

УДК 004.65

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ БАЗИ ДАНИХ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

О.В. Токова, Л.П. Сьоміна

*Міжнародній науково-навчальній центр інформаційних технологій
та систем НАН та МОН України*

len327@ukr.net

Проаналізовано вимоги до бази даних в галузі ливарного виробництва. Наведено опис установки для лиття, яка використовується у Фізико-технічному інституті металів та сплавів, на фахівців якого орієнтована база даних, що розробляється. Наведено структурну схему бази даних, а також загальну схему програмного продукту для підтримки рішень ливарника, в основу якого ця база буде входити. Наведено зв'язки між елементами такої бази даних.

Ключові слова: база даних, лиття, інформаційна технологія, вилівок, структурна схема.

Проанализированы требования к базе данных в области литейного производства. Приведено описание установки для литья, которая применяется в Физико-техническом институте металлов и сплавов, на специалистов которого ориентирована база данных, которая разрабатывается. Приведена структурная схема базы данных, а также общая схема программного продукта для поддержки решений литейщика, в основу которого эта база будет положена. Приведены взаимосвязи между элементами такой базы данных.

Ключевые слова: база данных, литье, информационная технология, отливки, структурная схема

The requirements for the database in the field of foundry are analyzed. The description of the casting installation, which uses at the Physicotechnical Institute of Metals and Alloys, is given. The specialists of this institute will be users of the base that is being developed. The structural diagram of the database, as well as the general scheme of the software product to support the decisions of the caster, based on which this database will be based, is given. The relationships between the elements of such a database are given.

Keywords: database, casting, information technology, castings, block diagram.

Вступ

Від якості ливарних виробів залежить багато галузей сучасного виробництва, таких як, машинобудування, енергетика, верстатобудування, автомобілебудування тощо. Тому підвищення якості готових виробів, оптимізація та прискорення будь-яких етапів цього виробництва є вкрай важливою та актуальною задачею. Застосування результатів моделювання в процесі лиття може бути використано для поточного аналізу стану процесів ливарного виробництва.

Моделювання відливання чавуну завжди було особливою задачею через сильну взаємозалежність між складом сплаву та властивостями матеріалу, який буде отримано в результаті плавки.

Важливим етапом роботи є підготовка даних з урахуванням державних та міжнародних стандартів. Тому необхідним та корисним продуктом для роботи ливарника буде база даних (БД) металів та сплавів, в якій буде систематизована вся інформація, необхідна ливарнику для організації процесу лиття.

Одним з важливих етапів створення БД є її проектування. Воно починається після завершення процедури аналізу усіх вимог до проекту, висунутих з боку підприємства-замовника.

Робота над розробкою БД ведеться спільно з фізико-технічним інститутом металів і сплавів НАН України (ФТІМС), який і буде користувачем даного продукту. На сьогодні у ФТІМС не існує структурованих електронних технічних документів, відсутня єдина БД для зберігання експериментальних даних.

Заплановано, що така БД складатиметься з трьох блоків.

1. «Довідковий», де будуть знаходитись відомості про хімічні та фізико-механічні властивості чавуну різних марок відповідно до ДСТУ.

2. «Накопичувальний», в якому міститиметься інформація щодо експериментальних кривих охолодження розплаву в часі, отриманих у ФТІМС, з визначеним хімічним складом та механічними властивості розплаву, а також щодо оптимальної швидкості охолодження.

3. «Рекомендації», де будуть зберігатися результати вже проведених раніше дослідів та експериментів і фахівець-ливарник матиме змогу ознайомитися зі схожими сплавами та визначити оптимальну швидкість та режими охолодження.

Тому для підприємства важливим є наявність програмного продукту, в основі якого буде закладено БД металів і сплавів, їх хімічні та механічні властивості відповідно до ДСТУ, та він допомагатиме обробляти результати експрес-тестів, аналізувати та підбирати необхідні складові для отримання якісного кінцевого продукту.

Контроль якості білих чавунних розплавів є актуальною задачею тому, що в процесі охолодження (часткового або повного) виникає найбільш кількість браку готових виробів.

Тому метою даної роботи є розробити структуру БД, яка буде одним з модулів системи моніторингу та контролю процесу охолодження металопродукції та визначення хімічного складу за кривою охолодження вилівка, що дасть можливість швидко та точно прогнозувати фізичні та механічні властивості майбутнього виробу.

1. База даних та її значення в організації процесу лиття

При проектуванні технологічного процесу, конструкторам та технологам доводиться приймати серйозні рішення. Для цього потрібно чітко уявляти

фізичну картину процесу лиття та правильно використовувати теоретичні знання. Найчастіше існує дефіцит такої інформації: вона відсутня або її просто недостатньо.

БД – це організований збір інформації. Ливарні підприємства можуть використовувати БД для організації інформації про замовників та продукцію, яку вже виготовляло підприємством, технічні умови виробництва, механічні та фізичні вимоги до властивостей майбутнього виробу, хімічний склад металів та сплавів відповідно до ДСТУ.

Управління БД – це відстеження та організація процесу функціонування підприємства. Воно є важливою частиною досконалої роботи будь-якого підприємства [1]

Метою розробки БД є допомогти ливарному підприємству залишатися організованим та підтримувати доступ до інформації, допомагати оновлювати цю інформацію, коригувати хімічний склад та необхідні режими охолодження вилівка для створення якісного продукту, використовуючи прогнозування якості майбутнього виробу [2].

2. Приклад експериментальних засобів для зняття кривої охолодження сплаву

У ФТІМС розроблений варіант одноразового тонкостінного пробовідбірника з занурювальної сталі з вогнетривким покриттям у середині та ззовні та одноразовим мішком для термопар [3]. Фотографію такого пробовідбірника наведено на рис. 1.

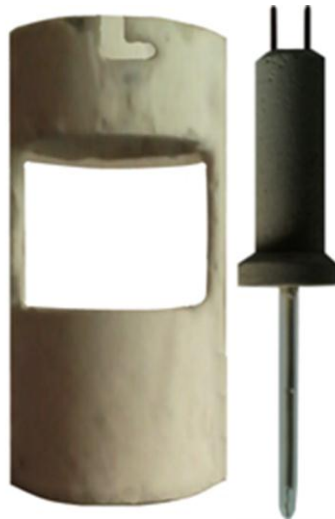


Рис.1- Одноразовий тонкостінний пробовідбірник

Для експериментальної установки використано 4-канальний модуль аналого-цифрового перетворення WAD-AIK-BUSofAKON. Цей Модуль призначений для вимірювання електричних величин, обробки інформації та

передачі її в головний обчислювач мережі (комп'ютер) по лініях послідовного двухпроводного інтерфейсу RS485, або USB.

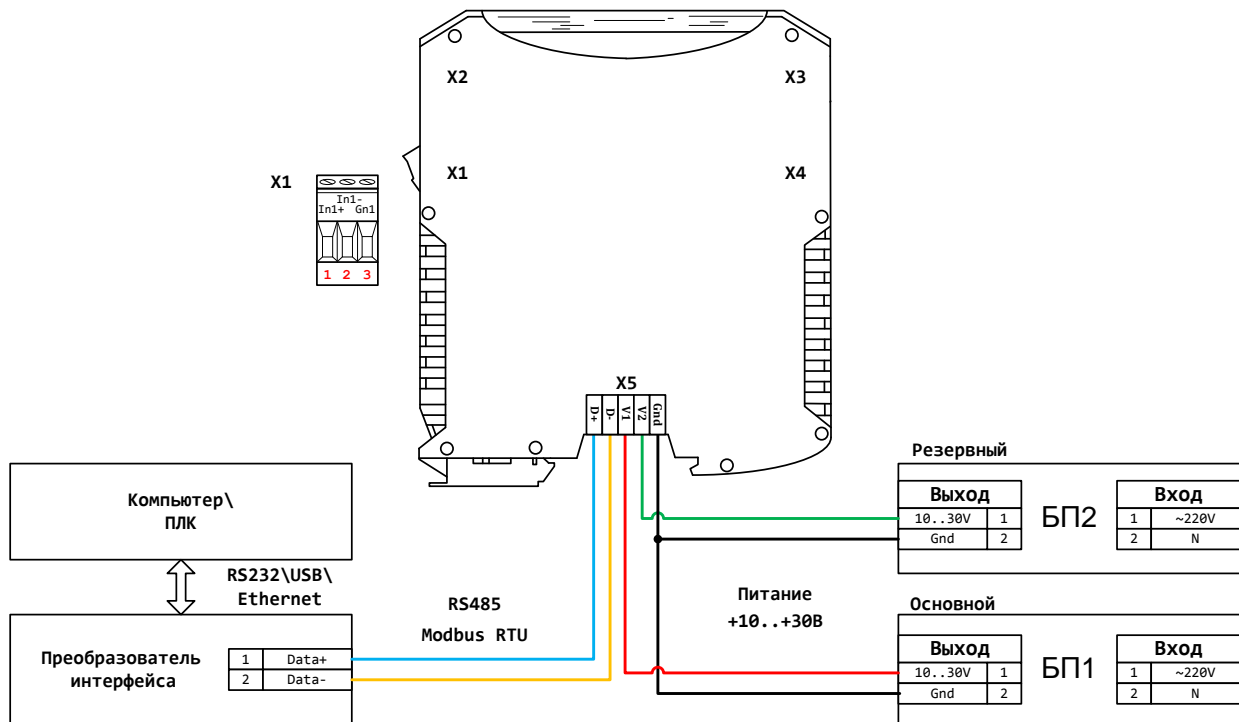


Рис. 2 – Схема підключення та живлення модуля RS485

Цей модуль забезпечує надійний запис теплових кривих для охолодження металевих сплавів з похибкою вимірювання сигналів термопарі не більше $0,3^{\circ}\text{C}$ [4].

Інструментальна частина експериментальної установки складається з семи основних елементів, наведених на рис. 3.

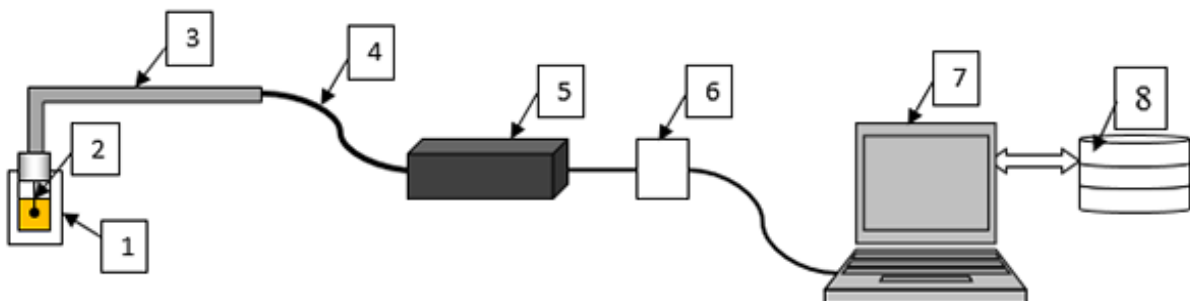


Рис. 3 – Частина експериментальної установки

Після заповнення розплавом зонд витягується з розплаву та встановлюється за допомогою стержня в спеціальний теплоізоляційний тримач для охолодження в стані спокою. Вторинний вимірювальний перетворювач оцифровує значення температури з'єднання термоелектричного перетворювача з частотою 10 Гц. Значення записуються до ПК у вигляді двовимірних часових масивів за допомогою програми *Project_TE*.

За допомогою програми *Project_TE* обробляють теплові криві охолодження проведених експериментів (масиви) та записують їх в Excel-файл. Записані еталонні криві, а також їх відповідний хімічний склад та фізико-механічні властивості використовуються для ідентифікації невідомих контрольованих зразків чавуну.

В [4] розглядаються зразки сірого чавуну, які охолоджуються, а отримані значення температури охолодження реєструються. За допомогою *Project_TE* оброблено криві охолодження проведених експериментів та обчислено похідні цих кривих, тобто швидкість зміни температури в часі за час кристалізації сірого чавуну. З отриманих даних відібрано інтервал від точки солідусу до точки ліквідуса. Для того, щоб їх можна було порівнювати між собою, дані масштабовано до одного й того ж часового інтервалу.

Програмне забезпечення для системи термічного експрес-аналізу включає в себе керуючу програму *Project_TE*, а також базу даних еталонних кривих охолодження, складу і властивостей сплавів ("thermoex.mdb"), реалізовану в *MS Access* [4].

В таблиці 1 наведено фрагмент даних, який характеризує охолодження двох зразків вилівка в часі та розрахунок за цими даними похідних.

Таблиця 1. Фрагмент даних вимірів температури охолодження та її обробка

Час, сек	Зразок 1	dT/dτ 1	Зразок 2	dT/dτ 2
0.101	0	1.5593161	0	0.1602197
0.2	0	2.9907683	0	0.9079118
0.301	0.6408789	5.8214468	0.0640879	1.9847921
0.4	1.1963073	8.6735493	0.3631647	2.7387988
0.5	2.3926146	10.516987	0.81178	4.1553247
0.601	3.4607462	13.162305	1.0681315	4.9298378
0.71	4.742504	17.473536	1.7303731	9.0032034
0.801	6.5796902	22.714038	2.2858015	15.147098

На рис. 4 наведено вимірні криві охолодження та розраховані за допомогою обчислення похідної.

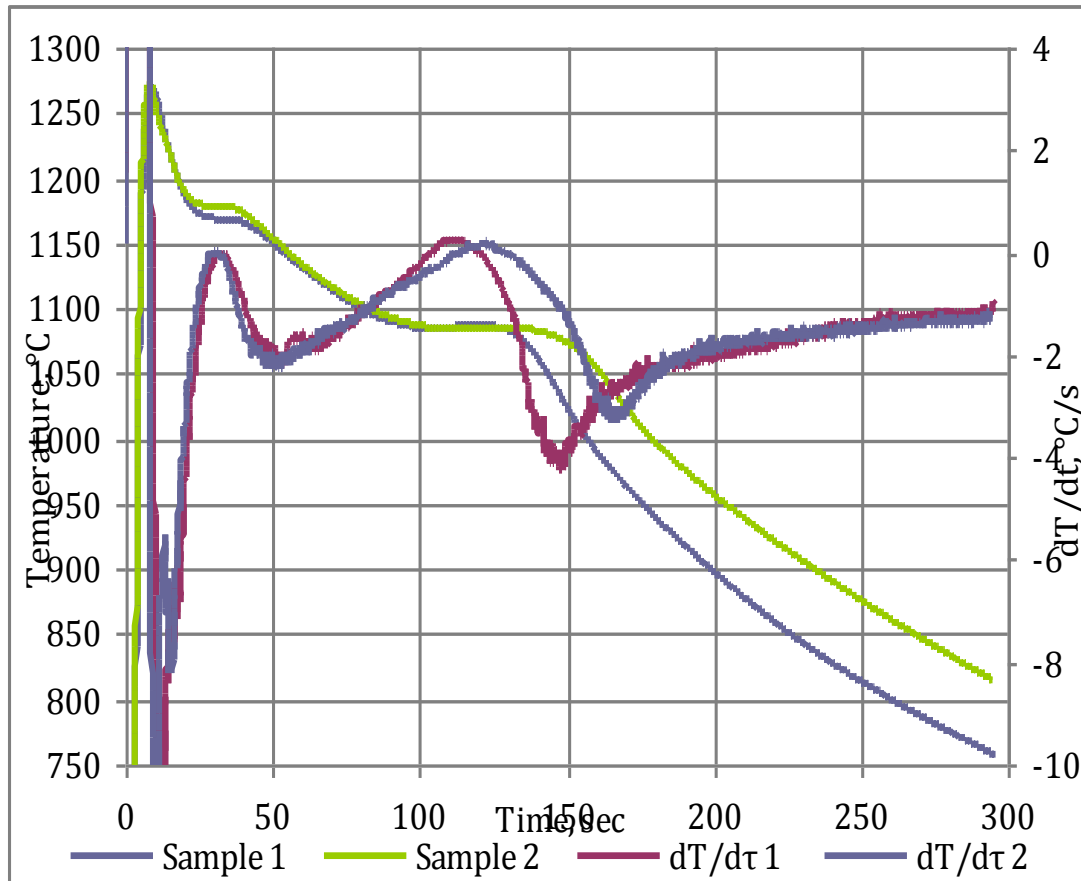


Рис. 4. Криві охолодження для двох зразків та їх похідні

Записані еталонні криві, а також їх відповідний хімічний склад і фізико-механічні властивості використовуються для ідентифікації невідомих контрольованих зразків чавуну. Хімічний склад оброблених експериментальних зразків сірого чавуну наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Об'ємна частка мікроструктурних компонентів у зразках 1 і 2

	F3C, %	Graphite, %	Perlite, %	Ferrite, %
Зразок 1	25	13	62	0
Зразок 2	28	19	53	0

Розрахунок похідних застосовується для фільтрації (згладжування) кривих. Затвердівши, вилівок обробляють різними графітисованими модифікаторами та роблять фото зразків в одній і тій самій точці (рис. 5).

На рис. 5 (а, б) наведено два зразки рідкого чавуну в розрізі. На рис. 5, а наведено перший зразок рідкого чавуну в розрізі, який сфотографовано за допомогою мікроскопа LM з різною роздільною здатністю та обробленим різними модифікаторами для виявлення включення графіту у вилівок, це дає

можливість фахівцям визначати структуру виливка. Аналогічно оброблено другий зразок (рис. 5, б).

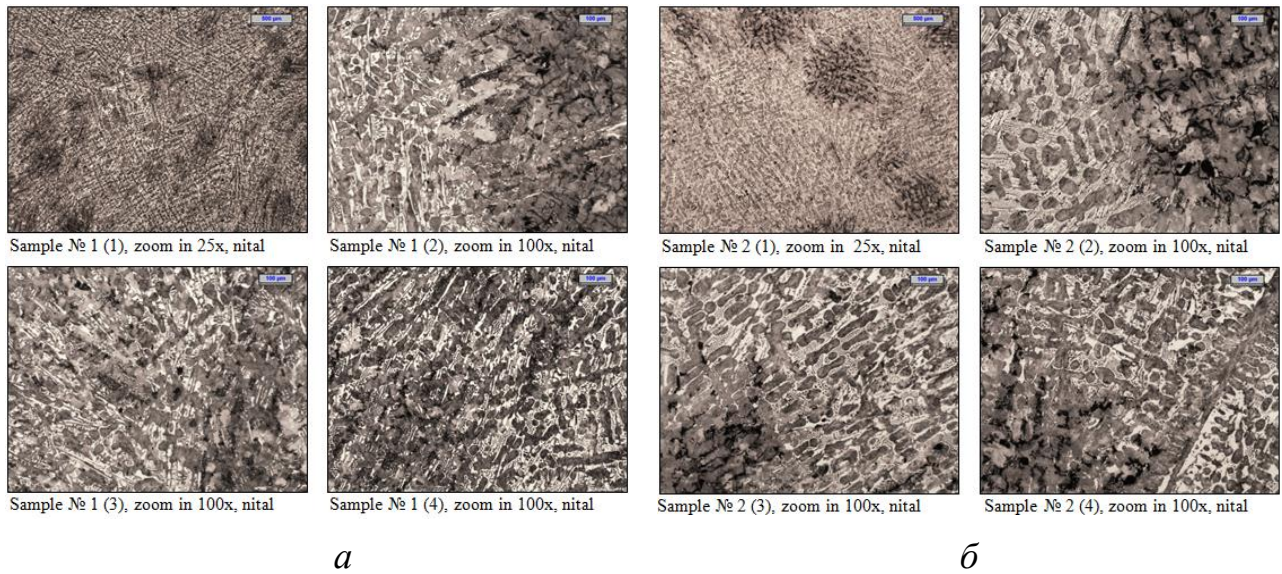


Рис. 5. Зразки рідкого чавуну в розрізі

У лабораторній плавці для цих зразків використовувався сірий чавун з хімічним складом (% мас.): 3,28C, 2,1Si, 0,8Mn. Маса розплаву 2.100 кг. Температура заповнення першого зразка становить 1400 ° С. Мікроструктури зразків зроблені за допомогою легкого металографічного мікроскопу Leica MEF4M з камерою Leica DFC290 представлені у вигляді «атласу мікроструктур». Аналіз зразків показує мікроструктуру білого гіпоевтектичного чавуну з перліт-ледебуритною металевою основою, що дає можливість фахівцям визначити якість отриманого виливка. Виявлено окремі «острівці» стабільної аустенитно-графітової евтектики.

Візуалізація фізичних процесів ливарної технології дозволяє краще зрозуміти особливості цих процесів, а отже, більш ефективно управляти ними з метою зниження дефектів виливків і підвищення виходу заданого виливка. Тому планується розробити програмний продукт, основою якого буде БД, яка складатиметься з двох блоків: «Накопичувальний» та «Довідковий» та буде підтримувати прийняття рішень ливарником в процесі лиття.

2. Структурна схема і принцип роботи БД металів та сплавів

Кінцевим результатом роботи комп'ютерної технології є не тільки створення та наповнення БД експериментальними даними, але й отримання рекомендацій щодо виготовлення виливків необхідної якості.

На рис. 6 наведено запропоновану блок-схему БД.

Найголовніше при створенні БД – правильно її спроектувати. Для розробки логічної структури БД проведено аналіз вихідної інформації і досліджено ступінь залежності зв'язків в ній. В результаті дослідження визначено

структура БД, яка буде складатися з двох блоків: «Довідковий» і «Накопичувальний», елементи яких взаємопов'язані між собою.

Блок «Довідковий» містить стандарти металів та сплавів відповідно до ДСТУ та ISO, а саме хімічні, механічні та фізичні властивості металів та сплавів, та інформацію щодо технічних вимог, таких як структура, яку бажано отримати в результаті виливання. Ці дані не залежать від установки, в якій буде оброблятися вилівок, вони інваріантні для всіх установок.

Блок «Накопичувальний» містить інформацію користувача, яка залежить від існуючих установок та умов, в яких відбувається процес лиття, а також дані про всі вироби, які були виготовлені та всю допоміжну документацію, необхідну для експлуатації ливарної машини на певній установці. За необхідності цей пристрій можна адаптувати для використання на іншій установці, відкоригувавши всю необхідну інформацію. Тут буде зберігатися інформація про вже виготовлені на виробництві виливки, а саме хімічний склад, механічні та фізичні властивості, швидкості охолодження виливка та режими впливу на охолодження виливка, наявні фото в розрізі отриманих виробів з дослідженням їх структури.

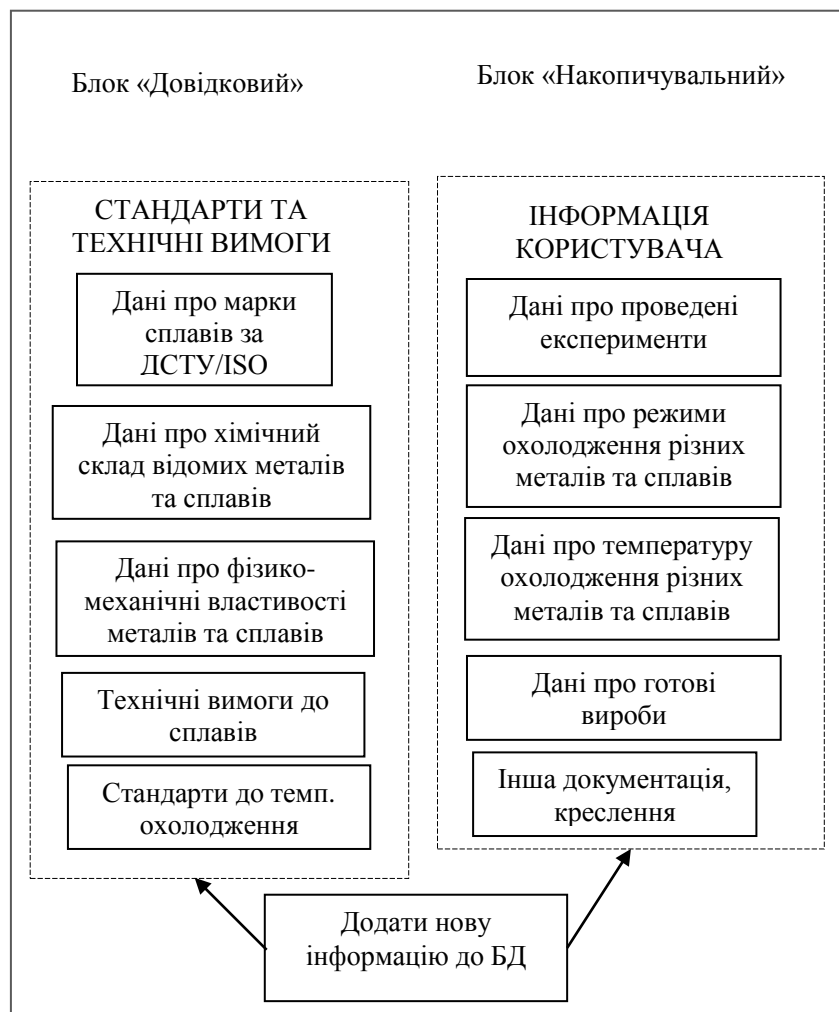


Рис. 6 – Структурна схема БД

Блок «Накопичувальний» з'єднаний одностороннім зв'язком з блоком «Довідковим», для запобігання втрати та дублювання інформації.

Користувач матиме можливість доповнювати БД новою інформацією як у блоці стандартів та специфікацій, так і в блоці даних.

БД є основою системи підтримки прийняття рішень ливарника, яка розробляється авторами [5].

Така система складатиметься з трьох основних блоків:

1. База даних.
2. Рекомендуюча підсистема (перед виробництвом і в процесі виготовлення на конкретній установці).
3. Аналітична підсистема.

Рекомендуюча підсистема пов'язана як з БД, так і з аналітичною підсистемою.

На рис. 7 продемонстровано загальну схему основних підрозділів комп'ютерної системи та їх взаємозв'язок [6, 7].

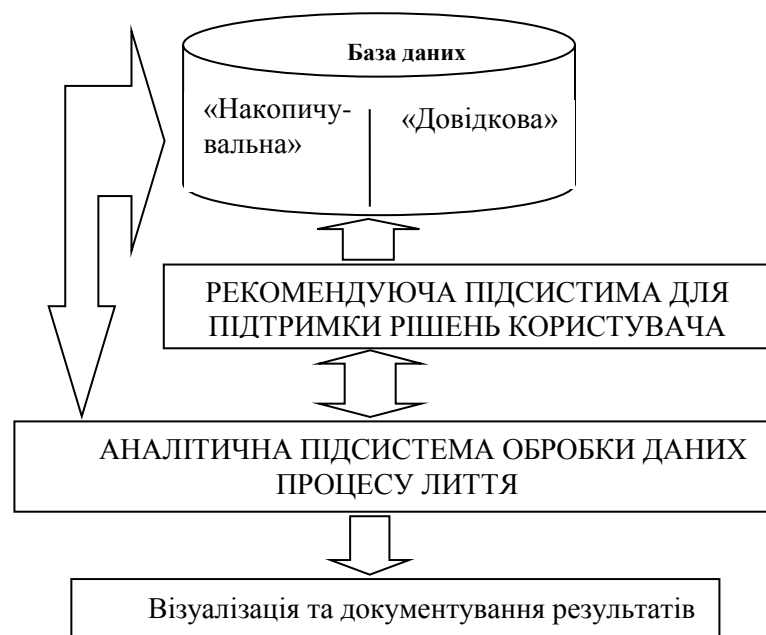


Рис. 7 - Загальна схема основних блоків комп'ютерної системи

. До допомогою MS Access розроблено структурну схему бази даних, наведену на рис. 8.

Планується, що така БД буде зручним інструментом для фахівців ФТМС, що допоможе їм у виборі певної марки сплаву, його характеристики, всі попередні проведені експерименти і т. ін.

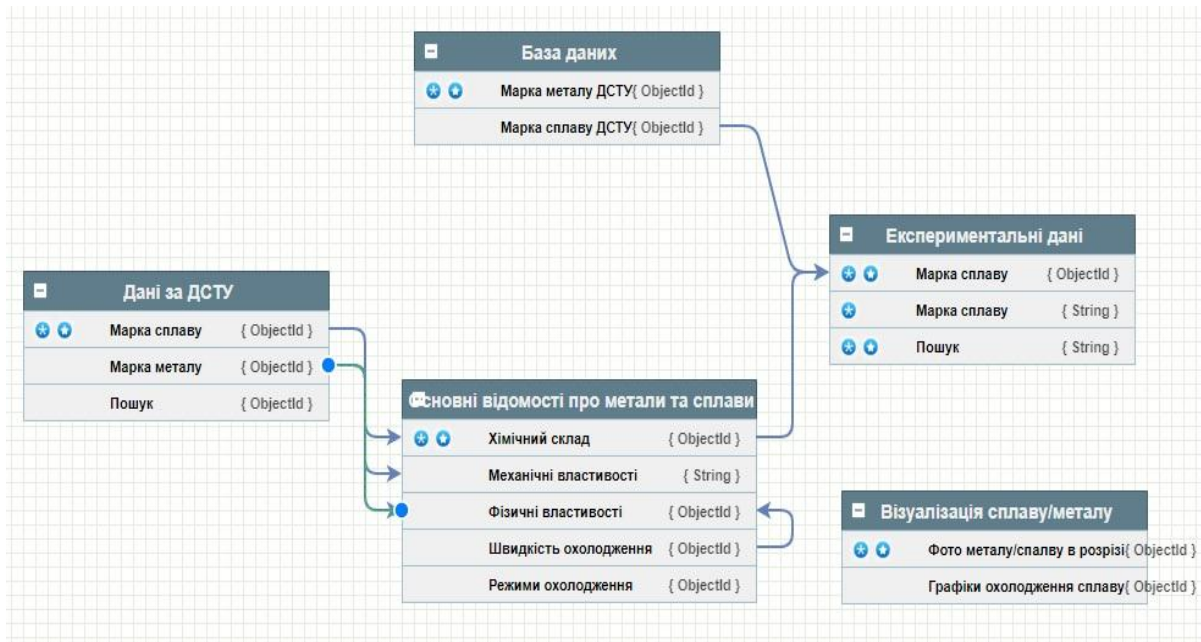


Рис. 8. Структурна схема бази даних металів та сплавів

Розроблена структурна схема такої БД, вона буде наповнюватись фахівцями, буде відкритою для її постійного оновлення та розширення.

Висновки

Розробляється БД металів та сплавів, орієнтована на ФТІМС, для оперативного розв'язання поставлених задач, а саме: визначення хімічного складу виливка, визначення марки розплаву за її кривою охолодження, шляхом порівняння з існуючими у базі даних зразками, не проводячи хімічний аналіз виливка.

БД, що розробляється, буде орієнтовна на українське виробництво, а саме на ФТІМС та складатиметься з двох основних блоків: «Довідниковий» – в цьому блоці міститиметься інформація за стандартами ДСТУ та ISO та «Накопичувальний» – де будуть завантажуватись результати експериментів, що проводитимуться на виробництві, тут буде знаходитись інформація про хімічні, фізико-механічні властивості металів, необхідну швидкість охолодження та параметри охолодження виливків, а також про експерименти, які вже проводились на виробництві, та їх показники, отримані раніше моделі та аналіз отриманих раніше результатів.

Література

1. <https://www.jccount.com/why-databases-are-important-to-business/> (26 нояб. 2017 р.)
2. <https://smallbiztrends.com/2013/06/what-is-a-database.html> (Dec 24, 2018).
3. Универсальный метод термического элспресс-анализа качества жидких литейных сплавов по кривым охлаждения Захарченко Э. В., Сиренко Е. А., Богдан А. В., Гончаров А.А., Жуков Л.Ф., Кравченко Е.В. XI Международная научно - практическая конференция «ЛИТЬЕ 2015», Запорожье, 2015. С. 112 - 115.
4. Zakharchenko, E., Sirenko, E., Goncharova, A., Bogdana, A., Burbelkob, A., Magdalenab, K. New Computer Method of Derivative Thermal Express Analysis of Cast Iron for Operational Prediction of the Quality of Melts and Castings. Journal of Casting and materials engineering. Vol 3, No 2, 2019. pp. 31-42. DOI: <https://doi.org/10.7494/jcme.2019.3.2.31>
5. Tokova O., Savchenko Ye., Stepashko V. Construction of a computer technology for information support of decisions in the foundry production process. – Cybernetics and Computer Engineering. 2019, № 4, pp. 41-55.
6. Токова О.В. Задача розроблення комп'ютерної технології моделювання термічних процесів ливарного виробництва. Управляющие системы и машины 4 (276). – 2018. – С. 84 – 93.
7. Tokova O., Savchenko Ye. Inductive Modelling as a Basis of Informational Support of Decisions in Casting Production. Proc. of the XII IEEE International Conference CSIT-2017 & International Workshop on Inductive Modeling, September 05-08, 2017, Lviv, Ukraine. Lviv: Publisher “Vezha&Co”, 2017. P. 507-510.