

## ІНТЕГРАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Стаття присвячена визначенню якості інтелектуальної системи та її впровадженню в промисловість. В статті наведено комплексний аналіз існуючих проблем, що впливають на якість розробленої інтелектуальної системи. Описана схема організації інформаційних потоків при проектуванні та впровадженні інтелектуальної системи прийняття рішень. Розглянуто цикл розробки додатків. Визначено набір методів та тестів для оцінки якості та продуктивності системи управління технологічними процесами з точки зору функцій, компонентів, статичних та динамічних характеристик та сумісності. В результаті аналізу розглядається фази життєвого циклу інтелектуальної системи, для кожної фази вибираються основні критерії. Класифіковано новітні інформаційні засоби з метою вибору інструментів створення інтелектуальної системи. Здійснено огляд існуючих програмних засобів для побудови інтелектуальних систем, проведення оцінки існуючого набору функцій, визначення набору критеріїв, що впливає на вибір програмного забезпечення, аналіз можливих способів його використання щодо до структурування, зберігання, пошуку та зміни накопичувальних баз знань.

Ключові слова: інтелектуальна система, інтеграція у виробництво, оцінка якості, технічні характеристики, інструменти розробки.

L. POTERAILO

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

## INTEGRATION ASPECTS OF INTRODUCTION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

The creation of intelligent computer software to solve complex problems of process management is possible through the appropriate use of tools, concepts, methods and methodologies of artificial intelligence. The purpose of such an integrated approach is to implement productivity improvements in the development of software and programs related to process control.

Over the past few years, new products in the field of artificial intelligence and technology systems experts have shown increasing attention to detail and solving real problems, as opposed to simple methodological modeling. In the early stages of development, vendors ignored issues such as performance, integration, ease of use, database connection, communications, and delivery tools. They limited themselves to technology that had a vague vision of intelligent automation.

This approach requires a radical rethinking. Management factors for long-term use of the intelligent system are the recognition of the proper quality of the system by users, the ability to maintain the developers, consistency in the transition from development to maintenance and the definition of organizational priorities.

The article is devoted to determining the quality of the intelligent system and its implementation in industry. The article presents a comprehensive analysis of existing problems affecting the quality of the developed intelligent system. The scheme of organization of information flows in the design and implementation of intelligent decision making system is described. The application development cycle is considered. A set of methods and tests for assessing the quality and performance of the process control system in terms of functions, components, static and dynamic characteristics and compatibility. As a result of the analysis the phases of a life cycle of intellectual system are considered, for each phase the basic criteria are chosen. The newest information means for the purpose of a choice of tools of creation of intelligent system are classified. An overview of existing software for building intelligent systems, evaluation of the existing set of functions, determination of a set of criteria influencing the choice of software, analysis of possible ways to use it in relation to structuring, storage, retrieval and modification of accumulative knowledge bases.

Keywords: intelligent system, integration into production, quality assessment, technical characteristics, development tools.

**Вступ.** Створення інтелектуальних комп'ютерних програмних засобів для вирішення складних проблем управління процесами можливо завдяки відповідному використанню засобів, концепцій, методів та методологій штучного інтелекту. Метою такого комплексного підходу є реалізація підвищення продуктивності при розробці програмного забезпечення та програм, що стосуються управління технологічними процесами.

Протягом останніх кількох років, нові продукти в галузі штучного інтелекту та технологічних систем експертів демонструють дедалі більшу увагу до деталей та вирішення реальних проблем, на відміну від простого методологічного моделювання. На перших етапах розвитку постачальники ігнорували такі проблеми, як продуктивність, інтеграція, простота використання, підключення до бази даних, комунікації та засоби доставки. Обмежувались технологією, яка мала нечітке бачення інтелектуальної автоматизації.

Такий підхід потребує кардинального переосмислення. Управлінськими факторами довгострокового використання інтелектуальної системи є визнання належної якості системи користувачами, здатність підтримання розробниками, узгодженість при переході від розробки до технічного обслуговування та визначення організаційних пріоритетів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основні завдання автоматизованої галузевої системи можна характеризувати наступними аспектами: числом і складністю прикладних алгоритмів (правил), їх зв'язність, простором пошуку та кількістю активних користувачів, які формують предметну область [1]. Технологія інтелектуальних систем, зокрема репрезентація виробничих правил із використанням методів зворотного зв'язку, виявилася дуже ефективною для моделювання знань, пов'язаних із проблемами

нафтогазової галузі [0-0]. Існує ряд промислових прикладів, коли технологія інтелектуальних систем, експертних систем використовувалась для кодифікації дефіцитних знань ще більш дефіцитних експертів в галузі буріння [0-0].

Практичним прикладом інтеграції наявних компетенцій та необхідності впровадження сучасних інформаційних технологій в бурінні є розробка високопродуктивної автоматизованої системи запобігання ускладнень і аварійних ситуацій в процесі будівництва нафтових і газових свердловин на основі постійно діючих геолого-технологічних моделей родовищ із застосуванням технологій штучного інтелекту і індустріального блокчейна для зниження ризиків проведення геолого-розвідувальних робіт [0].

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Однією з найбільших перешкод для інтелектуальної автоматизації є недостатньо зрозумілі процеси, а відповідно відсутність детальних моделей процесів для існуючих процесів, які є специфічними для галузі.

Розробка інтелектуальної системи контролю та оптимізації нагляду та її впровадження в загальну архітектуру виробництва вимагає абстрактної моделі технології та топології, а також керування. Важливо мати точні описи базової динаміки для кожного з окремих компонентів процесу та загальної системи процесів. Без цієї моделі застосування передових технологій керування стає неможливим або складним для інтеграції.

Системна невизначеність, властива нафтогазовим технологіям через специфіку досліджуваних об'єктів, призводить до необхідності моделювання нафтогазових систем, метою яких є керування ризиками на всіх рівнях ієрархії та усіх стадіях життєвого циклу. Поставлені проблеми є складними через складність систем, що вивчаються, робота яких нелінійна.

Питання цілісної інтеграції можливостей інтелектуальних систем з використанням технологій знань та експертних систем при керуванні технологічними процесами нафтогазової галузі є критично важливою. Більшість систем середнього та великого масштабу вимагають інтеграції з існуючими даними, а також традиційними процедурними конструкціями. Вимоги до інтеграції зазвичай не є поверхневими і вимагають поєднання евристичних можливостей із традиційними обчислювальними методами.

Середню або велику систему не можна ввести в реальне середовище як острів автоматизації. Це має бути вбудовано в загальну обчислювальну структуру та філософію. Без середовища інженерії знань, що має вищезазначені характеристики, побудова та інтеграція інтелектуальних рішень середнього та великого масштабу не стане широкомасштабною промисловою реальністю.

**Формулювання цілі статті.** Метою статті є дослідження щодо визначення вимог при проектуванні інтелектуальних систем, формування схеми взаємозв'язку між учасниками реалізації, аналіз існуючих програмних засобів для побудови інтелектуальних систем, проведення оцінки існуючого набору функцій, визначення набору критеріїв, що впливає на вибір програмного забезпечення, аналіз можливих способів його використання щодо до структурування, зберігання, пошуку та зміни накопичувальних баз знань.

### Виклад основного матеріалу та отриманих наукових результатів

#### Специфікація та оцінка інтелектуальних систем управління технологічними процесами

Для успішної побудови експертних систем на основі знань для вирішення певної проблеми необхідно зрозуміти особливості її застосування та системні вимоги, що може критично впливати на процес розробки та постачання програмного продукту.

Інжинірингова компанія або кінцевий користувач готує технічні специфікації інтелектуальної системи керування процесом (PCS process control systems) і надсилає їх набору компаній, які виробляють або інтегрують PCS. Специфікації містять усі необхідні та корисні функції для управління процесом. Кожен кандидат-постачальник перевіряє, чи відповідає його система всім вимогам, готує свою пропозицію та відправляє її назад інженеру. Підготовка пропозиції вимагає чіткого розуміння вимог; на цьому етапі трапляються помилкові тлумачення. Інженер (або кінцевий користувач) готує контрольний список, щоб перевірити ступінь відповідності кожної пропозиції та класифікує всі прийнятні пропозиції.

Процес визначення, вибору та випробування інтелектуальної системи керування процесом для промислового застосування є тривалим, трудомістким і ризикованим (рис. 1).

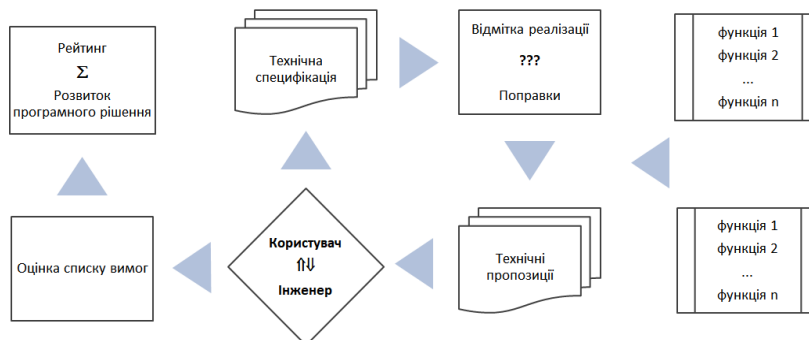


Рис. 1. Процес сертифікації та оцінки системи керування процесами

Основну архітектуру інтелектуальної системи, показану на рис. 2, можна розділити на дві частини. База знань і робоча пам'ять складають одну частину системи. Механізм висновку заснованого на логіці та

всі підсистеми та інтерфейси становлять другу частину. База знань містить факти, правила та евристику, що втілюють знання експертів. Механізм висновку містить стратегії та умови висновку, пояснення та підсистеми інтерфейсу користувача, які експерти використовують, коли вони маніпулюють фактами та правилами, щоб дійти висновку. Основна увага зосереджена на набутті знань.

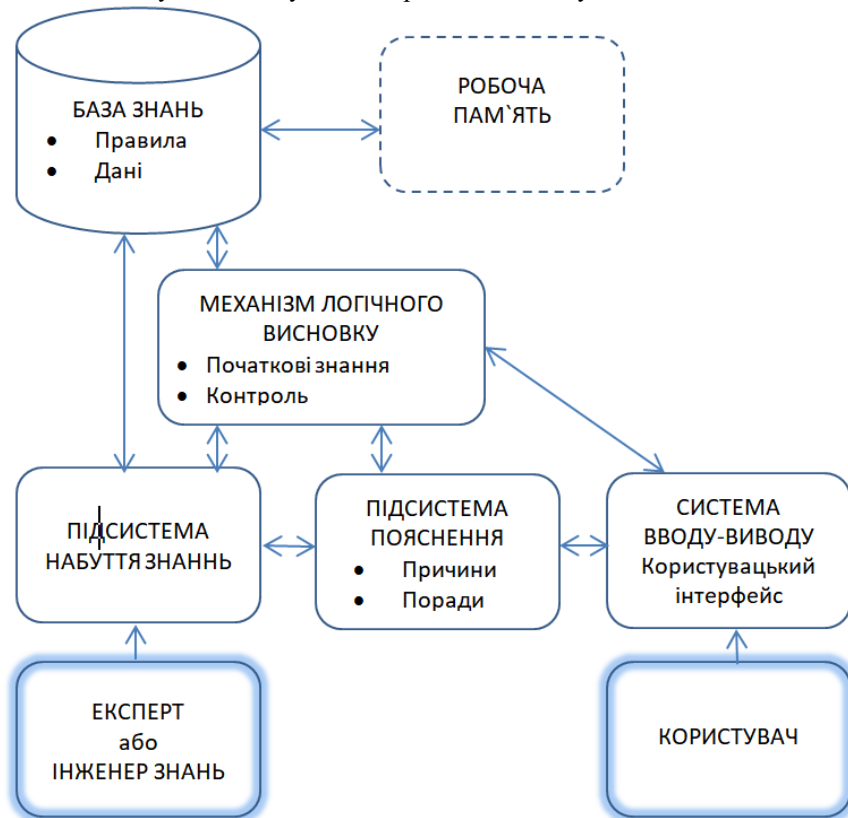


Рис.2. Архітектура інтелектуальної системи

Набуття знань відбувається під час процесу збору знань у експерта та кодування їх у форму програми. Інженер знань виступає посередником, щоб допомогти експерту в перекладі та передачі досвіду для побудови бази знань системи. Однак проблеми спілкування між розробником комп'ютерно-орієнтованої системи та спеціалістом галузі часто призводять до менш незадовільного процесу передачі.

Робочий процес будівництва свердловин - це безперервний цикл від планування свердловини до бурових робіт, де навчання включається в кожен цикл. Розробка автоматизації, яка вимагає можливостей, пов'язаних із програмним забезпеченням, мікропрограмою, елементами управління, обробкою сигналів, штучним інтелектом, IT-безпекою, управлінням даними, телекомунікаціями та управлінням конфігурацією - як правило, не є основною компетенцією підрядника з буріння. Альтернативою є те, що підрядник бурових робіт може співпрацювати з постачальником програмного рішення автоматизації, який може нести витрати на розробку, надати досвід і досвід. Ця система заснована на основному процесі будівництва свердловини - оператор планує свердловину, потім підрядник бурових робіт та сервісні компанії бурять свердловину відповідно до цього плану. Оперативні результати реєструються, і оператор навчається на отриманих результатах. Потім ці результати надходять у наступну свердловину, і цикл починається спочатку.

Питання інтелектуальної автоматизації процесів буріння є комплексним питанням, що потребує послідовного виконання ряду вимог: «Безпечна надійна система - Дотримання процесу - Послідовність - Управління ризиками - Стійкі показники».

Безпека є ключовим фактором буріння, тому при прийнятті рішення, щодо бурових операцій обмежуються встановленим рівнем безпечної роботи.

Буріння здійснюється з виконанням визначених процедур, які на жаль, не завжди дотримуються. Графіки даних у режимі реального часу показують, що автоматизація може дотримуватися процедур так, як це не можна досягти при ручному керуванні.

Після досягнення узгодженості та вибору правильних процедур їх можна застосовувати на інших установках або проектах для забезпечення стандартизації. Повторити ці результати за допомогою традиційного підходу до навчання та моніторингу приладової панелі надзвичайно складно, особливо при врахуванні плинності кадрів бурових бригад.

Стандартизовані процедури дають користь у скороченні непродуктивного часу.

В дослідженні [0] наведено, що після впровадження інтелектуальної системи час простою обладнання зменшується на 90%. З кожною ітерацією плану, буріння, фіксації та вивчення циклу будівництва свердловин оптимальний рівень продуктивності стає все вищий, оскільки він побудований на міцній основі, що підтримує загальний процес.

Для побудови широкомасштабних програм, заснованих на знаннях, пропонуємо розглядати таку організаційну структуру:

- керівник проекту;
- інженери знань;
- інженери систем штучного інтелекту;
- інженери-програмісти ШІ;
- традиційні інженери-розробники;
- традиційні комп'ютерні вчені;
- експерти галузі;

Перший - це керівник проекту, який здатний організувати паралельну роботу інших. Менеджер повинен бути знайомий з більшістю технологій, проблемами та галуззю загалом.

Наступним є інженер знань, людина яка знайома з технологічним процесом, а також з парадигмами міркувань, заснованих на знаннях, і яка може ефективно взаємодіяти з реальними експертами галузі. Але цей інженер насправді не впроваджує базу знань. Великі додатки, засновані на знаннях, які мають глибоку інтеграцію та критично важливу для часу вимогу, потребують великої кількості послуг, що вилучається із фактичного компонента розумних міркувань програми. Ці послуги охоплюють сфери інтеграції, співпраці, розподілу, параметризації та критичності часу.

Інженер систем штучного інтелекту, працює над питанням надання системних послуг додатку, що базується на знаннях, розуміється на ШІ та системах знань, а також на системній інженерії та операційних системах загалом.

Інженер програмного забезпечення зі штучним інтелектом, є спеціалістом з ШІ, експертних систем та методів, заснованих на знаннях, слідкує за дотриманням вимог програмування для інтелектуальних міркувань, налагоджує взаємодію з інженерами знань, які розгортають знання від реальних експертів галузі. Інженери систем штучного інтелекту надають послуги інженерам-розробникам програмного забезпечення для штучного інтелекту та активно взаємодіють з ними.

Інженер додатків, має справу з інтеграцією та системними вимогами, необхідними на певному вертикальному ринку. Цей інженер розуміє детальні відомості про роботу з апаратним та програмним забезпеченням, що характерно для конкретного виробництва. У галузях управління технологічними процесами інженер розуміє, як працюють розподілені системи управління та що потрібно, щоб мати можливість інтегруватися з ними у значущий спосіб.

Програміст виконує роботу з процедурного та традиційного коду, проблеми, пов'язані з комп'ютером.

Фахівець галузі є основою до успішного проекту. Інженери знань, які є штатними спеціалістами виробництва, пов'язаними з проектом, ефективно взаємодіють із зовнішніми експертами з виробництва. Масштабні проблеми, як правило, вимагають участі більше ніж одного експерта з доменів. Координація, управління та розподіл інформації з цих численних джерел стають ключовим завданням нових інженерів знань.

У великих та середніх проблемах виконана команда може охоплювати декілька осіб. У деяких проектах може бути задіяно до 20 осіб, які одночасно та паралельно працюють над створенням якісного рішення у такому форматі. Завдяки цій організаційній структурі ви можете створити великі групи людей для вирішення жорстких евристичних проблем у розумні терміни.

Під час розробки необхідним є визначення системних проблем, які будуть розв'язані розробленим програмним рішенням. При оцінці та впровадженні ІС слід враховувати такі критичні моменти:

- різницю форми та стандартів між розробниками та користувачами для написання специфікацій;
- у специфікації можуть бути відсутні деякі важливі функції або вимоги;
- точність і правильність розуміння специфічних визначень або вимог кінцевого користувача, щоб

уникнути заниження або завищення значення;

- процес оцінки може вимагати порівняння ознак, які важко визначити кількісно;
- ранжування пропозицій не є прозорим, якщо метрика не визначена заздалегідь.

Питання слід розглядати в таких напрямках:

- принципи, що оцінюють технічні специфікації, включаючи всі функції та послуги, необхідні PCS для певного виробництва.

- процедури виробничого випробувального приймання.

Усі додатки, засновані на знаннях, повинні проходити той самий рівень всебічного тестування, що і будь-яка високоякісна традиційна програма. Цей набір тестів повинен мати можливість автоматично застосовувати базу знань щодо широкого набору випадків вирішуваної проблеми.

Велика увага до деталей в архітектурі, дизайні та впровадженні з'ясує правильний спосіб вирішення проблеми. На початку проекту важливо розробити чіткий набір цілей для представлення знань. База знань повинна пройти контроль якості перед її випуском. Це можна досягти через взаємодію експерта галузі із додатком, тим самим критикуючи процес прийняття рішень. Вважаємо це цінною спеціальною методологією.

Необхідно сформулювати детальний документ про архітектуру, дизайн та впровадження (табл.1).

Після впровадження першої версії системи, необхідно розпочати детальне тестування логіки, яка передбачена в додатку. Наступний етап у систематичному підході передбачає вдосконалення програми та

виправлення помилок. Саме на цій фазі відбувається жорстко контрольована настройка знань. Після вдосконалення, виправлення помилок та налаштування знань можна розпочинати процес розгортання. Дизайн інтелектуальної системи повинен дозволити розгортання паралельно існуючим операційним методологіям.

Після успішного розгортання програми, заснованої на знаннях, проводиться детальний огляд загального проекту, з метою наукового аналізу для реалізації в майбутніх споріднених проектах.

Таблиця 1

**Технічні характеристики інтелектуальної системи керування процесом**

Архітектура системи	Специфікація визначає загальні характеристики необхідної системи та включає попередні креслення архітектури
Середовище установки	Специфікація установки включає кілька аспектів, від кліматичних умов до джерел живлення та механічних умов.
Характеристики системи	масштабованість, здатність системи збільшуватися без необхідності заміни деталей розширюваність, можливість збільшення кожного компонента системи без зміни архітектури або самого компонента
Інші системні аспекти	процедури налаштування системи можливість зміни конфігурації під час запуску підтримувані мови програмування, включаючи управління пакетами
Надійність системи	визначення доступності системи з точки зору внесення змін та підтримки технічного обслуговування. Узагальнює здатність системи виконувати свої завдання за певний час або інтервал часу.
Специфікація вводу-виводу	PCS може мати кілька типів вводу-виводу, як звичайні (тобто 4–20 мА), так і цифрові (тобто польову шину).
Вимоги до програмного забезпечення	Як дані зберігаються для використання в додатках реального часу. -розподілена база даних: дані зберігаються в декількох фізичних місцях, підключених до мережі -концентрована база даних: -дані безперервно передаються в/з центральної бази даних, і всі програми отримують доступ до даних через неї
Інтерфейс людина-машина (НМІ)	всі пристрої та методи, що використовуються для взаємодії з PCS, наприклад, дисплеї, монітори ПК та програмні засоби. НМІ знаходиться як у диспетчерській, так і на місцях, і вимоги, очевидно, досить різні. Можливо, найважливішою функцією НМІ є подання сигналів тривоги від процесу та від самого PCS операторам.
Вимоги до спілкування	PCS з високим рівнем інтеграції може мати до чотирьох рівнів зв'язку: польова шина: від / до польових пристроїв, до / від контролерів, мережа контролерів: магістраль функцій управління, вона з'єднує всі контролери, мережа диспетчерської: на базі IEEE802-Ethernet підключає контролери до комп'ютерів у диспетчерській, корпоративна мережа: інтегрує PCS в інформаційно-комунікаційне середовище компанії, Простіші PCS можуть вимагати меншої кількості мереж зв'язку. У менш вимогливих додатках відсутні сервери, а мережа контролерів та мережа диспетчерських об'єднані
Підтримка життєвого циклу PCS	починається на етапі передпродажу і продовжується протягом усього його життєвого циклу. Включає технічні послуги (наприклад, навчання, онлайн-сервіс, запасні частини) та комерційні аспекти (наприклад, гарантію, оновлення програмного забезпечення).

Передача відповідальності дозволяє постійне технічне обслуговування та вдосконалення програми з використанням наукових та контрольованих методів програмної інженерії. Розробники додатку як правило не надають довгостроково послуги по внесенню змін та вдосконаленню системи. Дотримання системного підходу дозволяє підтримати базу знань актуальною, керованою та підтримуваною людьми, які не спрямовані на дослідження та розробки.

**Вибір інструменту розробки інтелектуальної системи.**

Основною проблемою при реалізації моделей інтелектуальних систем є вибір оболонок або інструментів, необхідних для створення програмного рішення. Невеликий клас систем зазвичай призводить до вибору інструменту оболонки експертної системи.

Наступна процедура забезпечує високий ступінь надійності правильного вибору інструменту. Це вимагає хороших знань і детального розуміння всіх питань, які потребують вирішення (рис. 3).

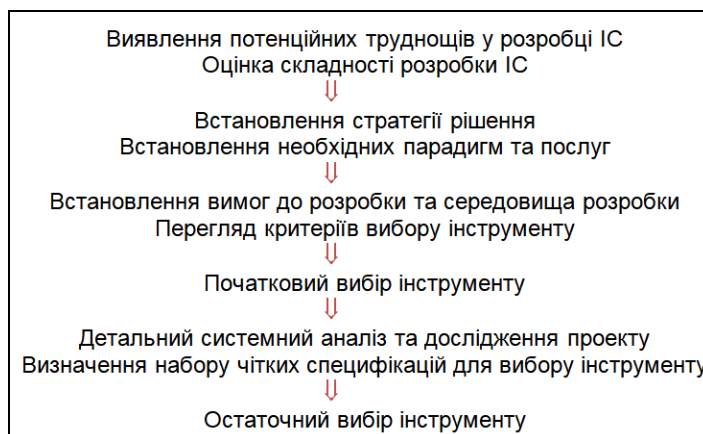


Рис.3. Процес вибору інструментів для розробки інтелектуальної системи (ІС)

Інструменти штучного інтелекту - це майже виключно програмні засоби; мови програмування або середовища розробки програм, мови інженерії знань. Фактори вибору найкращого середовища умовно можна віднести до трьох різних стадій життєвого циклу ІС: побудова, використання та оновлення. При виборі середовища важливо враховувати способи побудови, що впливають на швидкість і простоту побудови системи.

При побудові ІС необхідно звернути увагу на такі параметри:

- робота зі зручним методом подання знань (логіка проблемний каркас, заснований на правилах);
- вміння працювати з базою знань;
- загальний підхід до всіх доменів;
- презентація особливостей дизайнерської моделі, методології проектування;
- розгляд кваліфікації користувача ІС;
- модуляризація бази знань;
- рівень деталізації опису виробництва;
- виконання завдання в умовах відсутності даних;
- наявність засобів для виведення;
- наявність журналу подій (запис несправності системи);
- здатність обробляти виняткові умови;
- наявність механізму пошуку неоднозначності;
- конфігурація необхідного допоміжного програмного забезпечення та обладнання для роботи ІС;
- адаптивні властивості (можливість налаштування під конкретне виробництво);
- метод подання знань.

При використанні ІС може виникнути потреба в вдосконаленні існуючої функціональності або введенні нових можливостей. При виборі програмного забезпечення для побудови ІС здійснено дослідження базової моделі, що містить основні елементи: питання, відповідь, рекомендацію. Було проаналізовано можливість використання для реалізації середовищ програмування і порожніх експертних систем.

З числа засобів першої групи розглянуто мови обробки символічної інформації, Пролог і Лісп. Пролог – мова високого рівня, орієнтована на використання концепцій і методів математичної логіки. Мова Лісп має здатність обробляти спискові структури. Розглянуто можливість застосування орієнтованих на обробку символічної інформації і розробку ІС: Smalltalk, FRL, Interlisp. Крім цих спеціалізованих мов для розробки експертних систем використовуються і звичайні мови програмування загального призначення: Сі, Асемблер. Недоліком мов програмування для створення інтелектуальних систем є: великий час розробки готової системи, необхідність залучення висококваліфікованих програмістів, труднощі з модифікацією готової системи.

Середовища програмування – дозволяють розробники не програмувати деякі або всі компоненти ІС, а вибирати їх із заздалегідь складеного набору. Експерти мають можливість розвивати власну базу знань безпосередньо з минулого досвіду, опублікованих даних та інших джерел інформації. Використовуються готові експертні системи оболонки-комп'ютерних програм, які забезпечують основу для розробки інтелектуальних систем. Ці продукти відрізняються від мов програмування тим, що вони вже містять механізми управління, які визначають, як вони застосовуватимуть підстави для висновку. Користувач стає інженером знань, взаємодіючи з експертною системою, будуючи базу знань безпосередньо з минулого досвіду, опублікованих даних та конфіденційних записів компанії чи уряду. Таким чином, використання системи, заснованої на знаннях, як прототипу консультативної системи змушує експертів дослідити власні знання та дізнатись, які факти, правила та стратегії висновку дійсно необхідні для отримання рекомендації чи вирішення проблеми.

Предметно-орієнтоване представлення знань - ідеальна методологія для застосування при проектуванні інтелектуальних систем процесів буріння [8]. В цих умовах важливим є створити базу знань, яка б структурувала та кодифікувала цю інформацію та дозволяла подавати та фокусувати потрібну інформацію з урахуванням стану виробництва. Базу знань, що містить стандартні посібники та документацію, технічні та технічні особливості, а також узгоджені стандарти та коригувальні дії [9].

Об'єктно-орієнтовані бази даних дозволяють структурувати та посилатись на спільний доступ до об'єктів за допомогою ідентифікації об'єкта та успадкування. Основним поняттям орієнтації на об'єкт є ідентичність об'єкта, властивість, яка відрізняє кожен об'єкт від усіх інших. За допомогою цієї властивості об'єкти можуть містити або посилатися на інші об'єкти. Ідентичність об'єкта організовує об'єкти, якими маніпулює об'єктно-орієнтована програма. Об'єктно-орієнтовані бази даних досягають своїх можливостей моделювання, використовуючи три фундаментальні концепції абстрактного набору даних, успадкування та ідентичності об'єкта. Об'єктно-орієнтовані бази даних дозволяють користувачеві розробляти та досліджувати властивості успадкування об'єктів та класів стосовно правил. В рамках існуючої ієрархії користувач може створювати нові класи, які можуть успадкувати поведінку (операції та методи) та представлення (атрибути та змінні екземпляра) від існуючих класів.

Формуючи в цій послідовності процес побудови орієнтованих на знання систем, слід мати на увазі, що структура знань не повинна описувати лише певні випадки, а й описувати процеси відображення елементів систем даних, які є не узгоджені з концепцією знань, які формують відповідний минулий досвід експерта, для обчислення відповідних рівнів подібності, визначення відповідних способів адаптації

правильних та задовільних рішень для обраних проблем шляхом можливої модифікації її параметрів значення на рівні їх заданих діапазонів [10].

Пакет Exsys Developer, призначений для створення прикладних експертних систем в різних предметних областях.

CLIPS -програмне середовище для розробки ІС - це система, заснована на правилах, алгоритм Rete використовується як механізм логічних висновків.

Основними конкурентними перевагами CLIPS є:

- прийнятна продуктивність;
- явний синтаксис;
- наявність виклику зовнішніх функцій, написаних іншими мовами програмування;
- модулі, написані на CLIPS, можуть викликати програми, написані іншими мовами.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - це графічне середовище програмування, яке можна використовувати для швидкого та ефективного створення додатків з професійними користувальницькими інтерфейсами, а також для розробки складних програм вимірювання, тестування та контролю. LabVIEW система підтримки інженерних знань, пропонує інтеграцію з тисячами апаратних пристроїв та забезпечує вбудовані бібліотеки для розширеного аналізу та візуалізації даних.

Оболонка JESS (Java Expert System Shell Java Expert System Shell) - оболонка для розробки ІС дозволяє створити додаток Java, що забезпечує можливість обробки даних на основі знань, представлених як правила. На даний момент JESS є однією з найпростіших і найшвидших оболонок для експертних систем. Ядро JESS використовує алгоритм Rete для узгодження фактів з правилами, що є дуже ефективним швидко та швидко вирішувати численні завдання порівняння. Він запам'ятовує результат останньої перевірки знань і повторно перевіряє лише нещодавно з'явилися факти. JESS має закритий вихідний код, на відміну від CLIPS [11].

Таблиця 2

#### Порівняльна характеристика інструментів розробки

Інструмент розробки	Режим роботи програми	Легкість розробки ІС (ранжирування)	Зручний інструмент налагодження	Можливе вдосконалення	Платність
CLIPS	Текстовий режим	2	+	+	-
JESS	Текстовий режим	3	-	-	-
Visual Prolog	Текстовий режим	4	+	-	+
Exsys Corvid	Графічний режим	5	+	-	+
LabVIEW	Графічний режим	1	+	-	-

Отже, проміжним висновком є те, що для вирішення завдання щодо найкращого програмного забезпечення для побудови ІС необхідно розглядати відповідності таким критеріям:

- робота в графічному режимі;
- ступінь складності розробки ІС;
- наявність можливості налагодження створеної ІС;
- можливість вдосконалення;
- необхідність додаткових інструментів при розробці;
- необхідність ліцензій для використання.

**Майбутні напрямки дослідження та висновки.** В результаті дослідження можна ствердити, що технології експертних систем можна використати як інструмент у процесі отримання знань та інтерпретації даних для промисловості та науково-дослідної діяльності в галузі управління технологічними процесами. Передача та трансформація професійної думки з вирішення проблем від експерта до комп'ютерної програми є основою процесу розробки експертної системи. Розглянуто методи роботи з неточними міркуваннями в інтелектуальних системах, на основі чого запропоновані підходи і інструменти до побудови ІС. Ключовим аспектом інженерії знань та підходу до організації проекту є наявність чіткої методології, за допомогою якої можна вибрати проблеми в галузі, які потрібно вирішити.

Цифрові та автоматизовані технології представляють найкращу можливість для бурової промисловості впровадити інновації, для цього вимогою є підготовка, співпраця, участь фахівців буріння, інженерії знань, програмування, необхідність відійти від ізольованої роботи до спільної роботи.

Результатом дослідження є визначення схеми взаємодії з інформаційними системами задіяними при здійсненні технологічних процесів буріння, заснованими на знаннях, яка охоплює як логіку, що використовується для визначення геологічних концепцій, так і міркування, що дозволяють фахівцю з буріння зрозуміти та ефективно управляти ходом процесу буріння.

Майбутнім напрямком розвитку роботи може бути використання запропонованої моделі, яка може слугувати відправною точкою для побудови системи прогнозного обслуговування в режимі реального часу. Ще одним напрямком розвитку досліджень може стати фактичний контроль дій, здійснених оператором. У цьому випадку модель пропонує найкращі дії для мінімізації певної функції витрат.

#### Література

1. Bogatkina Yu.G., Eremin N.A., Sardanashvili O.N. Automated system of technical and economic assessment of the effectiveness of the development of oil and gas fields. // Collection of reports of the IV Regional

Scientific and Technical Conference Gubkin University - Moscow, 2020, p. 374.

2. Ruey-Shiang Guh Integrating Artificial Intelligence into On-line Statistical Process Control, Quality and Reliability Engineering 19(1):1 - 20 January 2003

3. Xudong Yang, Oladele Bello, Lei Yang, Derek Bale Intelligent Oilfield - Cloud Based Big Data Service in Upstream Oil and Gas Conference: International, Petroleum Technology Conference, January 2019.

4. Bogatkina Yu.G., Dmitrievsky A.N., Eremin N.A. Intellectual-logical program Graph // Certificate of state registration of the computer program RU 2017663905, 13.12.2017, Application No. 2017661194.

5. Еремин Н.А., Винокуров В.А., Гушин П.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д., Насекин К.К., Сафарова Е.А., Бороздин С.О., Архипов А.И. Программный компонент "Обратная связь" // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020665410, 26.11.2020.

6. Safarova E.S., Eremin N.A., Stolyarov V.E. Application of advanced information technologies in the construction and exploitation of oil and gas fields // Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference Actual problems of the development of the oil and gas complex of Russia - Moscow, 2020. - P. 212–221.

7. Ginger Hildebrand, Schlumberger Digital drilling system aims to close gap between well plan, rig workflow // Drilling Rigs & Automation, September/October, 2020.

8. Miller, Betty M. Object-oriented expert systems and their applications to sedimentary basin analysis. - (U.S. Geological Survey bulletin; 2048) United States Government Printing Office, Washington: 1993.

9. Потеряйло Л.О. Інтелектуалізація контролю та підтримка прийняття рішень в процесі буріння // Міжнародний науково-технічний журнал. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №2, 2020 рекомендовано до друку.

10. Sheketa V. Case-based modelling of data and knowledge // Sheketa V., Chesanovsky M., Styslo T., Romanushyn Y., Poteriailo L. // 14-а міжнародна науково-практична конференція “Математичне та імітаційне моделювання систем – МОДС 2019” .– Чернівці.– 2019.–С.177–181.

11. Мухойд О. В., Косторной О. С., Шифрін Д. М. Вибір оптимального програмного забезпечення для побудови експертних систем // Журнал інженерних наук Volume 5, Issue 2 (2018).

### References

1. Bogatkina Yu.G., Eremin N.A., Sardashvili O.N. Automated system of technical and economic assessment of the effectiveness of the development of oil and gas fields. // Collection of reports of the IV Regional Scientific and Technical Conference Gubkin University - Moscow, 2020, p. 374.

2. Ruey-Shiang Guh Integrating Artificial Intelligence into On-line Statistical Process Control, Quality and Reliability Engineering 19(1):1 - 20 January 2003.

3. Xudong Yang, Oladele Bello, Lei Yang, Derek Bale Intelligent Oilfield - Cloud Based Big Data Service in Upstream Oil and Gas Conference: International, Petroleum Technology Conference, January 2019.

4. Bogatkina Yu.G., Dmitrievsky A.N., Eremin N.A. Intellectual-logical program Graph // Certificate of state registration of the computer program RU 2017663905, 13.12.2017, Application No. 2017661194.

5. Eremin N.A., Vinokurov V.A., Gushchin P.A., Dmitrievskiy A.N., Chashchina-Semenova O.K., Fitsner L.K., Chernikov A.D., Nasekin K.K., Safarova Ye.A., Borozdin S.O., Arkhipov A.I. Programmyy komponent "Obratnaya svyaz" // Svidetelstvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020665410, 26.11.2020.

6. Safarova E.S., Eremin N.A., Stolyarov V.E. Application of advanced information technologies in the construction and exploitation of oil and gas fields // Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference Actual problems of the development of the oil and gas complex of Russia - Moscow, 2020. - P. 212–221.

7. Ginger Hildebrand, Schlumberger Digital drilling system aims to close gap between well plan, rig workflow // Drilling Rigs & Automation, September/October, 2020.

8. Miller, Betty M. Object-oriented expert systems and their applications to sedimentary basin analysis. - (U.S. Geological Survey bulletin; 2048) United States Government Printing Office, Washington: 1993.

9. Poteriailo L.O. Інтелектуалізація контролю та підтримка прийняття рішень в процесі буріння // Міжнародний науково-технічний журнал. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №2, 2020 рекомендовано до друку.

10. Sheketa V. Case-based modelling of data and knowledge // Sheketa V., Chesanovsky M., Styslo T., Romanushyn Y., Poteriailo L. // 14-а міжнародна науково-практична конференція “Математичне та імітаційне моделювання систем – МОДС 2019” .– Чернівці.– 2019.–С.177–181.

11. Mukhoid O. V., Kostornoi O. S., Shyfrin D. M. Vybir optimalnoho prohrannoho zabezpechennia dlia pobudovy ekspertnykh system // Zhurnal inzhenernykh nauk Volume 5, Issue 2 (2018).

Надійшла / Paper received : 03.10.2020 р. Надрукована/Printed :04.01.2021 р.