ДОДАТОК Б. СЕРТИФІКАТ ПРО УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ

CERTIFICATE

Garmash Dmytro

for Participation in the International scientific-technical conference

**MININGMETALTECH 2023 – The mining
and metals sector: integration of business,
technology and education**

November 29–30, 2023

Total: 15 hours – 0.5 ECTS credit

Oleksandr POVAZHNYI
Doctor of Economics, Professor
Rector of LLC "TECHNICAL UNIVERSITY
"METINVEST POLYTECHNIC"



ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО РІШЕННЯ

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶

Специфікація вимог до програмного продукту

¶
¶
¶

Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

¶

¶
¶

Затверджено версію 1.0

Підготовлено Гармаш Д.Ю.

ПАТ «Запоріжвогнетрив»

01.05.2023 р.

..... Разрыв

Зміст

| | |
|--|-----------|
| 1. Введення (Introduction) | 3 |
| 1.1 → Мета (Purpose) | 3 |
| 1.2 → Умовні позначення документів (Document Conventions) | 3 |
| 1.3 → Цільова аудиторія і пропозиції з читання (Intended Audience and Reading Suggestions) | 3 |
| 1.4 → Область застосування продукту (Product Scope) | 3 |
| 1.5 → Посилання (References) | 4 |
| 2. Загальний опис (Overall Description) | 5 |
| 2.1 → Перспектива продукту (Product Perspective) | 5 |
| 2.2 → Особливості продукту (Product Features) | 5 |
| 2.3 → Класи та характеристики користувачів (User Classes and Characteristics) | 7 |
| 2.4 → Операційне середовище (Operating Environment) | 9 |
| 2.5 → Обмеження щодо проектування та впровадження (Design and Implementation Constraints) | 9 |
| 2.6 → Документація користувача (User Documentation) | 9 |
| 2.7 → Припущення та залежності (Assumptions and Dependencies) | 9 |
| 3. Вимоги до зовнішнього інтерфейсу (External Interface Requirements) | 10 |
| 3.1 → Інтерфейси користувача (User Interfaces, UIINT) | 10 |
| 3.2 → Апаратні інтерфейси (Hardware Interfaces, HINT) | 11 |
| 3.3 → Інтерфейси програмного забезпечення (Software Interfaces, SWINT) | 12 |
| 3.4 → Інтерфейси зв'язку (Communications Interfaces, CINT) | 12 |
| 4. Особливості системи (System Features) | 12 |
| 4.1 → Функція системи 1: Безперервний моніторинг параметрів ДБЖ | 12 |
| 4.2 → Функція системи 2: Надання інформації про відхилення контрольованих параметрів ДБЖ від статусу «норма» | 13 |
| 4.3 → Функція системи 3: Перегляд історичних даних у вигляді трендів | 14 |
| 4.4 → Функція системи 4: Авторизація Аналітика системи | 14 |
| 5. Нефункціональні вимоги (Other Nonfunctional Requirements) | 16 |
| 5.1 → Вимоги до продуктивності (Performance Requirements, PER) | 18 |
| 5.2 → Вимоги щодо нешкодженості (техніки безпеки) (Safety Requirements) | 18 |
| 5.3 → Вимоги безпеки (Security Requirements, SEC) | 18 |
| 5.4 → Атрибути якості програмного забезпечення (Software Quality Attributes) | 19 |
| <i>Масштабованість:</i> Система повинна бути здатна підтримувати мінімум 20 одночасно працюючих користувачів, пов'язаних із загальною базою даних і мати можливість збільшити їх кількість на випадок збільшення штату співробітників підприємства | 19 |
| 6. Інші вимоги (Other Requirements) | 19 |

↑

↑

↑

Журнал версій (Revision History)

| Ім'я | Дата | Причина для зміни | Версія |
|-------------|---------------|--|--------|
| Гармаш Д.Ю. | 28.05.2023 р. | складання документа з розробки вимог до програмного продукту | 1.0 |
| | | | |

↑

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням ліччих вагонів тунельної відпалювальної печі фізичці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ "Запоріжжявогнетрив"

1. Введення (Introduction)

1.1 Мета (Purpose)

Ця SRS описує функціональні та нефункціональні вимоги до програмного забезпечення для випуску 1.0 інтелектуальної системи автоматизованого управління технологічним процесом відпалу шамотних вогнетривких виробів ПАТ «Запоріжжявогнетрив». Цей документ призначений для використання членами команди проекту, яка буде впроваджувати та перевіряти правильне функціонування системи.

Сфера дії продукту поширюється на процес контролю за параметрами роботи тунельної печі, видачу рекомендацій, що до проведення технічних заходів в разі відхилення параметрів від нормативного діапазону.

¶

1.2 Умовні позначення документів (Document Conventions)

Визначення, термінологія, скорочення та аббревіатури, що використовуються в межах цього проекту, містяться у таблиці наведені у додатку А: Глосарій (словник) (Glossary).

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

Цей документ призначений для читання:

- → командою розробників для використання як бази з технічними специфікаціями, тестування дизайну та виконання тестового плану.
- → володарями бізнес-процесу, керівниками проекту та іншими ключовими сторонами, зацікавленими в розгляданні та для підписання вимог.

1.4 Область застосування продукту (Product Scope)

Продукт призначений для:

- → технологічного персоналу виробництва шамотних виробів Алюмосилікатного цеху ПАТ «Запоріжжявогнетрив», які забезпечують щоденний контроль та обслуговування тунельної печі.
- → Інженерів Управління технології та якості ПАТ «Запоріжжявогнетрив»
- → Інжинірингових служб ПАТ «Запоріжжявогнетрив», які забезпечують додатковий контроль за станом обладнання.
- → для керівництва ПАТ «Запоріжжявогнетрив»

¶

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА» ¶

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» ¶

→ Інтелектуальна система автоматизованого управління технологічним процесом відпалу шамотних вогнетривких виробів дозволить в режимі реального часу здійснювати на корпоративному порталі моніторинг параметрів роботи тунельної печі дільниці відпалу Алюмосилікатного цеху, переглядати історичні дані з БД у вигляді звітів та трендів, виконувати експорт даних з БД для подальшого аналізу та видачі рекомендацій (прогнозування), що до необхідності проведення коригуючих заходів. ¶

На відміну від існуючих інструментів контролю параметрів тунельної печі, продукт дозволить: ¶

- → Зменшити ризики з'явлення браку продукції після проведення відпалу; ¶
- → зменшити вплив «людського фактору». ¶

1.5 → Посилання (References) ¶

Супутня інформація представлена у наступних документах: ¶

- → *Business Requirements Specification*. ¶
- → *Software Requirements (Developer Best Practices) 3rd Edition*, Karl Wiegers, Joy Beatty, 2013 ¶

¶

¶

¶

..... Разрыв страницы ¶

2. Загальний опис (Overall Description)

2.1 Перспектива продукту (Product Perspective)

- → Пропонована система є новою, яка замінює поточні щоденні ручні процедури перевірки показників приладів у різних локаціях печі, моніторингу стану обладнання **ОСМ**.
- Система в режимі реального часу буде дозволити здійснювати неперервний збір даних параметрів роботи тунельної печі та виконувати такі задачі:
 - → візуалізація в реальному часі параметрів роботи печі на існуючому корпоративному web-порталі «Запоріжвогетрив»;
 - → накопичення даних в БД;
 - → формування звітності та трендів;
 - → експорт даних з БД для подальшого аналізу параметрів роботи печі, видача рекомендацій (прогнозування), що до необхідності проведення технічного заходів.
- Контексна діаграма на рисунку 1 ілюструє зовнішні сутності та системні інтерфейси для ПЗ, що розробляється.

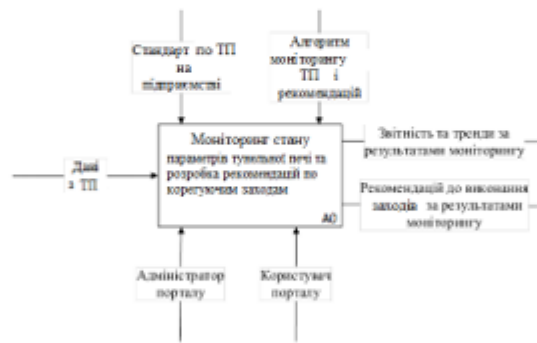


Рисунок 1 – Контексна діаграма в нотатції IDEF0

¶

¶

2.2 Особливості продукту (Product Features)

Список основних функцій представлений в таблиці:

¶

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for: Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічких вагонів тунельної відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

| Код | Функція |
|-------|---|
| RF-01 | Отримання даних з ТП |
| RF-02 | Візуалізація параметрів ТП на існуючому корпоративному веб-порталі «Запоріжвогнетрив» |
| RF-03 | Безперервний моніторинг параметрів ТП |
| RF-04 | Накопичення даних в БД |
| RF-05 | Формування звітності у вигляді усереднених таблиць |
| RF-06 | Формування звітності у вигляді трендів |
| RF-07 | Виведення попереджувальної сигналізації про відхилення контрольованих параметрів ТП від статусу «норма» |
| RF-08 | Видавати рекомендації, що до необхідності проведення технічних заходів на ТП |
| RF-09 | Аутентифікація користувача порталу з правами «Майстер дільниці відпалу» |
| RF-10 | Експорт параметрів до зовнішньої системи MS Excel |
| RF-11 | Експорт параметрів до зовнішньої системи Power BI |

↑

Зв'язок груп пов'язаних вимог представлений на діаграмі (рис. 2):



Рисунок 2 – Контексна діаграма інтелектуальної система моніторингу параметрів ТП

↑
↑
↑

2.3 Класи та характеристики користувачів (User Classes and Characteristics)

Короткий опис користувачів системи наведено в таблиці:

| Користувач | Короткий опис |
|-----------------------|---|
| Адміністратор системи | Виконує керування обліковими записами. |
| Адміністратор системи | Керує доступом до БД. |
| Користувач системи | Отримує інформацію від системи про параметри ТП. |
| Користувач системи | Виконує коригуючі заходи у випадках відхилення від норми. |
| Користувач системи | Формує запит на звітність та отримує звітність. |
| Аналітик системи | Виконує авторизацію в системі. |
| Аналітик системи | Виконує аналіз отриманих даних. |
| Аналітик системи | Виконує експорт параметрів в зовнішні програмні продукти. |

Опис варіантів використання представлено в діаграмі (рис. 3):

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»
Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічлих вагонів тунельної відналювальної печі ділянки відпаду алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

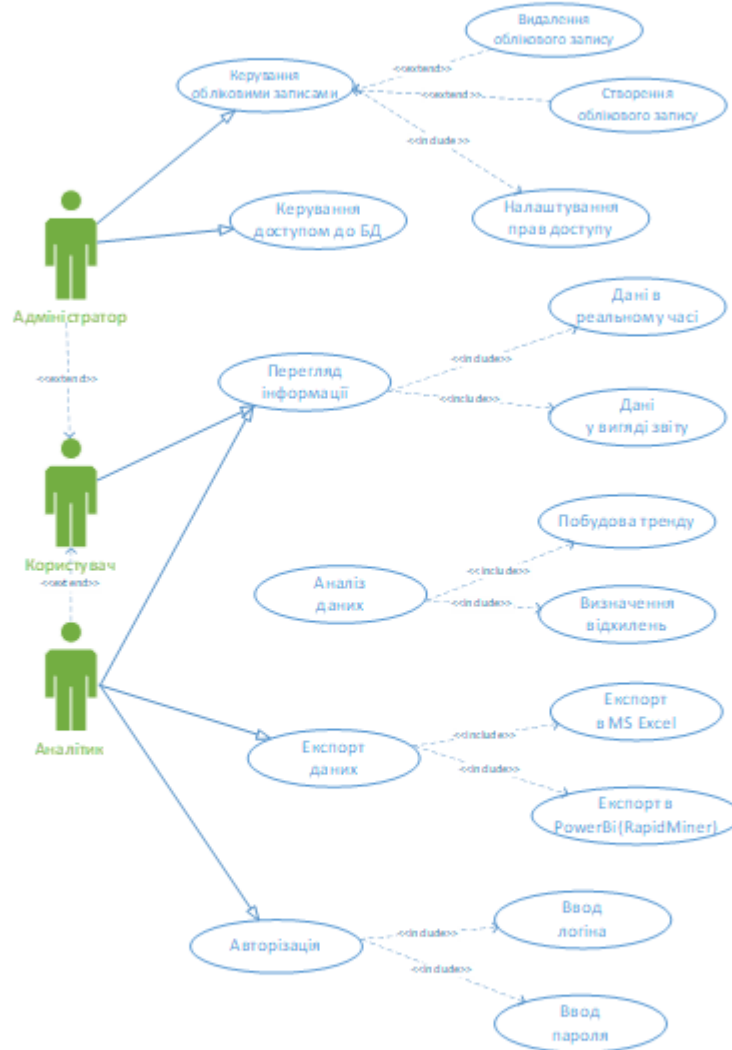


Рисунок 3.— Діаграма Use Case для системи

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА» ¶

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічких вагонів тунельної відпалювальної печі фізичної відпалювальної лінійної цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» ¶

- 2.4 → Операційне середовище (Operating Environment) ¶

Клієнт-серверна архітектура на основі веб-технологій ¶

Операційна система: Windows Server, 2019 ¶

База даних: Firebird + MySQL Database ¶

Web-браузер: Microsoft Edge, версія 110 та вище ¶

MS Power BI - комплексне програмне забезпечення бізнес-аналізу компанії Microsoft (діюча ліцензія для користувачів «Метінвест») ¶
- 2.5 → Обмеження щодо проектування та впровадження (Design and Implementation Constraints) ¶

Обмеження визначні використанням систем, зазначених в п. 2.4 Операційне середовище ¶
- 2.6 → Документація користувача (User Documentation) ¶

Інструкції для адміністратора, користувача і аналітика системи. ¶
- 2.7 → Припущення та залежності (Assumptions and Dependencies) ¶

Припущення: ¶

 - → система моніторингу буде працювати тільки параметрами ТП, які підтримують протокол передачі SNMP; ¶
 - → експорт параметрів для подальшого аналізу в систему MS Excel та MS Power BI зможуть виконувати тільки користувачі з правами «Аналітик»; ¶
 - → дані системи моніторингу будуть доступні тільки користувачам підприємства які працюють за комп'ютером з обліковим записом в домені Metinvest.com; ¶
 - → Система розробляється тільки для використання в межах ПАТ «Запоріжвогнетрив». ¶

¶

Функціонування системи може залежати від: ¶

 - → безперебійної роботи існуючого web-порталу; ¶
 - → пропускної здатності корпоративної мережі. ¶

¶

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

3. Вимоги до зовнішнього інтерфейсу (External Interface Requirements)

3.1 Інтерфейси користувача (User Interfaces, UINT)

3.1.1 Інтерфейс користувача для Користувача системи:



| Ідентифікатор вимог до інтерфейсів | Опис |
|------------------------------------|---|
| UINT-1.01 | користувач заходить в систему на сторінку порталу за допомогою логіну та паролю облікового запису в домені Metinvest.com (аутентифікація) |
| UINT-1.02 | користувач повинен в реальному часі отримувати на екрані сторінки порталу параметри роботи ТП |
| UINT-1.03 | користувач повинен отримувати сповіщення на екрані у вигляді попереджувальної сигналізації про відхилення контрольованих параметрів роботи ТП від статусу «норма» |
| UINT-1.04 | користувач повинен вводити умови запиту (налаштування фільтру) та надсилати запит на отримання звітності |
| UINT-1.05 | користувач повинен отримувати на екрані звітність у вигляді таблиці, сформовану за результатами запиту |
| UINT-1.06 | користувач повинен отримувати на екрані звітність у вигляді графіку, сформовану за результатами запиту |
| UINT-1.07 | інтерфейс користувача повинен бути представлений на українській мові |



3.1.2 Інтерфейс користувача для Аналітика системи:



| Ідентифікатор вимог до інтерфейсів | Опис |
|------------------------------------|--|
| UINT-2.01 | користувач має можливість зайти в систему за допомогою логіну та паролю Аналітика системи (аутентифікація) |
| UINT-2.02 | користувач повинен в реальному часі отримувати на екрані сторінки порталу параметри ТП |
| UINT-2.03 | користувач повинен отримувати сповіщення на екрані у вигляді попереджувальної сигналізації про відхилення контрольованих параметрів ТП від статусу «норма» |
| UINT-2.04 | користувач повинен вводити умови запиту (налаштування фільтру) та надсилати запит на отримання звітності |
| UINT-2.05 | користувач повинен отримувати на екрані звітність у вигляді таблиці, сформовану за результатами запиту |
| UINT-2.06 | користувач повинен отримувати на екрані звітність у вигляді графіку, сформовану за результатами запиту |

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for: Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічильних вагонів тунельної відналювальної печі ділянки відналювально-алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

| | | |
|------------|--|---|
| UINт-2.07а | користувач повинен аналізувати відхилення параметрів за допомогою налаштування доступних йому фільтрів | ○ |
| UINт-2.08а | користувач повинен експортувати параметри ТП до системи MS Excel | ○ |
| UINт-2.09а | користувач повинен експортувати параметри ТП до системи MS Power BI | ○ |
| UINт-2.10а | інтерфейс користувача повинен бути представлений на українській мові | ○ |

3.1.3 Інтерфейс користувача для Адміністратора системи:

| Ідентифікатор вимог до Інтерфейсів | Опис | ○ |
|------------------------------------|--|---|
| UINт-3.01а | користувач має можливість зайти в систему за допомогою логіну та паролю Адміністратора системи (аутифікація) | ○ |
| UINт-3.02а | користувач має можливість створити новий обліковий запис | ○ |
| UINт-3.03а | користувач має можливість видалити обліковий запис | ○ |
| UINт-3.04а | користувач має можливість налаштувати права доступу для користувачів системи | ○ |
| UINт-3.05а | користувач має можливість налаштувати права доступу до БД користувачам системи | ○ |
| UINт-3.06а | інтерфейс користувача повинен бути представлений на українській мові | ○ |

3.2 Апаратні інтерфейси (Hardware Interfaces - HINT)

Серверна частина:

| Ідентифікатор вимог до Інтерфейсів | Опис | ○ |
|------------------------------------|---|---|
| HINT-1.01а | Сервер: P39367-B21 HPE Coolpad DL365 Gen10+ v2 Rack(2U)/EPC-7313/1x32Gb/P408i-aFBWC/SFP | ○ |
| HINT-1.02а | Комутатор Cisco WS-C2940-8TT-S (Switch) | ○ |

Клієнтська частина:

| Ідентифікатор вимог до Інтерфейсів | Опис | ○ |
|------------------------------------|----------------------------------|---|
| HINT-2.01а | процесор Intel i3-7100, 3.90 GHz | ○ |
| HINT-2.02а | монітор 24" HP | ○ |

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

127

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖВОГЕТРІВ"

| | | |
|------------------------|--|---|
| HINT-2.03 ^a | відеокарта Intel HD Graphics 630 ^a | □ |
| HINT-2.04 ^a | мережева карта Ethernet Realtek 1Gb ^a | □ |
| HINT-2.05 ^a | оперативна пам'ять DDR4 16GB (2x8GB) 3000 MHz ^a | □ |
| HINT-2.06 ^a | жорсткий диск Toshiba 500GB SATA 3.0 ^a | □ |

3.3 → Інтерфейси програмного забезпечення (Software Interfaces - SwINT)

| Ідентифікатор вимог до інтерфейсів ^a | Опис ^a | □ |
|---|---|---|
| SwINT-01 ^a | Використання Application Programming Interface ^a | □ |

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

| Ідентифікатор вимог до інтерфейсів ^a | Опис ^a | □ |
|---|--|---|
| CINT-01 ^a | Система повинна забезпечувати можливість підключення до баз даних через стандартизовані мережеві інтерфейси, такі як T-SQL, ODBC, ADO.NET ^a | □ |

4 → Особливості системи (System Features)

Вимоги можуть бути розміщені згідно пріоритетам, що базуються на техніці MoSCoW, котра розділяє вимоги на наступні категорії:

| Рейтинг пріоритетів ^a | Опис ^a | □ |
|------------------------------------|---|---|
| P – Повинен мати ^a | Описує вимоги, що повинні бути задоволені у фінальному представленні рішення для досягнення успіху ^a | □ |
| B – Барту було б мати ^a | Представляє високо-пріоритетні деталі (пункти), що повинні бути добавлені у рішення, якщо це можливо. Дуже часто це вирішальні вимоги, проте кожен з них може бути задоволений іншим шляхом, якщо суворо необхідно ^a | □ |
| M – Можливо мати ^a | Описує вимоги котрі вважаються бажаними, але не обов'язковими. Вони будуть включені, якщо дозволять час і ресурси ^a | □ |
| X – Хотілося б мати ^a | Представляє вимоги, які були погоджені зацікавленими сторонами, що не будуть додаватися до анонсування, проте можуть бути розглянуті у подальшому ^a | □ |

4.1 → Функція системи 1: Безперервний моніторинг параметрів ТП

4.1.1 → Опис і пріоритет (Description and Priority)

Система виконує безперервний моніторинг параметрів ТП на основі зчитування в реальному часі даних приладів та обладнання використовуючи протокол SNMP. Має високий пріоритет.

4.1.2 → Послідовності стимулів/відповідей (Stimulus/Response Sequences)

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Система через мережу отримує параметри роботи ТП і зберігає в БД.

Система виводить на окрему сторінку порталу параметри роботи ТП для можливості перегляду користувачами.

4.1.3 → Функціональні вимоги (Functional Requirements)



| | | |
|---|---|---|
| ID функціональної вимоги ^a | FR-01 ^a | □ |
| Тип вимоги ^a | функціональна ^a | □ |
| Пріоритет ^a | П ^a | □ |
| Опис вимоги ^a | Система виконує безперервний моніторинг параметрів роботи ТП на основі зчитування в реальному часі даних обладнання використовуючи протокол SNMP ^a | □ |
| Перехресне посилання на вимоги бізнесу ^a | BR02. Безперервний моніторинг параметрів роботи ТП ^a | □ |
| Бізнес правило ^a | <p>За результатами отриманих параметрів від ТП виконується безперервно в режимі реального часу вивід на сторінку цих даних.</p> <p>У випадку успішного зчитування даних з ТП:</p> <ul style="list-style-type: none"> → на екран користувача виводиться значення параметрів ТП в окремому полі сторінки, фон поля має зелений колір. <p>У випадку проблем з зчитуванням даних з ТП:</p> <ul style="list-style-type: none"> → на екрані користувача виводиться значення останнього успішно зчитаного параметру роботи ТП, при цьому поле параметра змінює колір фону на червоний. | □ |
| Джерело ^a | -- ^a | □ |

4.2 → Функція системи 2: Надання інформації про відхилення контрольованих параметрів роботи ТП від статусу «норма»

4.2.1 → Опис і пріоритет (Description and Priority)

Система надає інформацію у вигляді попереджувальної світової сигналізації у випадку відхилення контрольованих параметрів роботи ТП від статусу «норма». Має високий пріоритет.

4.2.2 → Послідовності стимулів/відповідей (Stimulus/Response Sequences)

Система виконує безперервний моніторингу параметрів роботи ТП.

→ Система оцінює відхилення параметрів від нормального стану.

Система інформує користувача системи про відхилення, що виникло.

4.2.3 → Функціональні вимоги (Functional Requirements)



| | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---|
| ID функціональної вимоги ^a | FR-02 ^a | □ |
| Тип вимоги ^a | функціональна ^a | □ |

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for: Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

| | | |
|--|--|---|
| Пріоритет | P | ○ |
| Опис вимоги | Система надає інформацію у вигляді попереджувальної світлової сигналізації у випадку відхилення контрольованих параметрів роботи ТП від статусу «норма» | ○ |
| Перехресне посилання на вимоги бізнесу | BR05. Надання інформації про відхилення контрольованих параметрів роботи ТП від статусу «норма» | ○ |
| Бізнес правило | За результатами безперервного моніторингу параметрів роботи ТП система контролює відхилення параметрів від нормального стану. У випадку фіксації системою відхилення параметрів роботи ТП від статусу «норма» <ul style="list-style-type: none"> на екран користувача виводиться такий параметр з кольором фону червоний кожен такий випадок фіксується в звіті відхилень параметрів | ○ |
| Джерело | -» | ○ |

4.3 → Функція системи 3: Перегляд історичних даних у вигляді трендів

4.3.1 → Опис і пріоритет (Description and Priority)

Система формує звітність у вигляді трендів на підставі запиту користувача системи.
→ Має низький пріоритет.

4.3.2 → Послідовності стимулів/відповідей (Stimulus/Response Sequences)

Система отримує запит користувача на формування звітності.

Система формує звітність на підставі та в об'ємі, зазначеним у запиті.

Система виводить сформовану звітність на екран користувачу.

4.3.3 → Функціональні вимоги (Functional Requirements)

| | | |
|--|---|---|
| ID функціональної вимоги | FR-03 | ○ |
| Тип вимоги | функціональна | ○ |
| Пріоритет | M | ○ |
| Опис вимоги | Система формує звітність на підставі запиту користувача | ○ |
| Перехресне посилання на вимоги бізнесу | BR11. Перегляд історичних даних у вигляді трендів | ○ |
| Бізнес правило | На підставі запиту користувача, система виводить сформовану звітність у вигляді трендів на екран користувачу. | ○ |
| Джерело | -» | ○ |

4.4 → Функція системи 4: Авторизація Аналітика системи

4.4.1 → Опис і пріоритет (Description and Priority)

Авторизація аналітика в системі. Має середній пріоритет.

4.4.2 → Послідовності стимулів/відповідей (Stimulus/Response Sequences)

«Аналітик» проводить ідентифікацію в системі (ввод логіну та паролю).

Система проводить аутентифікацію «Аналітика» (порівняння введеного логіна та пароля з даними, збереженим у базі даних).



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Система проводить авторизацію «Аналітика» (надання доступу для виконання функціоналу «Аналітика»).

4.4.3 → Функціональні вимоги (Functional Requirements)



| | | |
|--|---|--|
| ID функціональної вимоги | FR-04 | |
| Тип вимоги | функціональна | |
| Пріоритет | B | |
| Опис вимоги | Авторизація «Аналітика» системи | |
| Перехресне посилання на вимоги бізнесу | BR07. Доступ до експорту даних в суміжні системи для подальшого аналізу мають тільки користувачі порталу з правами «Аналітик» | |
| Бізнес правило | <p>Ідентифікація «Аналітика»:</p> <ul style="list-style-type: none"> → логін у форматі «name@metinvestholding.com» → вимоги до паролю: не менше 10 знаків (літери, цифри, спец-символи) <p>Аутентифікація «Аналітика»:</p> <ul style="list-style-type: none"> → порівняння введеного логіна та пароля з даними, збереженим у системі. <p>Авторизація «Аналітика»:</p> <ul style="list-style-type: none"> → надання доступу для виконання функціоналу «Аналітика» <p>Схема бізнес-правила описана за допомогою діаграми BPMN (додаток В: Моделі аналізу (Analysis Models), рис. 4)</p> | |
| Джерело | - | |



..... Разрыв страницы

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for: Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням лічильних вагонів тунельної відналювальної печі ділянки відналу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

5.→ Нефункціональні вимоги (Other Nonfunctional Requirements)

Функція: Надійність

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| ID нефункціональної вимоги | NFR-01a | |
| Тип вимоги | нефункціональна | |
| Пріоритет | Па | |
| Опис вимоги | Надійність системи | |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу | BR01. Програмне забезпечення має працювати в будь-який момент часу | |
| Перехресне посилання на використання | FR-01, FR-02 | |
| Бізнес правило | <ul style="list-style-type: none"> → швидкість передачі даних; → час обробки даних; → доступність (функціонування та доступність ПЗ, коли воно потрібне); → вимога доступності (можливість роботи ПЗ як передбачалося, незважаючи на наявність апаратних або програмних збоїв). Залежність від відмовостійкості серверу. Забезпечення безперебійного (альтернативного) мережевого зв'язку; → відновлюваність (можливість відновлення «постраждалих» даних та відновлення бажаного стану ПЗ у разі переривання або невдачі) | |
| Джерело | -а | |

Функція: Зручність використання

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| ID нефункціональної вимоги | NFR-02a | |
| Тип вимоги | нефункціональна | |
| Пріоритет | М | |
| Опис вимоги | Зручність використання системи з точки зору користувача | |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу | BR10. Наявність зручного та зрозумілого інтерфейсу | |
| Перехресне посилання на використання | FR-02, FR-03 | |
| Бізнес правило | <ul style="list-style-type: none"> → керуваність (наявність атрибутів, які дають змогу легко керувати ПЗ та контролювати його); → захист від помилок користувача (ступінь захисту від помилкових рішень); → доступність (можливість використання користувачами з найширшим діапазоном характеристик та можливостей) | |
| Джерело | -а | |

Функція: Сумісність

| | | |
|----------------------------|-----------------|--|
| ID нефункціональної вимоги | NFR-03a | |
| Тип вимоги | нефункціональна | |
| Пріоритет | В | |

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА» ¶

17 ¶

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням піччя в вагонів-тунельної відпалювальної печі-дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» ¶

| | | |
|---|--|---|
| Опис вимоги ¶ | Сумісність роботи системи з іншими системами ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу ¶ | бізнес-вимога не визначена ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на використання ¶ | FR-02, FR-04 ¶ | ○ |
| Бізнес правило ¶ | <ul style="list-style-type: none"> → співіснування (ефективність виконання функцій програмним забезпеченням під час спільного використання ресурсів з іншим ПЗ) ¶ → взаємодія (можливість обміну інформацією з іншим ПЗ та використання одержаної інформації). Можливість експорту параметрів роботи ТП до системи MS Excel та MS Power Ві для подальшого аналізу даних. ¶ | ○ |
| Джерело ¶ | -а ¶ | ○ |

Функція: Продуктивність ¶

| | | |
|---|---|---|
| ID нефункціональної вимоги ¶ | NFR-04 ¶ | ○ |
| Тип вимоги ¶ | нефункціональна ¶ | ○ |
| Пріоритет ¶ | В ¶ | ○ |
| Опис вимоги ¶ | Необхідність збереження даних в БД ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу ¶ | BR08. Період зберігання даних в БД не менше 3 років ¶ BR03. Для можливості оперативного реагування на ситуацію вхідні дані повинні оновлюватись без затримок ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на використання ¶ | FR-01 ¶ | ○ |
| Бізнес правило ¶ | <ul style="list-style-type: none"> → система повинна бути здатна до зберігання даних в БД не менше 3 років ¶ → час оновлення параметрів роботи ТП не більше 10 секунд ¶ | ○ |
| Джерело ¶ | -а ¶ | ○ |

Функція: Адаптованість ¶

| | | |
|---|--|---|
| ID нефункціональної вимоги ¶ | NFR-05а ¶ | ○ |
| Тип вимоги ¶ | нефункціональна ¶ | ○ |
| Пріоритет ¶ | В ¶ | ○ |
| Опис вимоги ¶ | Адаптованість системи ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу ¶ | бізнес-вимога не визначена ¶ | ○ |
| Перехресне посилання на використання ¶ | FR-01, FR-02, FR-04 ¶ | ○ |
| Бізнес правило ¶ | <ul style="list-style-type: none"> → можливість ПЗ ефективно адаптуватись до різного апаратного і програмного забезпечення або до різних оперативних середовищ. Можливість адаптувати програмний продукт до більш «свіжих» операційних систем ¶ | ○ |
| Джерело ¶ | -а ¶ | ○ |

¶

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Функція: **Тестованість**

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| ID нефункціональної вимоги | NFR-06a | ○ |
| Тип вимоги | нефункціональна | ○ |
| Пріоритет | В | ○ |
| Опис вимоги | Тестованість системи | ○ |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу | бізнес-вимога не визначена | ○ |
| Перехресне посилання на використання | FR-01, FR-02, FR-03a | ○ |
| Бізнес правило | • → ефективність, з якою критерії випробувань можуть бути встановлені для ПЗ. Вимога ручного тестування | ○ |
| Джерело | -a | ○ |

Функція: **Цілісність даних**

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| ID нефункціональної вимоги | NFR-07a | ○ |
| Тип вимоги | нефункціональна | ○ |
| Пріоритет | П | ○ |
| Опис вимоги | Забезпечення цілісності даних | ○ |
| Перехресне посилання на бізнес-вимогу | BR02, BR05, BR06, BR07a | ○ |
| Перехресне посилання на використання | FR-03, FR-05a | ○ |
| Бізнес правило | • → можливість запобігання несанкціонованому доступу і зміні ПЗ та даних. Дані захищені за допомогою системи доступу. Доступ к БД має тільки адміністратор. | ○ |
| Джерело | -a | ○ |

- **5.1 → Вимоги до продуктивності (Performance Requirements, PER)**
Окремо не визначені
- **5.2 → Вимоги щодо неушкодженості (техніки безпеки) (Safety Requirements)**
Окремо не визначені
- **5.3 → Вимоги безпеки (Security Requirements, SEC)**

| Ідентифікатор безпеки | вимог | Опис вимоги | ○ |
|-----------------------|-------|--|---|
| SEC-01a | | Розмежування прав доступу користувачів | ○ |
| SEC-02a | | Авторизація аналітика системи | ○ |

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ-ПОЛІТЕХНІКА»¶

Software Requirements Specification for Дослідження та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічких вагонів тунельної відпалювальної печі ділянки відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»¶

| | | |
|---------|---|---|
| SEC-03a | Період резервного копіювання даних – щотижня¶ | □ |
|---------|---|---|

▪ **5.4 → Атрибути якості програмного забезпечення (Software Quality Attributes)¶**

Доступність. Web-портал повинен бути доступним в цілодобовому режимі. Час, що витрачається на обслуговування системи не повинен перевищувати 3% від загального часу роботи. Обслуговування повинно виконуватись в часи мінімального відвідування сайту.¶

- → *Масштабованість.* Система повинна бути здатна підтримувати мінімум 20 одночасно працюючих користувачів, пов'язаних із загальною базою даних і мати можливість збільшити їх кількість на випадок збільшення штату співробітників підприємства.¶

Ефективність. Система повинна прогнозувати необхідність проведення технічних заходів по роботі ТП з точністю на рівні не менше 75%.¶

¶

¶

▪ **6. → Інші вимоги (Other Requirements)¶**

Не визначені¶

.....Разрыв страницы.....¶

Додаток А: Глосарій (словник) (Glossary)

| Визначення, термінологія, скорочення та аббревіатури | Визначення/Опис |
|--|--|
| ПЗ (програмне забезпечення) | Це загальний термін для різних видів програм, що використовуються для роботи з комп'ютерами та пов'язаними з ними пристроями. ПЗ поділяють на: системне, прикладне, інструментальне. |
| SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) | Диспетчерське управління та збирання даних. Під терміном розуміють інструментальну програму для розробки (Development) та подальшого виконання (Build) програмного забезпечення систем управління технологічними процесами у реальному часі та віддаленого збору даних. |
| Мережевий комутатор (комутатор) | пристрій, призначений для з'єднання кількох вузлів комп'ютерної мережі в межах одного сегмента. |
| Корпоративна мережа підприємства | Розрахована на багато користувачів комунікаційна система, що надає певний набір сервісів, реалізує доступ до інформаційних ресурсів, що забезпечує ефективний захист від несанкціонованого доступу, і керується єдиною організацією відповідно до правил цієї організації. |
| ТП (тунельна піч) | Комплекс обладнання для виконання відпалу вогнетривів, які задаються в піч за допомогою рухливого поду, працює на природному газі. |
| БД (База даних) | Це організована структура, призначена для зберігання, зміни й обробки взаємопов'язаної інформації, переважно великих обсягів. |

Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т
Т

Додаток В: Моделі аналізу (Analysis Models)

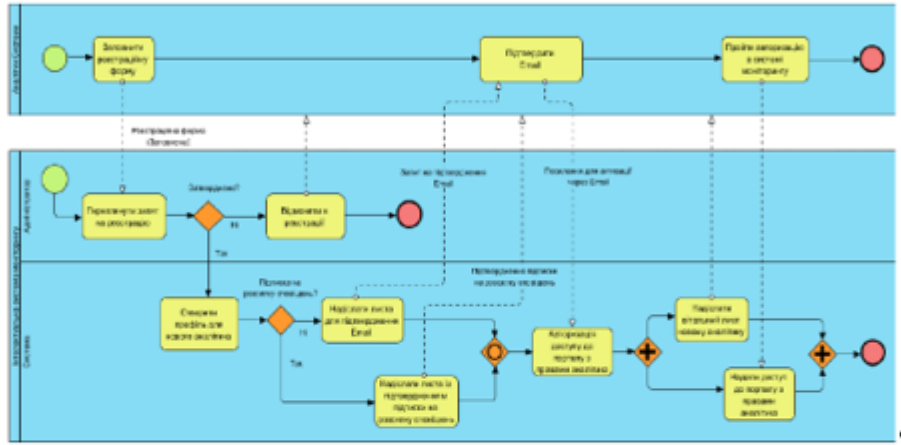


Рисунок 4 – BPMN-нотація процесу отримання користувачем доступу рівня «Аналітик системи»

