

Семенюк А.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Скрипник Д.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ДАНИМИ В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕХАНІЗМУ ХИТАННЯ КРИСТАЛІЗАТОРА

У статті описана доцільність розробки та вдосконалення систем діагностування механізму хитання кристалізатора. Авторами розглянуті особливості технології неперервного лиття заготовок та систем діагностування механізмів хитання. Описана конструкція системи-прототипу та її характеристики. Також розглянуто переваги і недоліки використання реляційних баз даних для збереження інформації, запропоновані різні способи організації бази даних для зберігання інформації про діагностування системи хитання кристалізатора. Було проведено розрахунок приблизного об'єму пам'яті, необхідного для зберігання даних. Запропоноване рішення відрізняється зручністю в експлуатації та меншою вартістю.

Ключові слова: механізм хитання кристалізатора, MEMS-акселерометр, діагностування, база даних.

Постановка проблеми. Металургійні комбінації з технологією неперервного розливу сталі мають працювати тривалий час у сталому режимі, забезпечуючи при цьому високу якість лиття заготовок [1] і не допускаючи можливостей розвитку аварійних ситуацій, внаслідок яких виникне загроза життю працівників та пошкодження обладнання, а це, своєю чергою, зупинить виробництво і залишить решту працівників без роботи. Однією з ланок машини неперервного лиття заготовок, яка потребує посиленого контролю для забезпечення сталого режиму роботи, є кристалізатор (рис 1.) [2], функція якого надавати форму сталевому прокату [3].

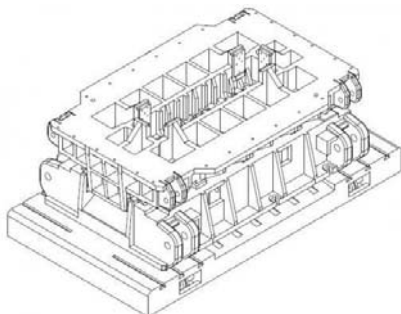


Рис.1. Зовнішній вигляд кристалізатора [2]

У процесі роботи кристалізатор здійснює періодичні гармонійні або несинусоїдальні коливання [3] невеликої амплітуди

$$f = 1,67 \dots 6,6 \text{ Hz};$$

$$A = 0 \dots 7 \text{ mm};$$

$$k = 0,5 \dots 0,8$$

з метою не допускати прилипання сталі до його стінок, а точність цих коливань прямо впливає на якість злитку, оскільки сліди хитання кристалізатора (oscillation marks), які виникають на ньому, погіршують якість продукту [4]. У тому разі, коли параметри хитання грубо виходять за межі норми, сліди хитання набуватимуть розмірів достатніх для розриву затверділої корки сталі і проливу розплаву, що спричинить серйозну аварію. Тому доцільно використовувати системи моніторингу хитання кристалізатора на виробництвах для попередження вищезазначених недоліків, а розробка нових і вдосконалення наявних систем моніторингу є актуальною задачею.

Найбільш широко використовуваними на металургійних підприємствах світу є системи діагностування виробників Voestalpine Mechatronics GmbH (Австрія), Kiss Technologies Inc, Tozato Engenharia (США, Аргентина), НПП «Техноап» (Росія) [5], Ergolines OPI (Італія) [6]. Системи мають схожу конструкцію, принцип роботи й обробки даних, а також високу ціну покупки та обслуговування іноземними спеціалістами чи ліцензованої підготовки працівників підприємства [7]. Це заважає їм бути широко представленими на українському ринку. З недоліків варто зазначити також пропрістарність форматів даних

моніторингу, що можуть бути прочитані і досліджені лише в програмах від цих виробників, тому дослідники не мають можливості отримати доступ до даних і використати їх. Також варто відзначити неможливість гнучкого налаштування системи під змінені параметри експлуатації. Оскільки ливарне виробництво в Україні та за кордоном представлене досить широко, розробка подібної системи є пріоритетною та рентабельною задачею.

Постановка завдання. Тому важливим є завдання розробити адаптивну систему обробки інформації або оптимізувати наявний алгоритм обробки інформації. Це дасть змогу суттєво зменшити час обробки інформації та використовувати однаковий об'єм пам'яті для збереження більшої кількості даних. Мета статті – запропонувати одну з можливих побудов баз даних для такої системи. Подібний спосіб збереження інформації дає змогу зробити дані легкодоступними, з одного боку, для візуалізації або додаткової обробки, а з іншого – надає можливість додатково захистити їх за допомогою відомих засобів шифрування.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Апаратна частина системи діагностування. Прототип системи був створений на основі трьох-осьових мікроелектромеханічних (MEMS) акселерометрів LIS331DLH (рис. 3) і випробуваний на виробництві (рис. 2). За низької вартості такі акселерометри мають досить високі метрологічні характеристики, що дає можливість створювати на їх основі системи контролю з точністю, співставною із зарубіжними системами, а вартість визначатиметься в основному складністю і функціональністю програмного забезпечення [8].

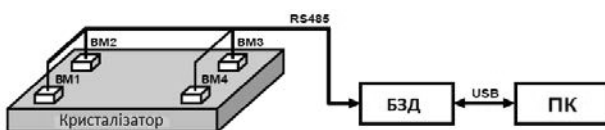


Рис. 2. Узагальнена структурна схема системи-прототипу [7]

Система дає змогу відслідковувати траєкторію руху кристалізатора і визначати відхилення від сигналу завдання. На рис. 2 позначені: BM1 – BM4 – вимірювальні модулі на основі трьохосьових мікроелектромеханічних акселерометрів, що також містять схеми перетворення сигналів; БЗД – блок збору даних; ПК – персональний комп'ютер або сервер, на якому буде встановлено програмне забезпечення.

Основні технічні параметри системи: кількість вимірів на секунду – 1600; роздільна здатність – 0,5 mg; час вимірювання – 3 с.

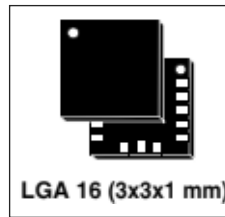


Рис. 3. LIS331DLH 0,5 Гц до 1 кГц. 6D орієнтація у просторі; витримує до 10000g; діапазон робочих температур: -40° $+85^{\circ}$ [9].

Вихідні дані системи: прискорення, швидкості і переміщення по кожній з трьох осей кожного датчика [7].

Розробка бази даних. Авторами вирішено розробити та реалізувати програмне забезпечення, що не матиме недоліків, наведених у попередньому розділі. Для цього необхідно створити базу даних для зберігання інформації, що надходить від апаратного забезпечення. Також розробка бази даних дасть змогу в майбутньому накопичувати дані, які слугуватимуть опорними для навчання системи діагностування з алгоритмом machine learning.

Для роботи системи діагностування пропонується організувати збереження інформації за допомогою реляційної бази даних (далі – БД).

Реляційна БД являє собою сукупність схем відношень, пов'язаних один з одним, і дає змогу представити інформацію за допомогою пов'язаних між собою таблиць [10].

У реляційних базах даних вся інформація зведена у таблиці, рядки і стовпці, що називаються записами і полями відповідно. Ці таблиці отримали назву реляцій. Записи в таблицях не повторюються. Їх унікальність забезпечується первинним ключем, що містить набір полів, однозначно визначаючих запис.

Переваги:

- модель даних відображає інформацію в найбільш простій для користувача формі;
- заснована на розвиненому математичному апараті, який дає змогу досить лаконічно описати основні операції з даними;
- дає змогу використовувати мови маніпулювання даними не процедурного типу;
- маніпулювання даними на рівні вихідної БД і можливість зміни.

Недоліки:

- найбільш повільний доступ до даних;
- трудомісткість розробки [11].

Крім того, база даних дає змогу зчитати інформацію з файлу поза межами програми, що використовувалася для їх запису.

Було розглянуто два можливі варіанти організації структури бази даних:

– створення однієї таблиці, у яку будуть записані дані з усіх акселерометрів, і час, протягом якого проходило вимірювання;

– створення по окремії таблиці для даних з кожного датчика і окрема таблиця, у якій кожному вимірюванню буде присвоєно часову мітку та ідентифікатор, до якого будуть прив'язані всі відповідні вимірювання з інших таблиць.

Перший варіант простіший у реалізації, тоді як другий забезпечує більшу наочність даних і спрощує їх аналіз, а також підвищує надійність. Так, у разі втрати сигналу або помилки зчитування з якогось датчика не будуть втрачені всі дані одразу, а лише ті, які надходили з несправного датчика, а система продовжить функціонувати з використанням даних з трьох інших датчиків. Однак у цьому разі буде неможливо застосувати метод теоретичної перевірки траєкторії по надмірних даних з четвертого датчика. Перенесення ж часових міток у окрему таблицю дасть змогу мінімізувати розмір файлів, оскільки інформація не повторюватиметься тричі в таблицях.

Таблиці даних організуються, створивши у них три стовпці для сигналів по осях X, Y, Z і первинний ключ.

Значенню первинного ключа відповідає мітка часу, що однакова для всіх таблиць з даними. Знову ж таки для зменшення розмірів файлів результатів пропонується дати можливість користувачу визначати, записувати дані з мітками реального часу для кожного вимірювання, фіксувати час тільки відносно початку вимірювань або обидва варіанти.

Також необхідно створити стовпці з мітками, які відображатимуть інформацію про те, на якому саме кристалізаторі машини неперервного лиття заготовок встановлений цей датчик, адже можливе під'єднання до одного комп'ютера керування декількох систем датчиків для одночасного контролю в реальному часі більше ніж одного кристалізатора.

Розрахунок приблизного розміру файлу вимірювань. Скористаємося даними про величину різних типів даних у MySQL. Зміна чисельного типу – 4 байти, дата+час – 8 байт. Кожна таблиця з даними містить три числові значення та первинний ключ (у підсумку 4 цифрові поля). Таких таблиць загалом 4 (за кількістю датчиків). Таблиця, що з'єднує мітки часу і первинні ключі, містить числове поле та поле типу дата-час. Загалом маємо 76 байт для запису одного циклу вимірювань. За середньої частоти в 1000 вимірювань за секунду маємо 74 кілобайти даних за одну секунду. За хвилину «набігає» приблизно 4.5 мегабайти даних.

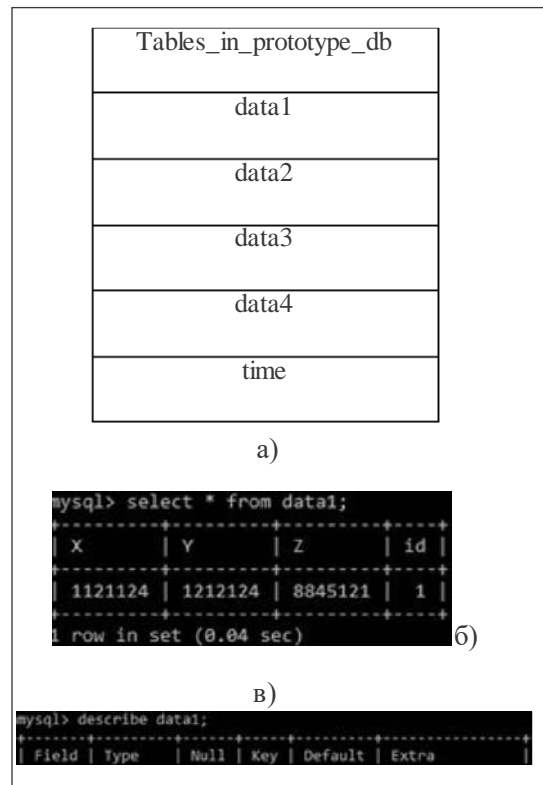


Рис. 4. Структура прототипної БД: а) бази даних з чотирма таблицями даних і однією зв'язуючою; б) таблиця з умовними значеннями для прикладу; в) властивості для комірок таблиці

Можливі такі варіанти збереження даних: збереження усього обсягу інформації, отриманої з датчиків; архівування; прорідження даних у декілька разів або взагалі їх незберігання, проводячи моніторинг у режимі реального часу і фіксуючи лише відхилення від норми. Кожен із запропонованих методів має свої недоліки:

– повне збереження даних вимагає серйозних об'ємів пам'яті, що не завжди можливо і раціонально у портативних системах;

– архівування частково розв'язує проблему попереднього методу, проте потребує додаткових програмних потужностей і може призводити до втрати цілих блоків даних у разі помилки архівування;

– прорідження викликатиме втрату точності, тому необхідно додатково обчислювати ступінь прорідження для кожного вимірювання;

– вимірювання у реальному часі не дадуть повної картини подій в подальшому, а для детектування помилок необхідна чітко визначена межа похибок та база даних попередніх вимірювань.

Висновки. Використання СУБД для збереження інформації, отриманої під час моніторингу, має низку переваг перед наявними аналогами.

Головною з них є уніфікація, що дає можливість використовувати дані моніторингу у подальшій обробці без додаткових програм або конверторів, передавати їх для візуалізації у сторонні програми, додатки, веб-ресурси.

Авторами запропонована модель зберігання інформації у вигляді бази даних, що дає змогу зберігати 4.5 мегабайти даних за хвилину. Наявні системи моніторингу хитання кристалізатора створюють файли розміром 600 кілобайт за хвилину, що є значно меншою величиною, ніж запропонований авторами спосіб. Таким чином, було

встановлено, що використання баз даних не є рентабельним з точки зору економії пам'яті. Однак переваги такого режиму зберігання даних очевидні і були перераховані у попередніх розділах статті. Окрім того, створення подібної бази даних суттєво спрощує доступ до даних та їх подальшу обробку.

Використання бази даних дасть змогу розширити спектр інструментів для обробки даних, полегшить впровадження нових технологій у процес вимірювання, обробки та візуалізації інформації, що є наступним етапом досліджень.

Список літератури:

1. Бровман М.Я., Марченко И.К., Кан Ю.Е. Иванов В.И. Усовершенствование технологии и оборудования машин непрерывного литья заготовок, Киев: Техника, 1976.
2. Cast Mold Transmission. URL: <http://sevcanplmdesigner.com/portfolio/cast-mold-transmission/> (дата звернення 28.05.2018).
3. Смирнов А.Н., Куберский С.В. Штепан Е. Непрерывная разливка стали: учебник. Донецк: ДонНТУ, 2011. 482 с. рис.
4. Devine K.M., Vynnycky M., Saleem S. and Florio B.J. On the formation of fold-type oscillation marks in the continuous casting of steel. Royal Society Open Science, no. DOI: 10.1098/rsos.170062, 2017.
5. Сидоров В.А., Сотников А.Л. Анализ систем контроля и диагностирования механизмов качания МНЛЗ. Научные работы Донецького національного технічного університету (Сер.: Металургія). № 102, С. 46–55, 2005.
6. OSCILLATOR CHECKER MOULD OSCILLATION MONITORING SYSTEM AND OSCILLATOR CHECKER. URL: <http://www.ergolines.it/products/opi/> (дата звернення 15.06.2018).
7. Полено А.Н., Диденко В.А., Бондаренко А.Ф. Алгоритм функционирования информационно-измерительной системы для мониторинга механических колебательных процессов. Одеса, 2013.
8. Диденко В.А., к. т. н., Бондаренко А.Ф., Полено А.Н. Обзор средств контроля траектории движения кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок, Одеса, 2014.
9. LIS331DLH. URL: http://www.st.com/content/st_com/en/products/mems-and-sensors/accelerometers/lis331dlh.html (дата звернення 18.06.2018).
10. Дейт К.Д. Введение в системы баз данных. 7-е изд., Москва: Вильямс, 2001, с. 1072.
11. Реляційні бази даних – переваги та недоліки. URL: <https://sites.google.com/site/gosyvmkss12/bazy-dannyh/07-relacionnye-bazy-dannyh-dostoinstva-i-nedostatki> (дата звернення 10.05.2018).
12. Szekeres E.S. Overview of mold oscillation in continuous casting, Iron and Steel Engineer. № July, pp. 29–37, 1996.
13. Rossi I. The continuous Casting Machine Comes of Age, P., AISE Yearly Proceedings, 1964, pp. 155–160.
14. Bungeroth A. and Speith K.G. Continuous Casting of Steel in Western Germany. Journal of the Iron and Steel Institute, № 182, pp. 158–161, 1958.
15. Шюрман Э., Фиге Л., Кайзер Х.-П., Клагес Т. Влияние качания кристаллизатора на качество поверхности непрерывнолитых слябов. Чер. металлы, № 22, pp. 27–33, 1986.
16. Кристалізатор. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кристалізатор> (дата звернення 20.06.2018).
17. Смирнов А.Н., Антыкуз О.В. Комплексный контроль параметров качания кристаллизаторов МНЛЗ. Металл и литье Украины. № 1–2, с. 57–61, 2009.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ДАННЫМИ В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМА КАЧАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА

В статье описана целесообразность разработки и совершенствования систем диагностирования механизма качания кристаллизатора. Авторами рассмотрены особенности технологии непрерывного литья заготовок и систем диагностирования механизмов качания. Описана конструкция системы-прототипа и ее характеристики. Также рассмотрены преимущества и недостатки использования реляционных баз данных для хранения информации, предложены различные способы организации базы данных для хранения информации о диагностировании системы качания кристаллизатора. Был проведен расчет приблизительного объема памяти, необходимый для хранения данных. Предложенное решение отличается удобством в эксплуатации и меньшей стоимостью.

Ключевые слова: механизм качания кристаллизатора, MEMS-акселерометр, диагностирование, база данных.

**SPECIALTIES OF OPERATING WITH DATA IN A MOLD
OSCILLATION MECHANISM TECHNICAL CONDITION DIAGNOSING SYSTEM**

The article describes the expediency of developing and improving systems for diagnosing the mold oscillation mechanism. The authors have considered the features of the continuous cast technology and systems for diagnosing oscillation mechanism. Design of the prototype system and its features have been described. Also the advantages and disadvantages of using relational databases for storing information are considered, various ways of organizing the database for storing information on diagnosing a molding system of a crystallizer are offered. A calculation was made of the approximate amount of memory required to store data. The proposed solution is characterized by convenience in operation and a lower cost.

Key words: mold oscillation mechanism, MEMS accelerometer, diagnostics, database.