

ІНТЕГРОВАНІ АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГІРНИЧИМ ВИРОБНИЦТВОМ: ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ТА ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ

*О.В. Горинич, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»,
Україна*

Наведено узагальнення основних положень та принципів формування інтегрованих автоматизованих систем управління гірничим виробництвом; виконано аналіз досвіду застосування автоматизованих систем управління гірничо-транспортними роботами на кар'єрах, що базуються на супутникових інформаційних технологіях; визначено шляхи подальшого розвитку таких систем на гірничих підприємствах.

Вступ. Розвиток відкритих гірничих робіт обумовлено такими характерними особливостями:

– необхідністю освоєння великих родовищ корисних копалин із залученням до відпрацювання більш складних за структурою і бідніших за змістом корисних компонентів покладів, які потребують значних інвестицій і зростання поточних витрат;

– наявністю на ринку великої кількості машин і устаткування для видобування корисних копалин, розроблених провідними світовими фірмами, що мають високі експлуатаційні характеристики і, відповідно, високу вартість для споживачів;

– затяжними структурними кризовими явищами на сировинних, фінансових ринках, ринках, пов'язаних з ринками гірничо-металургійної продукції (будівництво, машинобудування, сільське господарство);

– загостренням конкуренції між підприємствами на внутрішньому і зовнішньому ринках гірничо-металургійної продукції, прагненням отримати максимальний прибуток при найменших витратах;

– новими, більш жорсткими вимогами у сфері екології промислового виробництва.

У той же час, успішна економічна діяльність будь-якого підприємства, в тому числі і гірничого, пов'язана з ефективним взаємозв'язком всіх рівнів управління; єдиною постановкою задач для всіх рівнів управління; наявністю зворотного зв'язку між цими рівнями управління; відсутністю громіздкою багаторівневої системи управління; забезпеченням достовірної інформації на всіх рівнях управління (принцип довіри і відповідальності: одна людина – одна інформація) [1].

Одним з напрямків, що знижують вплив зазначених характерних особливостей розвитку гірничих робіт, є повномасштабна автоматизація комплексного планування та управління процесами підготовки, виробництва, реалізації продукції. Сучасне гірниче підприємство, з точки зору управління, є найскладнішою технічною системою, успішне та ефективне функціонування якої неможливе без впровадження інноваційних інформаційних технологій. Останні повинні комплексно і інтегровано охоплювати всі сторони функціонування підприємства: технічну, виробничу, фінансово-економічну, маркетингову, кадрову, соціальну та ін.

Дієвим засобом підвищення ефективності функціонування складних технологічних комплексів є впровадження сучасних інтегрованих автоматизованих систем управління. Такі системи забезпечують менеджмент підприємства необхідною для прийняття рішень оперативною, достовірною інформацією, надають можливість промодельовати економічні наслідки від прийняття того чи іншого рішення. Таким чином, інтегровані автоматизовані системи управління, зокрема їх інформаційні підсистеми, представляють собою інструментальний засіб, що допомагає керівництву приймати оптимальні управлінські рішення, що забезпечують ефективне функціонування підприємства [2].

Стан питання. Управлінські рішення, що приймаються диспетчерами і фахівцями гірничих підприємств, в основному ґрунтуються на інформації, яку збирають, накопичують і

передають автоматизовані системи контролю та управління технологічних процесів. При цьому значні за обсягом масиви інформації про стан цих же технологічних процесів часто не затребувана. Така ситуація пов'язана з тим, що інформація не систематизована, не перероблена, чи не візуалізована і в підсумку не представлена в необхідному для користувачів різних рівнів управління форматі. Не можна не погодитися з фахівцями в галузі проектування систем управління В.П. Баскаковим, М.Н. Якимовим [1], що пріоритетними інженерно-технологічним напрямом розвитку гірничодобувних підприємств країн СНД в складних економічних і гірничо-геологічних умовах є наступні.

1. Розробка та впровадження сучасних геоінформаційних систем, на основі яких необхідно: формувати повнопрофільні просторові моделі гірничого підприємства; моделювати технологічні процеси відпрацювання корисних копалин і визначати їх оптимальні режими; на основі моделей встановлювати ефективні режими і параметри функціонування технологічних процесів; створювати ефективні автоматичні системи управління та контролю виробничих процесів.

2. Трансформація систем автоматизованого диспетчерського обліку та управління виробничими процесами в єдину диспетчерську службу із застосуванням можливостей інформаційних технологій супутникових систем GPS.

3. Інтеграція автоматизованих і автоматичних систем управління технологічними та виробничими процесами в єдину комплексну систему управління гірничими підприємствами і компаніями.

Аналіз досвіду роботи промислових підприємств і праць дослідників проектування та впровадження систем управління свідчить, що інтегровану систему управління промисловим підприємством можливо сформувати лише на засадах упровадження високоавтоматизованої інформаційної системи управління. Незважаючи на значну кількість наукових і методичних праць, що стосуються проектування та застосування інформаційних систем, проблема їх формування, впровадження, а головне – застосування в різних умовах виробництва, досліджено недостатньо. Зокрема, недостатньо розглянуто питання проектування методичного та інформаційного забезпечення управління технологічними процесами та інтеграція результатів такого управління в формування управлінських рішень більш вищого рівня менеджменту, недостатньо практично вирішуються питання моделювання процесів управління та вплив результатів моделювання на подальший розвиток, як технологічного процесу, так і функціонування в цілому підприємства. Крім того, недостатньо формалізованим є понятійний апарат щодо організаційних засад формування інтегрованих систем управління виробництвом, який потребує уточнення і систематизації. Все це вимагає подальшого дослідження методологічних, методико-прикладних засад створення інтегрованих систем управління, зокрема його методично-інформаційного та організаційного забезпечення.

Отже, зазначене вплинуло на вибір мети дослідження та *цілей статті*: узагальнення основних положень та принципів формування інтегрованих автоматизованих систем управління гірничим виробництвом; аналіз досвіду застосування автоматизованих систем управління гірничо-транспортними роботами на кар'єрах, що базуються на супутникових інформаційних технологіях; визначення шляхів подальшого розвитку таких систем на гірничих підприємствах.

Вклад основного матеріалу досліджень. Одним із основних напрямків розвитку сучасних систем автоматизації є створення інтегрованих систем управління виробництвом, які вирішують задачу інтеграції традиційних автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) і автоматизованими системами управління виробництвом (АСУВ) з метою створення єдиного інформаційного простору підприємства для об'єктивної і оперативної оцінки стану підприємства, оперативного прийняття своєчасних і ефективних управлінських рішень, ліквідації інформаційних та організаційних бар'єрів між управлінським та технологічним рівнями.

Як відомо, інтегрована система – сукупність двох або більше взаємопов'язаних систем,

функціонування однієї з яких залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину систему. У літературі відомі декілька означень інтегрованої системи управління, наприклад:

- інтегрована система управління – система, в якій об'єднані обчислювальні, мережеві, апаратні та інші ресурси, необхідні для досягнення багатокритеріальної цілі управління підприємством. Інтегрована система управління об'єднує всі рівні ієрархії системи управління рівень, контролерний, диспетчерський і бізнес-рівень [3];

– інтегрована автоматизована система управління (ІАСУ) є ієрархічно організованим комплексом організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних і інформаційних засобів, які мають модульну структуру і забезпечують наскрізне узгоджене управління матеріальними та інформаційними потоками об'єкта управління [4];

– інтегровані системи управління – це багаторівневі ієрархічні автоматизовані системи управління, які забезпечують комплексну автоматизацію останнього на усіх рівнях [5];

– інтегрована АСУ підприємством (об'єднанням) – це багаторівнева автоматизована система управління, яка призначена для комплексної автоматизації функцій управління інженерно-технічною, адміністративно-господарською, виробничо-технологічною і соціальною діяльністю промислових підприємств і забезпечує ефективніше розв'язання задач з планування, випуску, розробки, освоєння, виробництва і реалізації продукції [6].

Центральним поняттям в ІАСУ є поняття «інтеграція». Інтеграцію можна визначити як спосіб організації окремих компонентів в одну систему, що забезпечує узгоджену і цілеспрямовану їх взаємодію, зумовлюючи велику ефективність функціонування усієї системи. Інтеграція в АСУ розглядається в кількох аспектах: функціональному, організаційному, інформаційному, програмному, технічному, економічному.

Наприклад, до складу ІАСУ науково-виробничим об'єднанням належать локальні АСУ: автоматизовані системи управління об'єднанням (АСУО), підприємствами (АСУП), цехами, дільницями, (АСУ), технологічними процесами (АСУТП), системи автоматизованого проектування конструкторського (САПР-К) і технологічного (САПР-Т) призначення, автоматизовані системи наукових досліджень (АСНД) та інші види АСУ.

На промислових підприємствах і об'єднаннях в ІАСУ поєднуються автоматизація розв'язування економіко-організаційних задач управління з автоматизацією управління технологічними процесами та гнучкими автоматизованими виробництвами, проектуванням виробів і технологічних процесів тощо. Інтеграція полягає в об'єднанні окремих частин, підсистем, систем у рамках однієї системи, яка охоплює інформаційні аспекти управління на основі загального програмно-технічного, інформаційного і організаційного забезпечення.

ІАСУ – складна людино-машинна система, в якій поєднуються машинна обробка інформації та автоматизація прийняття рішень з діяльністю людини, яка відіграє роль оператора, керівника, експерта. Роль людини навіть за дуже високого рівня автоматизації управління є провідною, оскільки вона завжди виконує найважливіші функції управління – вибір мети і критеріїв планування і управління, пошук альтернатив у досягненні мети, обґрунтування методів прийняття рішень і т. д.

Таким чином, інтегрована система управління підприємством розглядається як система, функціями якої охоплюється управління різними видами діяльності підприємства і забезпечується поведінка всіх елементів керованого об'єкта в інтересах загальної для нього глобальної мети функціонування.

Розробка інтегрованої автоматизованої системи управління повинна базуватися на таких основних положеннях [6, 7].

1. В основу побудови ІАСУ покладені комплексні економіко-математичні моделі, які охоплюють увесь цикл планування та управління виробництвом та реалізації продукції.

2. Системи орієнтуються на децентралізовану (розподілену) обробку інформації.

3. Чіткий розподіл структури та функціонування системи для забезпечення управлінських рішень всіх ієрархічних рівнів менеджменту.

4. Реалізація можливостей багатоваріантного вибору рішень у режимі діалогу

«управлінський персонал – засоби інформаційних технологій».

5. Забезпечення синхронізації технологічних процесів виробництва та управління ними, тобто організація забезпечення максимального просторового і часового збігу фаз формування та обробки даних з фазами прийняття рішень.

Відповідно до сформульованих основних положень, узагальнимо принципи побудови інформаційної підсистеми інтегрованої автоматизованої системи управління гірничим виробництвом, що відповідають загальносистемним вимогам [2, 8]. Базовий принцип – «принцип 4Е»:

- єдина цифрова модель підприємства;
- єдина база атрибутивних даних;
- єдине координатне поле;
- єдина система обміну даними.

Система автоматизованого управління виробництвом, що реалізована за цим принципом, представляє єдину основу для всіх процесів гірничого підприємства – оцінки запасів корисних копалин, планування розвитку підприємства, розкривних робіт, видобутку корисних копалин, формування логістики корисних копалин і готової продукції тощо.

«Принцип 4Е» дозволяє знизити складність і невизначеність умов виробничого середовища, пов'язаних з неузгодженістю інформації, що одержується від різних підрозділів підприємства; підвищити надійність прийнятих управлінських рішень;

– забезпечує оперативне отримання (фактично в режимі реального часу) інформації для прийняття рішень на будь-якій стадії управління - від стратегічного планування до видачі завдань на поточні роботи;

– забезпечує відповідність інформації про об'єкти кожного структурного підрозділу підприємства своєю логічної моделі даних, безперервну актуалізацію цієї інформації підрозділами підприємства, в інтересах яких вона формується;

– забезпечує відповідність інтерфейсів і протоколів інформаційної підсистеми вимогам відкритих систем, стандартам міжнародної організації зі стандартизації (ISO), Open Geospatial Consortium (OGC) і стандартам України.

Архітектура інформаційної підсистеми базується на єдиній інформаційно-обчислювальній мережі підприємства. Ядром системи є сервер просторових даних, на якому централізовано зберігається вся необхідна інформація. Доступ користувачів до просторових даних здійснюється за технологією Internet-Intranet. При наявності на підприємстві територіально-віддалених підрозділів для доступу до сервера просторових даних використовується WEB-технологія.

В управлінні як сукупності процесів, спрямованих на досягнення цілей підприємства, виділяють чотири рівні систем управління [1]: рівень АСУТП; рівень MES-систем; рівень ERP-систем; рівень OLAP-систем.

Структура інтегрованої автоматизованої системи управління гірничим підприємством, функції її рівнем наведено в таблиці 1.

Рівень управління АСУТП відповідає за збір та передачу технологічної та іншої інформації з об'єктів контролю і управління. Це ділянки з видобутку, гірничопрохідницькі ділянки, транспортування гірничої маси на поверхню, транспортування матеріалів, обладнання та персоналу, місцезнаходження технологічного обладнання.

Рівень MES-систем відповідає за переробку, зберігання та обробку масиву інформації, що надходить, у форму зручну для прийняття управлінських рішень та є рівнем управління виробництвом в поточному режимі. MES-система здійснює контроль і управління за допомогою інформаційно-програмного забезпечення виробничими процесами в реальному часі або близького до нього. MES-система дозволяє підтримувати технологічні процеси на оптимальних рівнях ефективності та безпеки, управляти ними і утримувати параметри процесів в безпечних межах (штатних режимах) за рахунок організаційних систем (наприклад: єдина диспетчерська служба); дозволяє управляти матеріальними витратами, трудовими ресурсами, енергоресурсами виробничих процесів; взаємопов'язувати і

гармонізувати між собою як окремі виробничі процеси, так і в цілому виробництво на гірничому підприємстві.

Рівні ERP-систем і OLAP-систем дозволяють організувати на підставі даних, що одержані від MES-систем, аналіз, планування і управління фінансово-господарською діяльністю підприємства в цілому, оцінювати та управляти досягненням стратегічних цілей.

Взаємодія інформаційних потоків між рівнями відбувається як знизу вгору, так і зверху вниз. У міру руху вгору інформація за рахунок програмного забезпечення змінюється і перетворюється від показників стану та зміни технологічних процесів в показники, що зручні для прийняття управлінських рішень (виробничих, економічних, фінансових, корпоративних) і навпаки.

Детальний аналіз існуючих інформаційних систем, у тому числі що забезпечують інформаційне середовище рівня ERP-систем інтегрованих автоматизованих систем управління гірничими підприємствами, наведено в роботі [7].

Таблиця 1

Структура інтегрованої автоматизованої системи управління гірничим підприємством

Рівень системи управління	Об'єкт управління	Суб'єкт управління	Функції управління
OLAP-системи	альтернативні перспективи зміни стану (стратегічні плани)	власники, керівники вищої ланки менеджменту	формування, корегування місії, цілей організації; розробка сценаріїв стратегій функціонування підприємства
ERP-системи	економічні процеси, фінанси, маркетинг, кадри	керівники структурних підрозділів економіко-фінансового блоку	контроль, аналіз, передача систематизованої інформації на OLAP-системи рівень управління; планування, управління економічною, фінансово-господарською діяльністю підприємства
MES-системи	загальні процеси підготовки та виробництва продукції	керівники структурних підрозділів техніко-технологічного блоку	контроль, аналіз, передача систематизованої інформації на ERP-системи рівень управління; планування, управління підготовкою виробництва та випуску продукції
АСУТП	одиначні процеси підготовки та виробництва продукції	керівники лінійних служб структурних підрозділів техніко-технологічного блоку	збір, контроль, передача систематизованої інформації на MES-системи рівень управління; планування, корегування технологічних процесів

Прикладом успішної розробки та впровадження в практику інтегрованої системи управління, структура якої представлена в таблиці 1, є досвід роботи компанії Gemcom Software International Inc. (Канада). Компанія розробила для великих гірничодобувних корпорацій інтегровану автоматизовану систему управління Mine Production Management Solution (MPMS). MPMS поєднує використання IT, CRM і ERP систем. Клієнтами Gemcom з розробки та використання MPMS є такі гірничодобувні компанії як De Beers, Rio Tinto, CVRD and Codelco [9].

Технологія MPMS заснована на використанні наступних додатків компанії Gemcom.

1. Geology Enterprise Mining System (GEMS) – програмне забезпечення для геології, маркшейдерії, проектування, планування гірничих робіт. GEMS – гірничо-геологічна система, що має гнучку модульну структуру і дозволяє вирішувати практично всі завдання інженерного забезпечення гірничого виробництва при видобутку всіх типів твердих корисних копалин як відкритим, так і підземним способами.

2. ProdTrak – система поточного управління гірничодобувного виробництва. Оперативні дані можуть передаватися в системі ERP і BI.

3. Whittle – система економічної оптимізації та техніко-економічного обґрунтування гірничих робіт.

4. Production Scheduler (планування на базі MineMax™). Діаграма Gantt забезпечує загальну платформу для різноманітних завдань планування відпрацювання родовища.

5. Enterprise Application Integration (EAI) (прикладна інтеграція підприємства) – дозволяє інтеграцію будь-якої програми третіх сторін з накопиченням даних в ProdTrak.

Geology Enterprise Mining System є одним з кращих рішень по організації обміну технологічними даними між структурними підрозділами гірничого підприємства будь-якого масштабу. Для користувача суттєвою перевагою є те, що на базі GEMS можлива організація такої системи збору даних, яка дозволяє накопичувати, обробляти, проводити якісний аналіз інформації інженерних служб в єдиній базі даних і обмінюватися ними між центрами і регіонами від введення даних по розвідувальних свердловин до формування звітів по продуктивності, кількості видобутку, планованих показників видобутку тощо.

При використанні системи MPMS керівники отримали оперативну інформацію про основні показники виробничої діяльності гірничих підприємств. Фахівці придбали інструментарій, що дозволяє, наприклад, швидко виконувати технологічні, економічні розрахунки, аналізувати варіанти розвитку гірничих робіт, оперативно перераховувати запаси корисних копалин і контролювати їх рух, обмінюватися даними в рамках єдиної системи.

Розглянемо склад та структуру рівня АСУТП, в якому пропонується виділити три підрівня реалізації управління технологічними процесами [6].

Нижній рівень – рівень датчиків, виконавчих механізмів і контролерів, які встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах. Їх функції полягають в отриманні інформації про параметри процесу, перетворення її у відповідну форму для передачі на вищий рівень. Задачами нижнього рівня є: збирання інформації про вимірювані технологічні параметри процесу; формування керуючих дій на технологічний процес з метою підтримки технологічних параметрів у заданих значеннях або зміни їх за певними законами; сигналізація про вихід параметрів за задані межі; блокування помилкових дій персоналу і керуючих пристроїв. Датчики передають інформацію локальним програмованим логічним контролерам (ПЛК, PLC – Programming Logical Controller) з операційними системами реального часу.

Середній рівень. Інформація з локальних контролерів може прямувати в мережу диспетчерського пункту безпосередньо, а також через контролери середнього рівня. Залежно від поставленої задачі контролери середнього рівня (концентратори, інтелектуальні або комунікаційні контролери) виконують різні функції: збирання інформації з контролерів нижнього рівня, її обробка; вироблення сигналів управління на основі аналізу інформації; синхронізація роботи підсистем; архівування інформації; обмін інформацією між локальними контролерами і верхнім рівнем; робота в автономному режимі при порушеннях зв'язку з верхнім рівнем; діагностика і захист від збоїв в елементах підсистем нижнього рівня.

Верхній рівень – диспетчерський пункт – включає, перш за все, одну або декілька станцій управління, що є автоматизованим робочим місцем диспетчера/оператора. На верхньому рівні може бути розміщений сервер бази даних, робочі місця (комп'ютери) для фахівців тощо. Робочі станції управління (ПЕОМ) призначені для відображення ходу технологічного процесу і оперативного управління. Ці задачі вирішують SCADA – системи (Supervisory Control And Data Acquisition – дистанційне керування і збір даних). Загальною назвою

SCADA визначають системи дистанційного моніторингу і управління. SCADA – це спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на забезпечення інтерфейсу між диспетчером і системою управління, а також комунікацію із навколишнім середовищем. Спектр функціональних можливостей визначається функціями SCADA в системах управління.

Розглянемо практику реалізації на гірничих підприємствах управління на рівні АСУТП інтегрованої автоматизованої системи управління – автоматизовану систему управління гірничо-транспортними роботами (АСУГТР) на кар'єрах.

Гірничотранспортний комплекс відкритих гірничих робіт є ланкою загальної технологічної системи кар'єра і містить навантажувальні засоби (екскаватори, навантажувачі), засоби кар'єрного транспорту (самоскиди, засоби залізничного, конвеєрного транспорту), бурові верстати, допоміжну техніку (бульдозери, ковшові навантажувачі, паливозаправники та ін.), дорожньобудівна техніка (грейдери, скрепери, катки, поливальні машини). До складу комплексу входять також кар'єрні дороги, відвали розкривних порід, перевантажувальні пункти, внутрішньокар'єрні склади корисних копалини.

Сучасні АСУГТР є програмно-технічні комплекси, до складу якого входять:

- бортові технічні засоби, встановлені на мобільному обладнанні;
- система радіозв'язку для передачі даних в режимі реального часу;
- комп'ютерне обладнання, зокрема сервери і робочі станції користувачів;
- спеціальне програмне забезпечення моніторингу та диспетчерського управління

гірничо-транспортним устаткуванням, формування бази даних.

Розробка і інтенсивне впровадження на відкритих гірничих роботах принципово нових систем управління технологічними процесами є основою розвитку гірничого виробництва. Системи дозволяють здійснювати оптимізацію якісного поєднання і кількісного співвідношення навантажувального і транспортного устаткування, оперативних параметрів технологічного процесу. Системи управління базуються на застосуванні досягнень в електроніці, радіотехніці, мікропроцесорній техніці, досягнень супутникової навігації, інформаційних технологій.

Такі системи управління принципово відрізняються від розроблених в 1970-1980-х роках автоматизованих систем управління технологічними процесами. Мета впровадження сучасних систем управління технологічними процесами в кар'єрах – оптимальне регулювання вантажопотоків, вибір, облік і контроль роботи екскаваторно-транспортних комплексів, моніторинг експлуатаційних режимів навантажувальних і транспортних засобів. Тобто в кінцевому рахунку мета застосування автоматизованих систем управління – зниження енерговитрат, експлуатаційних витрат, підвищення надійності обладнання, продуктивності праці, промислової та екологічної безпеки виробництва.

Найбільш широке поширення на гірничих підприємствах СНД отримала автоматизована система управління гірничо-транспортним комплексом «КАР'ЄР», що розроблена фахівцями ТОВ «ВІСТ Груп» при методичній підтримці ІПКОН РАН. Областю застосування такої системи оптимізації гірничих робіт є диспетчеризація гірничо-транспортного устаткування: автосамоскидів, екскаваторів, бульдозерів, паливозаправників та іншої техніки, яка використовується при видобутку та транспортуванні гірничої маси [9, 10, 11].

Система «КАР'ЄР» базується на технологіях супутникової навігації і призначена для моніторингу навантажувального і транспортного обладнання, аналізу виробничих показників та оперативного управління процесами видобутку корисних копалин в кар'єрах (рис. 1).

Базові функціональні можливості системи реалізовані трьома продуктами:

- управління роботою кар'єра в режимі реального часу – RealtimeKit;
- аналіз роботи кар'єру – AnalyticKit;
- налаштування системи і введення довідкової інформації – SetupKit.

Система успішно функціонує на російських підприємствах холдингу «Сибірський Діловий Союз» (ЗАТ «Чернігівець», ВАТ «Розріз Киселевський»), ВАТ «СУЕК» (розрізи «Зарічний» і «Тугнуйській»), ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат», гірничодобувної компанії

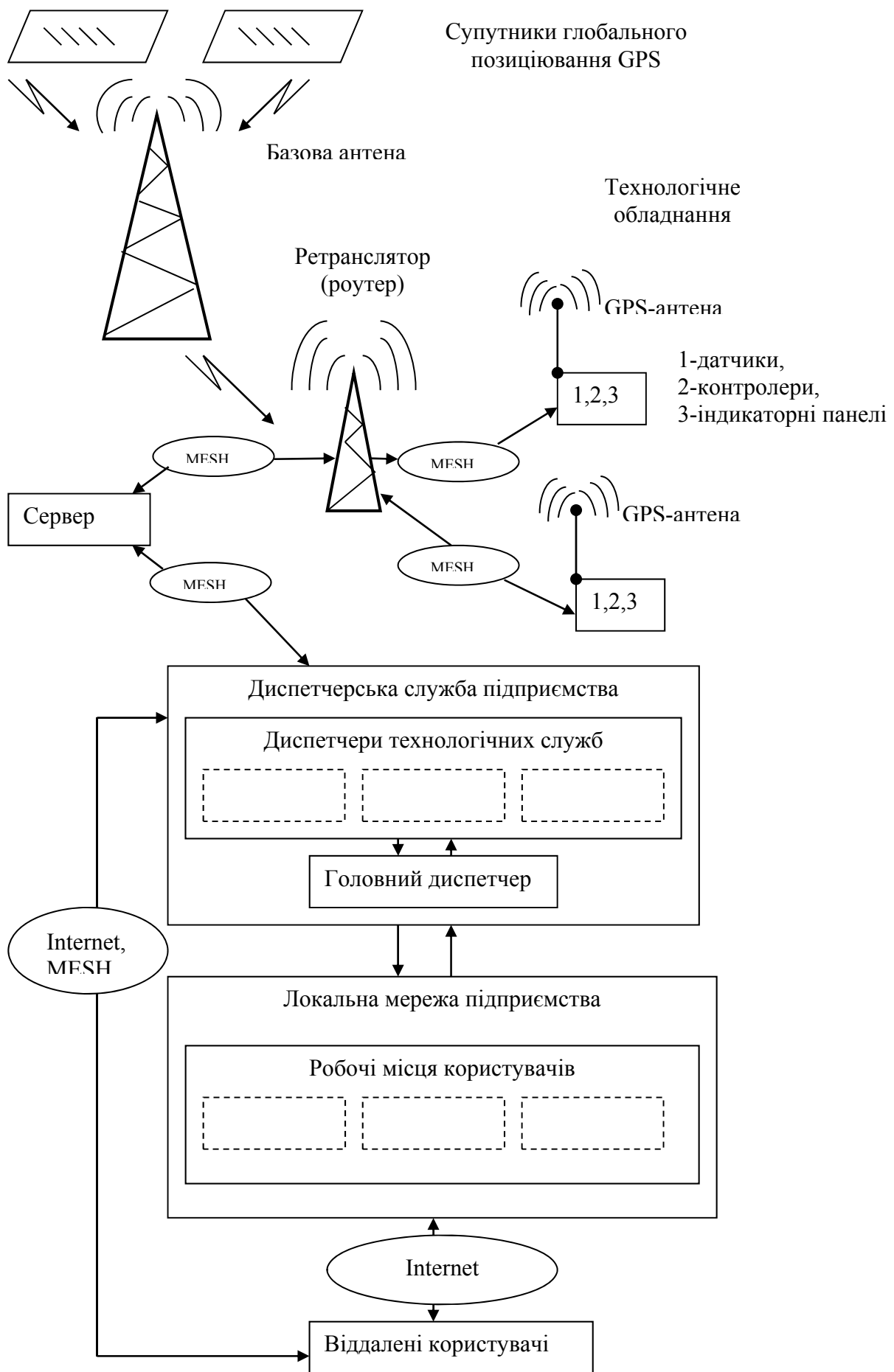


Рис. 1 Схема інфраструктури автоматизованої системи управління гірничим виробництвом із застосуванням інформаційних технологій

«Мечел» (ВАТ «Південний Кузбас», ЧМК), ОК «РУСАЛ» (Автотранспортне підприємство), ВАТ «Уральська гірничо-металургійна компанія» (КК «Кузбассрозрізвугілля»), МХК «ЄвроХім» (Ковдорський ГЗК), ВАТ «Полнос Золото» (Алданзолото «ГРК»), ВАТ «Поліметал» (ЗАТ «Золото Північного Уралу»), КК «Союзметалресурс» (Сорський ГЗК), ВАТ «Михайлівський ГЗК», ВАТ «Ураласбест», ВАТ «Стойленський ГЗК»; КОО «Підприємство Ерденет» (Монголія); ВАТ «Соколовсько-Сарбайський гірничо-збагачувальне виробниче об'єднання» (Казахстан); ВАТ «Інгулецький ГЗК», ВАТ «Центральний ГЗК», ВАТ «Північний ГЗК», ВАТ «Полтавський ГЗК», ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Україна) [10, 11].

Наприклад, на Тугнуйському вугільному розрізі ВАТ "СУЕК" бортове обладнання (датчики, контролери, антени GPS) було встановлено на автосамоскиди БелАЗ вантажопідйомністю від 30 до 130 т (30 автосамоскидів), паливозаправники, екскаватори, бульдозери, допоміжний технологічний автотранспорт, бурові верстати [12]. Програмно-апаратний комплекс системи «КАР'ЄР» складається з бортового обладнання, що встановлюється на мобільних об'єктах, і диспетчерського центру, що включає радіоустаткування, сервери та програмне забезпечення. Дані телеметрії з мобільних об'єктів (інформація про завантаження, рівень палива, координатах, швидкості тощо) надходять в диспетчерський центр для обробки та зберігання. З диспетчерського центру на мобільні об'єкти передаються текстові повідомлення від диспетчера, які з'являються на індикаторній панелі в кабіні водія.

На Тугнуйському розрізі були встановлені базовий функціональний модуль, модуль контролю роботи бульдозера, модуль контролю роботи паливозаправника, модуль технічної готовності самоскидів, модуль аналітики, модуль обліку роботи шин, модуль обліку напруцювання основних агрегатів самоскидів, модуль автоматичної диспетчеризації.

Таким чином, користувачі автоматизованої системи отримували у своє розпорядження набір засобів управління роботою гірничотранспортного комплексу. Така інформація (спливаючі повідомлення про порушення роботи, результати контролю планової виробничої потужності обладнання і продуктивності, графічне представлення графіка руху самоскидів, візуальне картографічне представлення інформації) призначалася для прийняття рішень щодо підвищення продуктивності комплексу та забезпечення планових якісних характеристик видобутку.

Істотно підвищувало ефективність роботи системи «КАР'ЄР» застосування модуля оптимізації руху самоскидів, який використовувався як для початкового розподілу машин на початку зміни, так і для автоматичного їх перерозподілу протягом зміни в залежності від поточної ситуації в кар'єрі. Модуль виконував новий розрахунок оптимального маршруту руху самоскида кожен раз при настанні ключової події (наприклад, розвантаження самоскида), використовуючи ряд критеріїв. Вибір критеріїв залежить від завдань, які стояли перед підприємством (досягнення максимальної продуктивності, підтримку заданого якості вугілля на пункті розвантаження тощо). Система дозволяла також здійснювати віддалену діагностику основних вузлів і агрегатів автосамоскидів, екскаваторів та інших мобільних об'єктів (наприклад діагностику двигуна автосамоскида, контроль тиску в шинах, контроль стану електрообладнання екскаватора тощо).

Функціональність програмного забезпечення системи «КАР'ЄР» включає набір базових і допоміжних модулів, склад яких визначається конкретними завданнями підприємства.

Робочі місця (РМ) користувачів формуються адміністратором системи «КАР'ЄР»: РМ автодиспетчера (видача наряду на зміну для самоскидів, управління протягом зміни, облік роботи автотранспорту), РМ гірничого диспетчера (контроль роботи екскаваторів), РМ оператора з випуску водіїв на лінію, РМ оператора з обліку паливо-мастильних матеріалів, РМ механіка автобази тощо. Важливою особливістю системи є її відкритість для модифікації наявних екранних форм і звітів і створення нових. На той час для зберігання даних використовувались база даних Oracle.

Вперше автоматизована система управління гірничо-транспортним комплексом на базі технологій GPS була впроваджена на кар'єрі ВАТ «Полтавський ГЗК» (Україна) в 1999-2001 рр. [11]. В рамках цього проекту спочатку бортове обладнання системи управління було

встановлено на автосамоскиди. Основним завданням системи була візуалізація місця розташування і параметрів роботи машин на мапі кар'єра в диспетчерському центрі. Диспетчер міг в режимі реального часу бачити зміни рівня палива, ваги перевезеного вантажу, відстежувати поточну швидкість машини, передавати вказівки водієві по голосового зв'язку. Серед основних характеристик системи можна відзначити локальність її роботи (система працювала тільки в зоні радіопокриття), послідовне циклічне опитування об'єктів базовою станцією, ймовірність часткової втрати даних і обмеженість числа параметрів моніторингу.

Прагнення до підвищення ефективного використання техніки, зростанню продуктивності праці висунуло вимоги до систем управління, які були б здатні відстежувати окремі параметри роботи всього технологічного обладнання і на їх основі планувати та оптимально управляти процесами видобутку. Зростання номенклатури техніки і контрольованих параметрів, істотне розширення зони контролю, необхідність контролю експлуатаційних параметрів – все це послужило передумовою до розвитку системи управління гірничо-транспортним комплексом.

Друга версія автоматизованої системи управління гірничо-транспортним комплексом на базі технологій GPS («подієва») була впроваджена в 2004 р у ВАТ «Південний Кузбас». Основна відмінність її від попередньої версії – місце обробки даних. Якщо в першому випадку обробка даних проводилася на сервері, то в другому – безпосередньо на контролері. При виникненні події, що фіксується в бортовому контролері, наприклад як «завантаження», контролер передає відповідну інформацію на сервер, і дані про завантаження відображаються на цифровій мапі кар'єра на моніторі у диспетчера.

Нова версія системи була також доповнена модулем видачі змінного завдання, функцією віддаленого контролю параметрів роботи техніки, оцінки стану і витрат запасних частин і матеріалів, формування різного роду звітів.

В останніх версіях системи «КАР'ЄР» основний акцент зроблено на вирішення завдань оперативного управління роботою кар'єра на основі інтеграції інформаційних результатів моніторингу всіх технологічних процесів як у кар'єрі, так і в суміжних технологічних ланках. Для цього до складу системи включені модулі автоматичної диспетчеризації та оптимізації, підтримки технологічних процесів.

Технічні рішення, що реалізовані в автоматизованій системі управління гірничо-транспортним комплексом компанією Wenco International Mining Systems (Канада), дозволили говорити про якісно-новий рівень управління гірничим виробництвом на основі інформаційних технологій. Наприклад, типова конфігурація АСУГТР Wenco була впроваджена на кар'єрі «Нюрбінській» (Нюрбінській ГЗК АК "АЛРОСА") [13].

Гірничо-транспортний комплекс містить в основному техніку фірми "Caterpillar": гідравлічні екскаватори САТ-5130В, САТ-375, САТ-325, навантажувачі САТ-992/988/980, автомобільний транспорт – автосамоскиди САТ-777D / 777F і автосамоскиди БелАЗ 754813. АСУГТР на кар'єрі "Нюрбінській" охоплює управління екскаваторним устаткуванням і кар'єрними автосамоскидами, в сферу охоплення АСУ включені відвали, рудні склади і приймальне відділення збагачувальної фабрики.

На борту кожної одиниці мобільного обладнання встановлено "Мобільний термінал даних" (МТД). Це комплект устаткування, що включає бортовий промисловий комп'ютер, монітор з сенсорним екраном, радіоприймач системи GPS для визначення місця розташування і переміщення мобільного устаткування, радіостанцію для прийому і передачі технологічної та розпорядчої інформації. Інфраструктура бездротової системи комунікацій (інформаційна мережа) базується на технології MESH.

Структурні блоки АСУГТР Wenco забезпечують виконання таких основних функцій: автоматизація збору та подання інформації про місцезнаходження і стан гірничого і транспортного устаткування для диспетчерського управління комплексом; автоматична оптимальна диспетчеризація екскаваторно-автомобільного комплексу; управління повнотою завантаження автосамоскидів; контроль дотримання маршрутів і швидкості руху автосамоскидів; контроль відхилення технологічного процесу від заданих параметрів і

режимів; моніторинг технічного стану та обслуговування обладнання; оперативний і накопичувальний облік роботи устаткування і кар'єра в цілому.

Важливим етапом розвитку автоматизованої системи управління гірничо-транспортним комплексом стала її інтеграція з іншими системами, що використовуються на гірничих підприємствах (ERP-системами, інформаційними системами). У зв'язку з цим істотно підвищилася ефективність вирішення завдань управління технологічними процесами. Так, наприклад, однією з найбільш актуальних завдань для підприємств є інтеграція систем управління з гірничо-геологічними системами з метою контролю якості корисних копалин, що видобуваються. В результаті інтеграції цих двох систем користувач отримує можливість в режимі реального часу відслідковувати окремі показники роботи (наприклад, процентний вміст корисної копалини в руді, в кузові транспортного засобу) [11].

Інтерфейс АСУГТР Wenco інтегрований з корпоративною інформаційною системою управління виробництвом АК "АЛРОСА" "Феномен-2". Усі виробничі показники автоматично передаються в систему "Феномен-2", з якої потрапляють в єдиний диспетчерський звіт по компанії, а також використовуються при управлінні виробництвом на рівні ERP-системи [13].

Таку інтеграцію дозволяє здійснювати удосконалена методологія та інформаційно-програмне забезпечення управління системи «КАР'ЄР». У сучасних умовах, коли більша частина підприємств формують великі холдинги, управлінську та економічну значимість набуває можливість оперативного управління та аналізу роботи декількох, віддалених один від одного структурних одиниць (видобувних, переробних підприємств, логістичних центрів). Все це дозволяє здійснювати система «Кар'єр Холдинг», основні завдання якої – оперативний контроль роботи кожного підприємства, що входить в структуру холдингу; отримання оперативної інформації з довільною деталізацією; перенос успішних механізмів функціонування з одного підприємства холдингу на інші [11].

Впровадження на підприємствах автоматизованої системи управління гірничо-транспортним комплексом спрямовано на підвищення оперативності та повноти використання геологічної, економічної та екологічної інформації, здійснення в режимі реального часу моніторингу технологічних процесів та технічного стану об'єктів, прийняття управлінських, проектних і планових рішень. Наприклад, АСУГТР «КАР'ЄР» забезпечує ефективне вирішення прикладних завдань управління мобільними об'єктами гірничо-транспортного комплексу та інженерного нагляду (раціональне використання фонду робочого часу, контроль виконання норм експлуатації машин і механізмів тощо). Система вирішує завдання оперативного управління роботою кар'єра, в тому числі завдання оптимізації вантажопотоків, підтримки необхідного вмісту корисних компонентів в руді на складах. Зокрема, реалізація системи управління гірничо-транспортним комплексом дозволяє збільшити час продуктивного використання технічних засобів і обладнання протягом робочої зміни (значне скорочення простоїв та нецільового використання техніки); підвищити продуктивність праці; знизити витрати палива; забезпечити економію матеріальних і трудових ресурсів при досягненні необхідних обсягів виробництва; підвищити трудову і технологічну дисципліну персоналу; створити основу об'єктивної оцінки діяльності служб і ділянок підприємства та умови для планомірного ремонту та обслуговування парку машин [9, 11].

Дворічний досвід використання АСУГТР на кар'єрі "Нюрбінській" АК "АЛРОСА" свідчить про підвищення ефективності використання гірничої та транспортної техніки: на 20-30% зменшився час простою автосамоскида біля екскаваторів; на 2-3% підвищилася середня завантаження самоскидів, зменшилися випадки недовантаження і перевантаження самоскидів; на 8-10% підвищилася середня технічна швидкість руху самоскидів, зменшилися випадки перевищення швидкості руху машини на маршруті; на 3-4% знизилася питома витрата дизельного пального за рахунок зменшення простоїв і підвищення рівномірності руху автосамоскидів на маршруті; покращилися планування та організація виробництва, підвищилася безпека гірничих і транспортних робіт; посилилася мотивація праці працівників автобаз (підвищився інтерес до роботи з більш сучасною технікою, прагнення до підвищення кваліфікації).

В цілому поліпшення технологічних і виробничих параметрів управління призвело до підвищення продуктивності гірничо-транспортного комплексу, в тому числі продуктивності технологічного транспорту на 8-10%. В свою чергу підвищення продуктивності, зниження витрат на ремонт і дизельне паливо знизили собівартість видобутку гірничої маси на 3-4% і собівартість її транспортування - на 4-6%. Витрати на систему окупилися менш ніж за один рік [13].

Висновки. Таким чином, повномасштабна автоматизація комплексного планування та управління гірничим виробництвом, зокрема управління технологічними процесами на кар'єрах, базується на розширенні не тільки масштабів застосування автоматизованих систем управління на основі супутникових інформаційних технологій, а й розширенні функціональних можливостей таких систем. Здійснюється поглиблення інтеграції інформаційних комунікацій між рівнями управління підприємства не тільки в ланцюжку «рівень АСУТП – рівень MES-систем – рівень ERP-систем – рівень OLAP-систем», а й здійснюється зворотний зв'язок в цій системі управління. Підвищення ефективності застосування АСУГТР в області методологічного та програмно-інформаційного забезпечення її функціонування слід пов'язувати з розробкою і впровадженням такого забезпечення для специфічних і унікальних завдань конкретного гірничого підприємства, адаптацією та інтеграцією забезпечення до існуючих базових функціональних модулів системи управління.

Список літератури

1. Баскаков В.П. Перспективы применения комплексной автоматизированной системы управления на горных предприятиях / В.П. Баскаков, М.Н. Якимов // Горная промышленность. – 2013. – №6. – С. 28-30.
2. Ткаченко В.Ф. Корпоративная геоинформационная система предприятия / В.Ф. Ткаченко, Н.И. Губа, В.Д. Овраменко, А.С. Погуляка // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2007. - №4. – С. 97-100.
3. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В.Г. Харазов – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.
4. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем / В.Ф. Ситник, Т.А. Писаревська, Н.В. Єрьоміна, О.С. Краєва — К.: КНЕУ, 2001. — 420 с.
5. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. К.: УкрНДІССІ, 1994. – 92 с.
6. Превисокова Н.В. Інтегровані системи управління / Н.В. Превисокова – Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника», 2013. – 61 с.
7. Горпинич А.В. Формирование подсистемы информационного обеспечения оперативного управления параметрами карьерных рудопотоков // Зб. мат. міжнародної конференції “Форум гірників-2006”. – Дніпропетровськ: Вид-во РВК НГУ, 2006. – Том «Відкриті гірничі роботи». – С. 175-182.
8. Мельников С.Р. Автоматизация производственных процессов на горнодобывающих предприятиях с использованием спутниковых технологий / С.Р. Мельников, О.В. Дроздов, В.Е. Егоров и др. // Горная промышленность. – 2000. - №2. – С. 6-8.
9. Одинцев Н. Информационные технологии для горнодобывающей отрасли / Н. Одинцев, О. Стагурова, Е. Абрамова // Горная промышленность. – 2005. - №4. – С. 13-15.
10. Конференция пользователей Систем компании «ВИСТ Групп» // Горная промышленность. – 2006. – 6. – С. 70-71.
11. Трубецкой К.Н. Автоматизация управления горнотранспортными комплексами в карьерах / К.Н. Трубецкой, А.Ф. Клебанов, Д.Я. Владимиров // Горный журнал. – 2009. – №11. – С. 38-41.
12. Трубецкой К.Н. Автоматизированные системы управления горно-транспортным оборудованием / К.Н. Трубецкой, В.В. Рашевский, Д.Я. Владимиров, А.Ф. Клебанов // Горная промышленность. – 2007. - №6. – С. 12-14.
13. Ульянов В.Г. Автоматизация управления горно-транспортным комплексом на карьере "Нюрбинский" АК "АЛРОСА" / В.Г. Ульянов., Б.И. Димант, И.В. Зырянов, И.Б. Табакман, Д.П. Антоненко // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. - №7. – С. 39-44.