

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2024-285-5-33-43>

УДК 622.2

ВПРОВАДЖЕННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СШНУ. ОСНОВНІ ВИГОДИ ТА ВИКЛИКИ

Чеверда А.М., Артим В.І.

IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES FOR MONITORING AND MAINTENANCE OF SRPU. KEY BENEFITS

Cheverda A.M., Artym V.I.

У статті детально розглядаються основні аспекти впровадження BIM-технологій у процеси моніторингу та обслуговування свердловинних штангових насосних установок (СШНУ). Підкреслюється значення BIM як універсального інструменту для інтеграції різних етапів управління інфраструктурними об'єктами. Використання BIM дозволяє ефективно оптимізувати життєвий цикл таких складних систем, як СШНУ, що забезпечує не лише надійність їхньої роботи, але й підвищення продуктивності та зменшення експлуатаційних витрат.

У статті акцентується увага на перевагах, які надає використання BIM у сфері моніторингу та обслуговування СШНУ. Зокрема, підкреслюється важливість підвищення точності інформації, що забезпечує своєчасне виявлення можливих відхилень у роботі системи, дозволяючи оперативно реагувати на проблеми. Це, в свою чергу, сприяє підтримці безперервності виробничих процесів та знижує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Крім того, у статті аналізуються технічні та організаційні виклики, які можуть виникнути під час впровадження BIM. Особлива увага приділяється питанням інтеграції BIM з існуючими інформаційними системами, що є важливим аспектом для забезпечення повноти та точності даних. Важливо також зазначити необхідність проведення навчання персоналу для опанування новими технологіями та підходами, що дозволить максимально ефективно використовувати потенціал BIM.

Розроблено низку рекомендацій для успішного впровадження BIM-технологій, серед яких особливу увагу приділено детальному аналізу потреб конкретного проекту, забезпеченню ефективної інтеграції BIM з іншими системами управління, а також постійному оновленню моделей відповідно до змін на об'єкті. Виконання цих рекомендацій забезпечить не лише

підвищення ефективності роботи СШНУ, але й тривалу стабільність та надійність їх функціонування. Таким чином, впровадження BIM-технологій стає ключовим фактором підвищення ефективності та надійності управління свердловинними штанговими насосними установками, що дозволяє оптимізувати процеси, знизити витрати та забезпечити більш високий рівень безпеки під час експлуатації. Успішне впровадження BIM вимагає комплексного підходу, що враховує всі можливі технічні та організаційні виклики, а також постійної адаптації до змінних умов та нових технологій.

Ключові слова: BIM-технології, Свердловинні штангові насосні установки (СШНУ), Обслуговування, Життєвий цикл обладнання, Нафтогазова промисловість

Постановка проблеми Сучасна нафтогазова галузь стикається з рядом серйозних викликів, пов'язаних з експлуатацією свердловинних штангових насосних установок (СШНУ). Часті аварії та неполадки в роботі обладнання спричиняють значні фінансові та часові втрати. Проблема полягає в недостатній ефективності традиційних методів діагностики та моніторингу СШНУ, що ускладнює своєчасне виявлення можливих несправностей і управління ризиками [1].

Актуальність теми зумовлена потребою у впровадженні нових підходів і технологій, які дозволять покращити якість та оптимізувати витрати на різних етапах життєвого циклу (ЖЦ) обладнання. Додатково, високі стандарти екологічної безпеки та сталого розвитку вимагають постійного вдосконалення процесів технічного

обслуговування та управління експлуатацією СШНУ. Тому розробка інноваційних методів і технологій для оптимізації процесів життєвого циклу обладнання і зменшення екологічного впливу є надзвичайно важливою.

Свердлильні штангові насосні установки (СШНУ) є критично важливими компонентами у видобутку нафти та газу, що забезпечують ефективне і стабільне відкачування рідини з підземних резервуарів. Оскільки ці системи функціонують у складних і агресивних середовищах, їхній належний моніторинг і обслуговування є необхідними для забезпечення безперебійної роботи та оптимізації продуктивності [3].

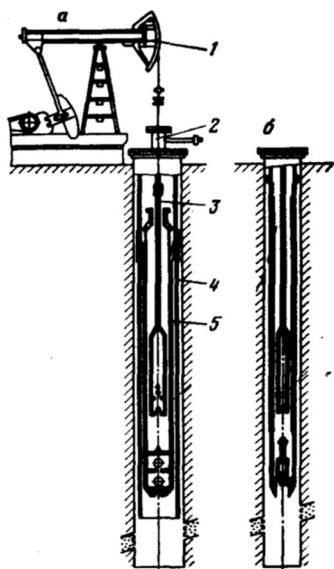


Рис. 1. Принципова схема свердлильно штангових насосних установок (СШНУ):

- 1 – станок-качалка; 2 – обладнання гирла свердловини; 3 – штанги; 4 – труби; 5 – свердлильний насос [2]

Моніторинг СШНУ дозволяє виявляти потенційні проблеми до того, як вони стануть серйозними, що знижує ризик аварійних ситуацій і зупинок у видобутку. Регулярний контроль параметрів роботи, таких як тиск, температура та рівень рідини, допомагає вчасно виявляти відхилення від норми та проводити необхідні корекції.

Обслуговування СШНУ включає ряд процедур, спрямованих на підтримку та відновлення оптимальної продуктивності системи. Це може включати заміну зношених компонентів, очищення і перевірку насосів, а також перевірку цілісності трубопроводів та інших елементів. Адекватне обслуговування не тільки подовжує

термін служби обладнання, але і підвищує його ефективність, що в свою чергу впливає на економічні показники підприємства.

Впровадження сучасних технологій моніторингу, зокрема, систем на основі ВІМ-технологій, може значно полегшити цей процес, забезпечуючи більш точний і ефективний контроль за роботою СШНУ. Технології ВІМ (Building Information Modeling) дозволяють інтегрувати дані про обладнання і його стан у віртуальну модель, що дає змогу в режимі реального часу відстежувати всі критичні параметри та планувати технічне обслуговування з урахуванням отриманих даних [3].

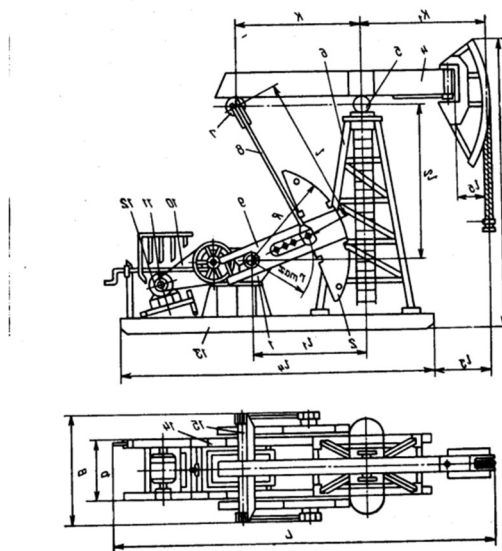


Рис. 2. Загальний вигляд Станка-Качалки:

- I-VH – точки змаски; 1 – редуктор; 2 – противага; 3 – підвіска; 4 – балансир; 5 – опора балансира; 6 – стійка; 7 – опора траверсу; 8 – шатун; 9 – кривошип; 10 – криворемінна переда; 11 – електродвигун; 12 – огородження; 13 – рама; 14 – тормоз; 15 – траверси [2]

В Україні широко застосовуються насосні установки для видобутку нафти, які використовуються більш ніж у 70% діючих свердловин. Насосна установка включає станок-качалку, обладнання гирла свердловини, насосні штанги, насосно-компресорні труби та свердловинний штанговий насос. Плунжер насоса рухається зворотно-поступально за рахунок приводу від електродвигуна через редуктор та кривошипно-шатунний механізм станка-качалки [2]. Глибина встановлення насосів може досягати 3500 метрів, а продуктивність коливається від кількох сотень кілограмів до 400 тонн на добу. Тип і розмір насоса, станка-качалки, діаметр НКТ та

штанг визначаються в залежності від характеристик рідини, дебіту та глибини свердловини. Свердловинні насоси занурюються під рівень рідини. Невставні насоси монтуються у свердловинні частини, тоді як вставні спускаються в готовому вигляді. Для відділення нафти від газу і піску на вході насоса встановлюється фільтр. Наземне обладнання включає станок-качалку та обладнання гирла свердловини [2].

Роль BIM-технологій у сучасному управлінні інфраструктурними об'єктами

BIM-технології (Building Information Modeling) представляють собою передовий підхід до управління інфраструктурними об'єктами, що забезпечує інтеграцію та автоматизацію процесів на всіх етапах життєвого циклу об'єкта – від проектування до експлуатації і обслуговування. Ці технології використовують цифрові моделі для створення, аналізу та управління інформацією про фізичні та функціональні характеристики об'єктів, що дозволяє підвищити ефективність управлінських процесів і забезпечити їхню надійність [4].

Основна перевага BIM-технологій полягає у створенні єдиної інтегрованої платформи, яка об'єднує всі дані та документи, що стосуються інфраструктурного об'єкта. Це дозволяє усім учасникам проекту – архітекторам, інженерам, підрядникам і операторам – мати доступ до актуальної і точної інформації, що сприяє зменшенню помилок та конфліктів під час виконання робіт.

BIM-моделі забезпечують візуалізацію проекту у тривимірному форматі, що полегшує розуміння складних конструкцій і дозволяє раніше виявити потенційні проблеми. Це також дозволяє здійснювати ефективне планування і координацію між різними спеціалістами, що підвищує якість проектних рішень і скорочує час на їх реалізацію [4].

Важливим аспектом використання BIM-технологій є можливість інтеграції даних про об'єкт з різними системами моніторингу та управління, що дозволяє реалізувати проактивний підхід до обслуговування і експлуатації. Зокрема, це дозволяє здійснювати реальний моніторинг стану об'єкта, що сприяє своєчасному виявленню і усуненню несправностей до їхнього критичного розвитку.

У контексті свердловинних штангових насосних установок (СШНУ), технології надають можливість створення точних цифрових моделей, які включають інформацію про всі компоненти системи, їхній стан і взаємодію. Це сприяє підвищенню ефективності моніторингу

та обслуговування, зменшенню часу на реагування на проблеми і оптимізації процесів експлуатації [11].

Таким чином, впровадження BIM-технологій у управлінні інфраструктурними об'єктами представляє собою важливий крок до підвищення ефективності і надійності, забезпечуючи інтеграцію даних і автоматизацію процесів на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Визначення та основи BIM (Building Information Modeling)

BIM (Building Information Modeling) є технологічним підходом, який використовує цифрові моделі для управління інформацією про будівельні об'єкти протягом всього їхнього життєвого циклу. Це інтегрований процес, що охоплює проектування, будівництво та експлуатацію об'єкта, забезпечуючи централізовану базу даних, яка містить всю необхідну інформацію про його фізичні та функціональні характеристики [9].

Основи BIM включають:

1. Цифрова модель об'єкта: BIM створює тривимірні цифрові моделі будівель і інфраструктур, що дозволяють детально представити всі аспекти проекту, включаючи конструкційні елементи, системи інженерії, матеріали та специфікації. Ці моделі є основою для всіх подальших процесів, включаючи аналіз, планування і координацію.

2. Інтеграція інформації: BIM-технології забезпечують інтеграцію різноманітної інформації в єдиній платформі. Це дозволяє об'єднати дані з різних джерел, таких як архітектурні, структурні та інженерні системи, що забезпечує всебічний огляд об'єкта і покращує точність проектування та управління.

3. Співпраця: Завдяки BIM усі учасники проекту – архітектори, інженери, будівельники, замовники – можуть працювати з однією єдиною моделлю. Це сприяє покращенню комунікації, координації та зменшенню помилок, що виникають через несумісність даних і розбіжності у проектних рішеннях [4].

4. Життєвий цикл об'єкта: BIM охоплює всі етапи життєвого циклу об'єкта, від початкового проектування до експлуатації і обслуговування. Це включає створення точних моделей, які можуть бути використані для оцінки витрат, управління будівельними процесами, проведення технічного обслуговування і реалізації оновлень.

5. Аналіз і симуляція: Використання BIM дозволяє проводити різноманітні види аналізу, такі як енергетичні оцінки, розрахунок

навантажень, перевірка конструкційної стійкості. Це допомагає виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях і оптимізувати проектні рішення.

6. Візуалізація: Однією з ключових особливостей BIM є можливість створення високоякісних візуалізацій проектів, що полегшує розуміння складних конструкцій і дозволяє краще оцінити зовнішній вигляд і функціональність об'єкта до початку його будівництва.

Таким чином, BIM є потужним інструментом, який трансформує процеси проектування, будівництва і управління об'єктами, забезпечуючи інтеграцію, точність і ефективність на всіх етапах життєвого циклу будівельного проекту [8].

Основні компоненти та принципи роботи BIM-технологій

BIM-технології, або моделювання інформації про будівлі, є потужним інструментом сучасного управління інфраструктурними об'єктами. Основним елементом цієї технології є цифрова модель, яка забезпечує всебічне представлення інформації про об'єкт у тривимірному форматі. Модель включає не лише геометричні дані, але й інформацію про матеріали, конструкції та функціональні характеристики об'єкта.

Принципи роботи BIM-технологій ґрунтуються на інтеграції та управлінні інформацією в рамках одного цифрового простору. Це дозволяє всім учасникам проекту мати доступ до актуальних даних і зменшує ймовірність помилок, пов'язаних з несумісністю інформації. Основними компонентами є тривимірні моделі, які детально описують будівельні елементи та їх характеристики, а також інструменти для управління життєвим циклом об'єкта, які включають планування, проектування, будівництво та експлуатацію [5].

Інтеграція BIM-технологій у процеси управління дозволяє значно підвищити ефективність і точність управлінських рішень, зменшити витрати на проектування та будівництво, а також полегшити процеси моніторингу та обслуговування. Зокрема, у випадку з свердлильними штанговими насосними установками (СШНУ) ці технології можуть бути використані для оптимізації процесів технічного обслуговування та моніторингу, забезпечуючи зниження витрат та підвищення надійності систем [4].

Переваги використання BIM для моніторингу СШНУ.

Переваги використання BIM для моніторингу свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) є суттєвими і багатоаспектними. Технології BIM забезпечують комплексний підхід до управління інформацією про об'єкти, що дозволяє підвищити ефективність процесів моніторингу та обслуговування.

Перш за все, BIM-технології забезпечують точність та актуальність даних. Завдяки тривимірним моделям, які включають детальну інформацію про всі компоненти СШНУ, стає можливим своєчасне виявлення потенційних проблем та проведення діагностики без фізичного втручання. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни та знижувати ризик аварійних ситуацій [12].

По-друге, інтеграція BIM-систем з датчиками та системами моніторингу дозволяє здійснювати реальний контроль за станом обладнання в режимі реального часу. Інформація, що надходить з різних сенсорів, може бути автоматично оновлена у моделі, що сприяє точнішій і швидшій оцінці стану СШНУ.

Окрім того, використання BIM-технологій дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування завдяки прогнозуванню можливих збоїв та оптимізації графіків ремонту. Моделі можуть бути використані для планування технічного обслуговування на основі даних про експлуатацію та історії ремонту, що дозволяє ефективніше управляти ресурсами і запобігати неочікуваним зупинкам.

Ще однією важливою перевагою є можливість інтеграції BIM-моделей з іншими системами управління і аналітичними платформами. Це забезпечує створення комплексних аналітичних звітів і дозволяє проводити глибокий аналіз ефективності роботи СШНУ, виявляючи тенденції та патерни, які можуть бути неочевидні при використанні традиційних методів моніторингу.

Таким чином, впровадження BIM-технологій у моніторинг СШНУ забезпечує зростання ефективності управління, зниження витрат та підвищення надійності експлуатації обладнання [5].

Інструменти та методи інтеграції BIM у системи моніторингу.

Інтеграція BIM у системи моніторингу свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) здійснюється через використання спеціалізованих інструментів та методів, які забезпечують глибоке занурення в процеси

експлуатації та технічного обслуговування цих установок. Основні інструменти включають різноманітні програмні платформи, які дозволяють інтегрувати дані з різних джерел у єдину інформаційну модель. Ці платформи підтримують обробку даних у режимі реального часу, що дозволяє відслідковувати показники роботи насосних установок, виявляти аномалії та передбачати можливі відмови.

Методи інтеграції ВІМ включають використання сенсорних систем і систем моніторингу, які передають дані в центральну модель ВІМ. Ці системи можуть включати в себе датчики для вимірювання тиску, температури, витрат і інших важливих параметрів, що відображають стан СШНУ. Дані, отримані з цих сенсорів, інтегруються в ВІМ-модель, що дозволяє не лише здійснювати моніторинг у режимі реального часу, але й аналізувати історичні дані для виявлення трендів і проблем, які можуть вплинути на ефективність роботи установок.

Завдяки таким методам, можливо значно підвищити точність і оперативність обслуговування СШНУ, зменшити час простоїв і витрати на ремонт, а також покращити загальну надійність і безпеку експлуатації насосних установок.

Переваги використання ВІМ для обслуговування СШНУ.

Використання ВІМ-технологій для обслуговування свердловних штангових насосних установок (СШНУ) має численні переваги, які суттєво покращують ефективність і якість управлінських процесів [4].

По-перше, ВІМ-технології забезпечують централізовану інформаційну модель, яка містить усі дані про СШНУ, включаючи конструкцію, компоненти, технічні характеристики та історію обслуговування. Це дозволяє зберігати та легко доступати інформацію в будь-який час, що значно спрощує планування технічного обслуговування та ремонтних робіт.

По-друге, інтеграція ВІМ у процеси обслуговування забезпечує високий рівень деталізації і точності при моделюванні можливих сценаріїв експлуатації і поломок. Це дозволяє краще прогнозувати потреби в обслуговуванні і своєчасно виявляти потенційні проблеми, що допомагає уникнути непередбачених витрат і зменшити час простоїв обладнання.

По-третє, використання ВІМ-технологій дозволяє автоматизувати багато процесів, включаючи моніторинг стану СШНУ, аналіз даних і генерацію звітів. Це не тільки підвищує ефективність роботи технічного персоналу, але й

зменшує ймовірність людських помилок, пов'язаних з обробкою великого обсягу інформації [7].

По-четверте, ВІМ-моделі можуть бути інтегровані з іншими системами управління і контролю, що забезпечує синхронізовану і комплексну інформацію про всі аспекти обслуговування СШНУ. Це допомагає забезпечити більш ефективну координацію між різними відділами і спеціалістами, що бере участь в обслуговуванні та ремонті.

По-п'яте, можливість візуалізації даних у ВІМ-моделі дозволяє створювати наочні звіти і графічні репрезентації стану обладнання, що спрощує розуміння і аналіз технічної інформації, а також полегшує комунікацію між технічними спеціалістами і керівництвом [4].

Інструменти та методи інтеграції ВІМ у процеси обслуговування

Інтеграція ВІМ-технологій у процеси обслуговування свердловних штангових насосних установок (СШНУ) передбачає використання спеціалізованих інструментів і методів, які забезпечують ефективне управління технічним обслуговуванням і ремонтом. Основними інструментами і методами є:

Використання програмного забезпечення для моделювання і аналізу. Сучасні програми для створення і управління ВІМ-моделями, такі як Autodesk Revit, Bentley Systems або Graphisoft ArchiCAD, дозволяють створювати точні моделі СШНУ, які включають всі компоненти і параметри обладнання. Ці моделі слугують основою для подальшого моніторингу і обслуговування, оскільки вони надають детальну інформацію про стан і функціонування кожної частини системи [6].

Інтеграція з системами моніторингу і управління. Для ефективного обслуговування СШНУ необхідно інтегрувати ВІМ-моделі з системами моніторингу, такими як SCADA або IoT-платформи. Це дозволяє в режимі реального часу відстежувати показники роботи обладнання, виявляти відхилення від норм і оперативно реагувати на проблеми. Дані з систем моніторингу можна вносити в ВІМ-моделі, що дозволяє наочно відображати інформацію про стан обладнання і планувати необхідні дії.

Використання аналітичних інструментів для прогнозування і планування. За допомогою аналітичних інструментів, вбудованих у ВІМ-системи, можна виконувати аналіз даних про експлуатацію і обслуговування СШНУ. Це включає в себе прогнозування зносу компонентів, планування технічного обслуговування,

а також оптимізацію графіків ремонтних робіт. Такі інструменти допомагають зменшити ризику непередбачених поломок і підвищити ефективність управлінських рішень.

Створення інтерактивних візуалізацій. Один із способів покращення процесів обслуговування – це використання інтерактивних візуалізацій ВІМ-моделей. Вони дозволяють технічним спеціалістам наочно бачити різні аспекти роботи і стану СШНУ, що полегшує прийняття рішень і координацію дій при проведенні обслуговування або ремонту.

Інтеграція з базами даних і системами управління документацією. ВІМ-технології дозволяють інтегрувати моделі з базами даних і системами для управління документацією, що забезпечує доступ до важливої інформації про технічні характеристики, інструкції з обслуговування та історію ремонту. Це спрощує пошук необхідних документів і підвищує ефективність роботи технічного персоналу [9].

Завдяки цим інструментам і методам інтеграція ВІМ у процеси обслуговування СШНУ дозволяє забезпечити високий рівень точності, зручності і ефективності в управлінні технічним обслуговуванням, що, в свою чергу, сприяє підвищенню надійності і довговічності обладнання.

Покращення ефективності та точності моніторингу.

Впровадження ВІМ-технологій у процеси моніторингу та обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) приносить численні переваги. По-перше, однією з ключових переваг є можливість інтеграції даних в реальному часі. Це дозволяє операторам оперативно реагувати на зміни та аномалії в роботі системи, що значно підвищує ефективність її функціонування. Оперативний доступ до актуальної інформації дозволяє швидше приймати рішення і здійснювати коригування.

Окрім того, ВІМ-технології забезпечують високий рівень точності в моніторингу завдяки детальному моделюванню компонентів системи. Це дозволяє не тільки відслідковувати технічний стан насосних установок, але й передбачати потенційні проблеми завдяки аналізу історичних даних та моделей поведінки обладнання. Інструменти ВІМ дозволяють створювати точні 3D-моделі, що значно спрощує процес візуалізації та аналізу даних [4].

Крім того, інтеграція ВІМ у процеси обслуговування дозволяє зменшити час на виконання технічних завдань. Завдяки деталізованим моделям і зібраним даним, технічні спеціалісти

можуть ефективніше планувати обслуговування, точно визначати місця для проведення робіт і уникати непотрібних витрат часу на уточнення деталей. Це також сприяє зниженню ризику людських помилок та підвищує загальний рівень безпеки.

Завдяки ВІМ-технологіям поліпшуються і комунікаційні процеси між різними учасниками обслуговування. Всі дані зберігаються в єдиній системі, що забезпечує доступ до них для всіх залучених осіб, включаючи технічних фахівців, керівництво та підтримку. Це дозволяє знизити ймовірність виникнення комунікаційних помилок та забезпечувати більш високий рівень координації дій.

Таким чином, впровадження ВІМ-технологій у процеси обслуговування свердлильних штангових насосних установок забезпечує покращення ефективності, точності та загальної якості обслуговування, що в кінцевому підсумку веде до зниження витрат і підвищення надійності систем.

Оптимізація процесів обслуговування та зменшення витрат.

Впровадження ВІМ-технологій у процеси обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) суттєво сприяє оптимізації цих процесів і зменшенню витрат. Завдяки детальному моделюванню і аналізу даних, яке пропонують ВІМ-системи, значно знижується час на виконання обслуговування та ремонтних робіт.

Один з основних аспектів оптимізації – це підвищення точності у плануванні технічних завдань. З використанням ВІМ технологій, можна створити детальну модель системи, яка відображає всі компоненти і їх стан. Це дозволяє заздалегідь виявити проблеми і визначити необхідні ресурси для їх усунення. В результаті, роботи проводяться швидше і з меншими витратами, оскільки точність планування зменшує ймовірність додаткових витрат на непередбачені обсяги робіт або матеріали [14].

Також, завдяки ВІМ, можливо зменшити витрати на обслуговування за рахунок зменшення людських помилок. Автоматизація процесів, доступ до актуальних даних та зручні інструменти для аналізу дозволяють мінімізувати ймовірність помилок при виконанні обслуговування або ремонту. Це сприяє зменшенню непередбачених витрат і підвищує загальну ефективність роботи.

Додатково, ВІМ-технології дозволяють оптимізувати використання ресурсів. Завдяки зібраним даним про технічний стан обладнання

і його використання, можна краще планувати закупівлю матеріалів і запчастин, уникати надмірних витрат на зберігання та закупівлю невикористаних запасів. Це також зменшує витрати на транспортування і зберігання компонентів.

Оптимізація процесів обслуговування також включає в себе покращення комунікації між різними відділами і спеціалістами. Завдяки єдиній платформі для зберігання і обробки даних, всі учасники процесу мають доступ до актуальної інформації, що дозволяє знижувати час на координацію дій і підвищує загальну ефективність роботи.

Підвищення прозорості та доступності інформації.

Впровадження ВІМ-технологій в обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) також суттєво підвищує прозорість і доступність інформації. Це досягається завдяки централізації даних і впровадженню сучасних методів їх візуалізації [5].

Завдяки ВІМ-системам, вся інформація про технічний стан обладнання, історію обслуговування, технічні характеристики та плани ремонту зберігається в єдиній цифровій платформі. Це забезпечує легкий доступ до даних для всіх учасників процесу, від технічного персоналу до управлінців. Наявність актуальної інформації в реальному часі дозволяє оперативно реагувати на будь-які зміни або проблеми, що виникають у процесі експлуатації та обслуговування.

Прозорість інформації також покращується завдяки інтерактивним візуалізаціям. ВІМ-технології дозволяють створювати детальні тривимірні моделі обладнання і систем, що надають зрозумілу і доступну інформацію про їх стан та конструкцію. Це спрощує розуміння складних технічних аспектів і дозволяє краще планувати обслуговування і ремонт [4]. Спеціалісти можуть швидше і точніше оцінювати ситуацію, отримуючи всю необхідну інформацію без необхідності фізичного огляду або повторних запитів.

Завдяки інтеграції з іншими системами управління і моніторингу, ВІМ-технології також забезпечують єдину платформу для всіх процесів обслуговування. Це зменшує ймовірність втрати або помилкової інтерпретації даних, адже вся інформація зберігається і оновлюється в одному місці. Кожен учасник процесу має доступ до актуальної і точної інформації, що підвищує ефективність роботи і допомагає уникнути непорозумінь.

Таким чином, підвищення прозорості і доступності інформації завдяки ВІМ-технологіям забезпечує не лише поліпшення управлінських процесів, але й підвищення загальної ефективності обслуговування СШНУ.

Технічні та організаційні складнощі інтеграції.

Впровадження ВІМ-технологій у процеси обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) може стикатися з рядом технічних та організаційних складнощів.

З технічної точки зору, інтеграція ВІМ з існуючими системами може бути ускладнена через різноманітність платформ і форматів даних, що використовуються. Для забезпечення безперервного обміну інформацією між ВІМ-системами та іншими технологіями управління потрібна належна сумісність і інтеграційні рішення. Це може вимагати розробки спеціалізованих адаптерів або налаштування існуючих систем, що не завжди є простим і економічно ефективним процесом.

Іншою технічною складністю є забезпечення точності і повноти даних, що імплементуються в ВІМ-систему. Дані про обладнання і його стан повинні бути актуальними та детальними, інакше система може стати джерелом помилкової інформації. Це потребує регулярного оновлення даних і контролю за їх якістю.

Організаційні складнощі пов'язані з необхідністю зміни внутрішніх процесів і процедур. Впровадження ВІМ часто вимагає перепідготовки персоналу і зміни існуючих робочих процесів, що може зустріти опір з боку співробітників або вимагати додаткових ресурсів. Керівництво повинно забезпечити відповідну підтримку та підготовку персоналу для ефективного використання нових технологій.

Ще однією організаційною складністю є необхідність інтеграції ВІМ-системи в існуючу структуру управління об'єктами і обслуговуванням. Це може вимагати коригування внутрішніх процедур і політик, що може бути складним і тривалим процесом.

Зрештою, технічні та організаційні складнощі інтеграції ВІМ-технологій в обслуговування СШНУ потребують ретельного планування і ресурсного забезпечення. Це включає не лише технічні аспекти, але й організаційні зміни, які повинні бути враховані для досягнення успішного впровадження і забезпечення ефективності нових систем.

Вартість впровадження та підтримки систем.

Вартість впровадження та підтримки систем для моніторингу та обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) є важливим аспектом, що потребує детального розгляду [2].

Впровадження ВІМ-системи вимагає значних інвестицій на початковому етапі. Це включає вартість програмного забезпечення, яке може варіюватися в залежності від функціональних можливостей та масштабів системи. Також важливо враховувати витрати на обладнання, яке буде необхідним для запуску та підтримки ВІМ-системи, таке як сервери, робочі станції та мережеве обладнання.

Крім того, початкові витрати включають витрати на навчання персоналу. Для ефективного використання ВІМ-технологій необхідна підготовка спеціалістів, що може потребувати організації тренінгів або сертифікаційних курсів. Це є додатковим фінансовим навантаженням, яке слід враховувати при плануванні впровадження.

Підтримка ВІМ-системи також несе додаткові витрати. Це включає в себе регулярні оновлення програмного забезпечення, обслуговування обладнання та системи, а також витрати на підтримку користувачів. Для забезпечення належного функціонування системи можуть знадобитися постійні технічні консультації або послуги технічної підтримки.

Ще одним аспектом є витрати на інтеграцію ВІМ-системи з іншими існуючими технологіями та процесами управління. Це може вимагати спеціалізованих рішень або адаптацій, що може суттєво вплинути на загальну вартість проекту.

Загалом, вартість впровадження та підтримки ВІМ-системи для обслуговування СШНУ може бути значною, але її можна оцінити як інвестицію в підвищення ефективності та якості управлінських процесів. Для визначення повних витрат необхідно ретельно планувати бюджет, враховуючи всі можливі витрати на початковому етапі та протягом експлуатації системи.

Потреба у спеціалізованих навичках та знаннях.

Впровадження ВІМ-технологій для моніторингу та обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) ставить перед організаціями необхідність забезпечення спеціалізованих навичок і знань.

Однією з основних потреб є наявність фахівців, які мають глибоке розуміння

принципів та можливостей ВІМ-систем. Це включає знання в галузі архітектурного моделювання, управлінських систем та інтеграції даних. Спеціалісти повинні мати навички роботи з відповідними програмними продуктами, такими як Autodesk Revit або Bentley Systems, а також розуміти специфіку застосування цих інструментів у контексті обслуговування СШНУ [15].

Крім того, важливо забезпечити фахівців, які володіють знаннями в області інженерії та обслуговування насосних систем. Це включає розуміння технічних аспектів роботи СШНУ, їх конструктивних особливостей та проблем, які можуть виникнути під час експлуатації. Спеціалісти повинні бути здатні інтегрувати ці знання у ВІМ-моделі для забезпечення точності та ефективності моніторингу та обслуговування.

Забезпечення такої компетентності може вимагати додаткового навчання або перекваліфікації наявних співробітників. Це може включати проходження курсів або сертифікаційних програм, що спеціалізуються на ВІМ-технологіях та їх застосуванні в інфраструктурних проектах. Інвестиції в підготовку персоналу є важливим аспектом успішного впровадження та ефективного використання ВІМ-систем.

Таким чином, потреба у спеціалізованих навичках та знаннях є критично важливою для успішного впровадження ВІМ-технологій у процесі обслуговування СШНУ. Ретельне планування навчання та підготовки кадрів допоможе забезпечити високий рівень кваліфікації персоналу та максимально ефективно використання можливостей ВІМ-систем.

Узагальнення основних переваг і викликів.

Впровадження ВІМ-технологій у моніторинг та обслуговування свердлильних штангових насосних установок (СШНУ) приносить значні переваги, які суттєво покращують ефективність і точність управлінських процесів. Однією з ключових переваг є можливість інтеграції актуальних даних з тривимірними моделями, що дозволяє здійснювати глибокий аналіз і моніторинг стану обладнання в реальному часі. Це забезпечує оперативну реакцію на можливі проблеми, що в свою чергу знижує ризики поломок і покращує надійність систем.

Використання ВІМ-технологій також полегшує процес обслуговування завдяки доступу до детальної інформації про компоненти системи. Це сприяє точному плануванню і виконанню ремонтних робіт, що зменшує час на обслуговування і знижує витрати на ремонт. Підвищена прозорість інформації і можливість

здійснювати комплексний контроль над всіма аспектами функціонування насосних установок є ще однією важливою перевагою [4].

Однак, існують і певні виклики, які потрібно враховувати при впровадженні BIM-технологій. Технічні та організаційні складнощі, такі як інтеграція з існуючими системами і необхідність оновлення програмного забезпечення, можуть стати серйозними перешкодами. Вартість впровадження та підтримки BIM-систем є ще одним важливим аспектом, який потребує ретельного планування. Крім того, необхідність у спеціалізованих навичках та знаннях для ефективного використання BIM-технологій може вимагати додаткових ресурсів для навчання персоналу.

Таким чином, хоча впровадження BIM-технологій у моніторинг і обслуговування СШНУ надає численні переваги, такі як підвищення ефективності, точності і прозорості інформації, виклики, пов'язані з технічними складнощами, витратами і потребою у спеціалізованих навичках, вимагають уважного підходу і комплексного планування для досягнення максимальних результатів.

Рекомендації для успішного впровадження BIM-технологій у моніторинг та обслуговування СШНУ.

Для ефективного впровадження BIM-технологій у моніторинг та обслуговування свердловинних штангових насосних установок важливо дотримуватись кількох ключових рекомендацій. По-перше, необхідно провести ретельний аналіз потреб і вимог до системи. Це дозволить визначити найбільш важливі функціональні можливості, які BIM-рішення має забезпечувати, і вибрати відповідне програмне забезпечення, що відповідає цим вимогам [1].

По-друге, важливо забезпечити інтеграцію BIM-систем з уже існуючими системами моніторингу та обслуговування. Це може вимагати модифікацій на рівні програмного забезпечення або створення спеціальних інтерфейсів для обміну даними. Зокрема, слід забезпечити безперервну передачу даних між різними системами та уникнути можливих конфліктів у даних.

По-третє, необхідно інвестувати в навчання персоналу. Оскільки ефективне використання BIM-технологій вимагає специфічних знань і навичок, важливо організувати навчальні програми для технічних фахівців, які будуть працювати з новою системою. Це допоможе не тільки покращити ефективність роботи, але й

зменшити кількість помилок, що можуть виникнути через недостатню підготовку.

Не менш важливо забезпечити наявність технічної підтримки на всіх етапах впровадження та експлуатації BIM-системи. Наявність кваліфікованих спеціалістів, готових швидко реагувати на будь-які проблеми або запити, допоможе уникнути затримок і непередбачених витрат, пов'язаних з технічними труднощами.

Також варто враховувати необхідність постійного оновлення і вдосконалення BIM-моделей. Для цього важливо встановити чіткі процедури для регулярного внесення змін і оновлень, щоб забезпечити актуальність і точність інформації в системі.

У підсумку, успішне впровадження BIM-технологій у моніторинг та обслуговування СШНУ потребує комплексного підходу, включаючи ретельний аналіз потреб, інтеграцію з існуючими системами, навчання персоналу, технічну підтримку та регулярне оновлення моделей. Дотримання цих рекомендацій сприятиме досягненню максимальних результатів і ефективному управлінню насосними установками.

Л і т е р а т у р а

1. Федорович Я.Т. «Машини та обладнання для видобутку нафти і газу навчальний посібник» Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. 344 с.
2. Махмудов С.А. Монтаж, експлуатація і ремонт свердловинних штангових насосних установок 3-13
3. Копей В.Б. Науково-методологічні основи автоматизованого проектування обладнання штангової свердловинної насосної установки : в 2 ч. Дис. д-ра техн. наук : 05.05.12. Івано-Франківськ, 2020.
4. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/ae/solutions/bim> 20.06.2024
5. Копей В.Б., Копей Б.В., Кузьмін О.О. Принципи побудови моделі свердловинної штангової насосної установки для середовища Maplesoft MapleSim 7
6. [Ray Crotty](#): “The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction”
7. [Erica Epstein](#) : “Implementing Successful Building Information Modeling”
8. [Stefan Mordue, Paul Swaddle, David Philp](#): “Building Information Modeling For Dummies”
9. Exxonmobil site. URL: <https://corporate.exxonmobil.com>
10. Глушко В. І. Технологія буріння свердловин. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 458 с.

11. Volodymyr Kopei, Oleh Onysko, Cristian Barz: "Designing a Multi-Agent PLM System for Threaded Connections Using the Principle of Isomorphism of Regularities of Complex Systems" *Machines* 2023, 11(2), 263
12. Поліщук О. Г. Проектування та експлуатація нафтових і газових свердловин. Харків: ХНАДУ, 2018. 375 с
13. Нафтогазова енергетика. №2(15). 2011. С.12-18.], САПР, FEA-моделі верстата-качалки, штанг, різьбових з'єднань насосних штанг та НКТ [Hoffman E. L. Finite Element Analysis of Sucker Rod Couplings with Guidelines for Improving Fatigue Life: Sandia report. Sandia National Laboratories, 1997. 66 p.
14. Копей В.Б. Розробляння та аналіз параметричних скінченно-елементних моделей різьбових з'єднань в Abaqus® // Нафтогазова енергетика. № 1(12). 2010. С.31-36
15. Sheldon Wang, Lynn Rowlan, Dennis Cook, Carson Conrady, Ross King, Carrie Anne Taylor "Dynamics of pump jacks with theories and experiments" *Upstream Oil and Gas Technology Volume 11*, September 2023, 100097 <https://doi.org/10.1016/j.upstre.2023.100097>
13. Oil and Gas Energy. No. 2(15), 2011, pages 12-18.], CAD, FEA models of the pump jack, rods, threaded connections of sucker rods, and tubing [Hoffman E. L. "Finite Element Analysis of Sucker Rod Couplings with Guidelines for Improving Fatigue Life: Sandia report." Sandia National Laboratories, 1997. 66 pages.
14. Kopei V.B. "Development and Analysis of Parametric Finite Element Models of Threaded Connections in Abaqus®." *Oil and Gas Energy*. No. 1(12), 2010, pages 31-36.
15. Sheldon Wang, Lynn Rowlan, Dennis Cook, Carson Conrady, Ross King, Carrie Anne Taylor. "Dynamics of Pump Jacks with Theories and Experiments." *Upstream Oil and Gas Technology*, Volume 11, September 2023, 100097 <https://doi.org/10.1016/j.upstre.2023.100097>

Cheverda A.M., Artym V.I. Implementation of bim technologies for monitoring and maintenance of srpu. key benefits

The article provides a detailed examination of the main aspects of implementing BIM technologies in the processes of monitoring and maintaining sucker rod pumping units (SRPUs). The significance of BIM is emphasized as a universal tool for integrating various stages of infrastructure management. The use of BIM allows for the effective optimization of the life cycle of such complex systems as SRPUs, ensuring not only their reliability but also increased productivity and reduced operational costs.

The article highlights the advantages that BIM brings to the monitoring and maintenance of SRPUs. In particular, the importance of improving the accuracy of information is underscored, as it ensures the timely identification of potential deviations in system performance, allowing for prompt response to issues. This, in turn, helps maintain the continuity of production processes and reduces the risk of emergency situations.

Furthermore, the article analyzes the technical and organizational challenges that may arise during the implementation of BIM. Special attention is given to the integration of BIM with existing information systems, which is a crucial aspect for ensuring data completeness and accuracy. It is also important to note the necessity of training personnel to master new technologies and approaches, which will allow for the maximum effective utilization of BIM's potential.

A series of recommendations for the successful implementation of BIM technologies have been developed, with a particular focus on the detailed analysis of specific project needs, ensuring effective integration of BIM with other management systems, and the continuous updating of models in accordance with changes at the site. Following these recommendations will not only enhance the efficiency of SRPU operations but also ensure long-term stability and reliability of their functioning.

Thus, the implementation of BIM technologies becomes a key factor in improving the efficiency and

References

1. Fedorovych Ya.T. "Machines and Equipment for Oil and Gas Extraction: A Textbook." Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 2015. 344 pages.
2. Makhmudov S.A. "Installation, Operation, and Repair of Well Rod Pumping Units," pages 3-13.
3. Kopei V.B. "Scientific and Methodological Foundations of Automated Design of Rod Well Pumping Unit Equipment: in 2 parts. Doctoral Dissertation in Technical Sciences: 05.05.12." Ivano-Frankivsk, 2020.
4. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/ae/solutions/bim> (accessed on 20.06.2024).
5. Kopei V.B., Kopei B.V., Kuzmin O.O. "Principles of Building a Model of a Well Rod Pumping Unit for the Maplesoft MapleSim 7 Environment."
6. Ray Crotty: "The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction."
7. Erica Epstein: "Implementing Successful Building Information Modeling."
8. Stefan Mordue, Paul Swaddle, David Philp: "Building Information Modeling For Dummies."
9. Exxonmobil site. URL: <https://corporate.exxonmobil.com>
10. Hlushko V.I. "Well Drilling Technology." Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2012. 458 pages.
11. Volodymyr Kopei, Oleh Onysko, Cristian Barz: "Designing a Multi-Agent PLM System for Threaded Connections Using the Principle of Isomorphism of Regularities of Complex Systems." *Machines* 2023, 11(2), 263.
12. Polishchuk O.G. "Design and Operation of Oil and Gas Wells." Kharkiv: KhNADU, 2018. 375 pages.

reliability of managing sucker rod pumping units, allowing for process optimization, cost reduction, and a higher level of safety during operation. Successful BIM implementation requires a comprehensive approach that considers all possible technical and organizational challenges, as well as ongoing adaptation to changing conditions and new technologies.

Keywords: *BIM technologies, Sucker Rod Pumping Units (SRPU), Maintenance, Equipment life cycle, Oil and gas industry*

Чеведа Андрій Мирославович – аспірант кафедри нафтогазового обладнання, спеціальності галузеве машинобудування, Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м.Івано-Франківськ, Cheverda.andriy@gmail.com.

Артим Володимир Іванович – д.т.н., професор кафедри будівництва та енергоефективних споруд Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м.Івано-Франківськ, viartym@gmail.com.

Стаття подана 27.10.2024