

УДК 621.85.052.(088.8)

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2021-2-6>

Артем ШИРІН

кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005, shyrin.a.l@nmu.one

ORCID: 0000-0003-0026-2767

Scopus Author ID: 55522596500

Валерій РАСЦВЕТАЄВ

кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005, rastsvietaiev.v.o@nmu.one

ORCID: 0000-0003-3120-4623

Scopus Author ID: 57203998201

Бібліографічний опис статті: Ширін, А., Расцветаев, В. (2021). Мотивація створення інформаційної системи управління технологічними процесами транспортування шахтної породи. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 42–49, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-2-6>

МОТИВАЦІЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШАХТНОЇ ПОРОДИ

В умовах інтенсифікації гірничого виробництва підвищення вимог техніки безпеки та раціональне використання енергетичних ресурсів не можуть бути забезпечені без створення інформаційної системи управління технологічними процесами транспортування вантажів в підземних гірничих виробках. У зв'язку з цим мотивами переходу до більш високого рівня інформатизації транспортно-вантажних робіт є заміна більшості існуючих засобів локальної візуалізації на уніфіковані комплекти апаратури у вигляді програмованих контролерів, інформативних датчиків, пункти візуального контролю, а також програмного забезпечення для персоналу, що обслуговує та використовує цю апаратуру.

Метою статті є обґрунтування функцій та структурної схеми інформаційної системи управління процесами транспортування шахтної породи надґрунтовими канатними дорогами (ДКН) в умовах невизначеності.

Для реалізації поставленої мети передбачено вирішити наступні **завдання**:

- 1) виконати аналіз методів збору, накопичення і передачі інформації для візуалізації технологічних процесів транспортування гірничої породи в реальних умовах вугільних шахт;
- 2) розглянути можливість створення інформаційної системи управління технологічними процесами переміщення породи в нетипових умовах експлуатації надґрунтових канатних доріг;
- 3) розробити рекомендації щодо підвищення продуктивності ДКН і їх технічного стану при експлуатації в реальних умовах шахтного середовища.

Наукова новизна. Інформаційна система управління процесами транспортування шахтної породи надґрунтовими канатними дорогами при проведенні гірничих виробок (ГВ) в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу розглядається в статті як взаємодіюча система «Дорога канатна надґрунтова – гірничча виробка» («ДКН – ГВ»), що функціонує в умовах невизначеності. Доведено, що впровадження інформаційних систем в діючі схеми транспорту шахт дає підвищення пропускної здатності дільничних транспортних виробок і забезпечення безпечних умов праці.

Висновки. У статті, на основі впровадження інформаційної системи управління технологічними процесами гірничого виробництва розроблені рекомендації щодо підвищення продуктивності ДКН і її технічного стану при експлуатації в реальних умовах шахтного середовища, що постійно змінюється у просторі і часі.

Встановлено, що при розробці інформаційної системи вирішуються складні завдання щодо виділення меж технологічного об'єкта, синтезу методів оперативного збору, обробки та передачі інформації, а також вибору програмного забезпечення, що буде використовуватись для реалізації відображення процесів гірничого виробництва у пунктах візуального контролю.

Ключові слова: інформаційна система управління, програмне забезпечення, надґрунтова канатна дорога, профіль транспортної виробки, розробка інформаційних систем.

Artem SHYRIN

Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor at Computer Systems Software Department, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, shyrin.a.l@nmu.one
ORCID: 0000-0003-0026-2767
Scopus Author ID: 55522596500

Valerii RASTSVIETAIEV

Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor at Oil-and-Gas Engineering and Drilling Department, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, rastsvietaiev.v.o@nmu.one
ORCID: 0000-0003-3120-4623
Scopus Author ID: 57203998201

To cite this article: Shyrin, A., Rastsvietaiev, V. (2021). Motyvatsiia stvorennia informatsiinoi systemy upravlinnia tekhnolohichnymy protsesamy transportuvannia shakhtnoi porody [Motivating the development of information system to control technological processes for rock transportation]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 42–49, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-2-6>

MOTIVATING THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM TO CONTROL TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR ROCK TRANSPORTATION

*Under the conditions of mining intensification, neither increase in safety requirements nor rational use of power resources can be provided without the transportation of information system controlling technological processes for load hoisting in underground mine workings. In this connection, motivation to transit to higher informatization of transporting and loading/unloading operations is the replacement of the majority of current facilities of local visualization for the normalized apparatus sets in the form of programmable controllers, informative sensors, visual control centres as well as software for personnel operating and using the devices. **Purpose** of the paper is to substantiate functions and structural scheme of the information system controlling rock transportation by means of above-ground ropeways (AGRWs) under the conditions of uncertainty.*

*Following **problems** should be solved to achieve the purpose:*

- 1) to analyze methods of information collection, accumulation, and transmitting to visualize technological process for rock transportation in actual practice of coal mines;*
- 2) to consider the potential to develop the information system controlling technological processes of rock transportation under untypical conditions of above-ground ropeway operation; and*
- 3) to develop recommendations to improve efficiency of the AGRWs as well as their engineering status while operating in the actual mine environment.*

Originality. *The information system to control process of rock transportation by means of above-ground ropeways while mine working (MW) driving under the complicated mining and geological conditions of the Western Donbas mines is considered by the paper as interacting above-ground ropeway-mine working (AGRW-MW) system operating under uncertainty conditions. It has been proved that introduction of information system into the current schemes of mine transport improves capacity of site transportation mine working while ensuring safe labour conditions.*

Conclusions. *Relying upon the introduction of information system to control technological processes of mining, the recommendations have been elaborated as for the improvement of AGRW efficiency as well as its engineering status while operating in actual mine environment experiencing constant spatial and temporal changes.*

It has been identified that the information system development solves the complicated problems concerning determination of technological object boundaries; synthesis of methods of on-line information collecting, processing, and transmitting; and selection of the software to be applied for representation of mining processes within the visual control centres.

Key words: *information control system, software, above-ground ropeway, transport mine working section, development of information systems.*

Актуальність проблеми. Функції та структура інформаційної системи управління транспортними процесами гірничого виробництва повинні відображати існуючі та проектні технологічні схеми, а також організацію виробництва, структуру і функції діючих систем [1]. Уся інформація стосовно головного транспорту, видобутку вугілля та усіх головних процесів виробництва

відображається на моніторах у диспетчерів і керівництва. Але конкретне місцезнаходження засобів допоміжного транспорту можна знати лише теоретично/приблизно – тільки через селекторний зв'язок. Пов'язано це з тим, що діючі схеми допоміжного транспорту, оснащені серійним технологічним обладнанням з локальними системами візуалізації зразка 80-х років і працюю-

ють тільки в межах типових умов експлуатації. При розробці запасів вугілля біля меж шахтних полів або в зонах геологічних порушень були відзначені факти, коли інформаційні засоби, що застосовуються, не забезпечують виконання вимог охорони праці та техніки безпеки, без яких в сучасних умовах забороняється експлуатація транспортно-технологічних систем.

У зв'язку з цим акцент на створення інформаційної системи управління технологічними процесами переміщення породи в нетипових умовах експлуатації надгрунтових канатних доріг повинен базуватися на попередньому досвіді використання систем оперативного-виробничого управління транспортними засобами, програмного забезпечення, що використовується для цього і досягнень в суміжних галузях.

На жаль, до теперішнього часу для гірничодобувних підприємств України відсутні загальноприйняті науково-методичні рекомендації, що визначають функції, структуру і параметри інформаційних систем управління технологічними процесами транспортування породи в реальних умовах шахтного середовища.

Створення такої системи дає змогу адекватно оцінювати стан ДКН, її положення в технологічній схемі транспорту шахти і швидко реагувати на можливі небезпечні ситуації (підвищення рівня безпеки експлуатації ДКН).

Комплексна інформаційна система управління транспортними процесами гірничого виробництва дозволить звести роль оператора до налаштування і регулювання обладнання технологічних процесів та системи управління ними, а також спостереженню за ходом всього виробничого процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Системи комплексної інформатизації гірничого виробництва створюються на основі досягнень теорії управління, що використовують економіко-математичні методи і новітні засоби обчислювальної і керуючої техніки [2]. У сучасному розумінні інформаційні системи являють собою якісно новий щабель розвитку методів і засобів візуалізації технологічних процесів.

З урахуванням вищевикладеного, при формуванні принципів візуалізації технологічних процесів відкати породи ДКН в умовах невизначеності був вивчений вітчизняний та зарубіжний досвід вирішення подібних завдань [3–7]. Для подальшого розгляду важливої наукової проблеми в якості аналога були обрані уніфіковані телекомунікаційні системи диспетчерського контролю гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС), що розроблено ДП «Петровський завод вугільного машинобуду-

вання» по ліцензії англійської фірми TROLEX, а також комплекси електричної централізації на мікропроцесорах ZDC30-2.0 (рис. 1), що випускаються в Китаї для управління механічними вузлами надгрунтових канатних доріг [4].

Представлений на рис. 1 вибухобезпечний блок управління (1) за допомогою датчика положення може отримувати відомості про місцезнаходження рухомого складу в виробках і шляхом розрахунку і обробки інформації візуально показувати його позиції на екрані рідкокристалічного дисплею.

Аналіз технічних можливостей застосування системи УТАС для підтримки і контролю безпечних режимів роботи конвеєрного транспорту шахт показав, що вона дозволяє здійснювати контроль і управління магістральними та дільничними конвеєрами і видавати інформацію на пульт головного диспетчера про технічний стан їх вузлів і агрегатів.

Для виконання зазначених функцій комплекс системи включає три модулі:

- модуль збору та первинної обробки інформації, що представляє собою сукупність датчиків і пристроїв, які забезпечують збір контрольованих даних;
- модуль передачі даних, що складається з передавальних пристроїв (контролери, репітори) і ліній зв'язку;
- модуль аналізу зібраної інформації і управління машинами і комплексами, що представляє собою поверхневий обчислювальний комплекс з програмним забезпеченням.

У відповідність до рекомендацій [7], функції оператора ДКН в реальних умовах експлуатації зводяться до: завдання програм управління по окремих агрегатах, вибору режимів роботи обладнання в межах функціонального блоку і спостереження за загальним ходом виробничого процесу та координації його експлуатаційних параметрів з урахуванням змін умов шахтного середовища.

Визначення мети дослідження. З урахуванням вищевикладеного метою обґрунтування функцій та структурної схеми інформаційної системи управління процесами транспортування шахтної породи ДКН в умовах невизначеності є: підвищення пропускної здатності дільничних виробок та забезпечення безпечних умов праці за рахунок зниження питомих енерговитрат на вивезення гірничої маси з підготовчих ділянок і ресурсозбереження.

Досягається це шляхом створення інформаційної системи управління транспортно-технологічних процесів і забезпечення їх безпеки в нетипових умовах гірничого виробництва.

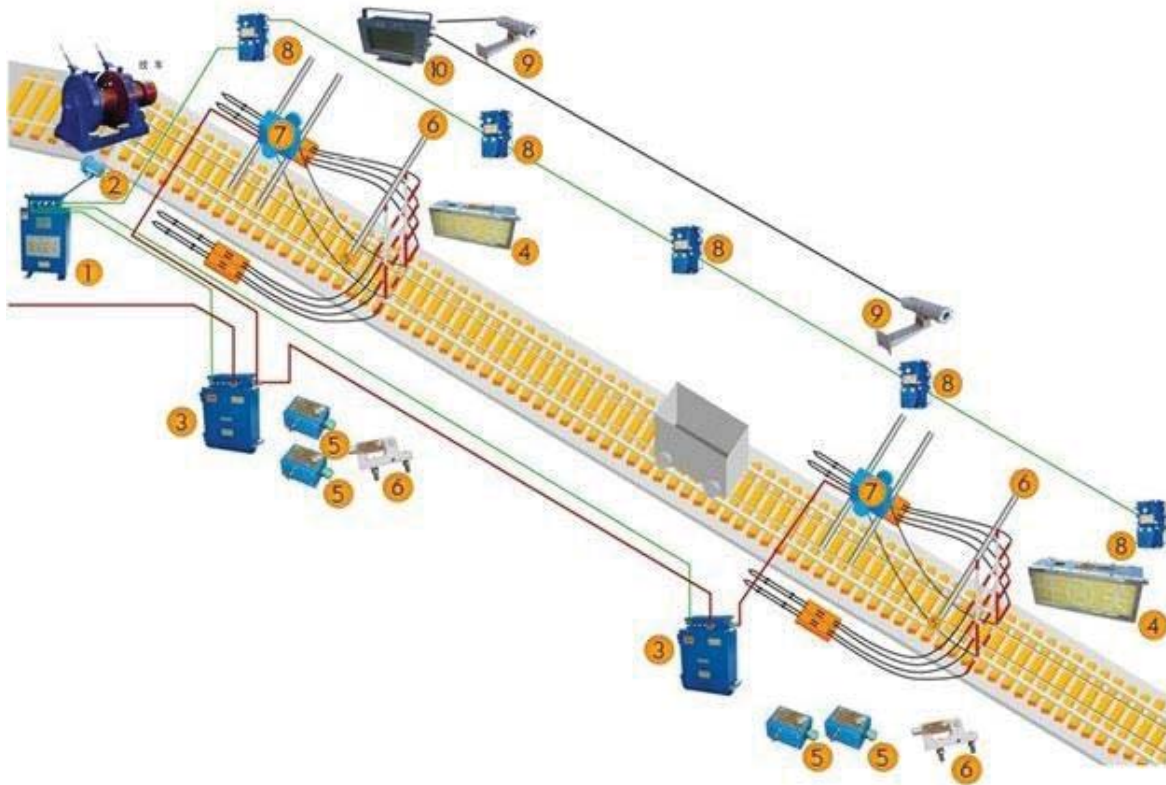


Рис. 1. Структура автоматизованого управління вузлами канатної дороги з електричною централізацією на мікропроцесорах ZDC30-2.0

1 – блок управління; 2 – поворотний кодер; 3 – розподільний щит; 4 – екран показу стану; 5 – датчик положення; 6 – комутатор; 7 – втягування лебідки; 8 – сигнальний блок контролю аварійної зупинки; 9 – вибухозахищений фото-прилад; 10 – вибухозахищений монітор.

Вклад основного матеріалу дослідження. Встановлені за результатами теоретичних та експериментальних досліджень функції інформаційної системи управління процесами транспортування шахтної породи надґрунтовими канатними дорогами були систематизовані за загальними ознаками. Структурна схема функцій інформаційної системи управління ДКН приведена на рис. 2.

Відмови лінійних вузлів і вимушені простої надґрунтових канатних доріг обумовлені тим, що методи діагностики, які застосовуються у ДКН, не дозволяють прогнозувати початкові стадії розвитку дефектів в їх вузлах та механізмах. Зазвичай оператор ДКН реєструє вже наслідки, тобто відмови і аварії технічного, технологічного та організаційного походження. Відсутність вихідної інформації про джерела походження відмов і характер їх розвитку не дозволяє оперативно керувати транспортно-вантажними процесами і технологічною системою в цілому.

У зв'язку з цим формування вимог до функцій і структури інформаційної системи набуває особливого значення не тільки з позиції безпеки підземних гірничих робіт, а й з позиції надійності вузлів та агрегатів ДКН.

Необхідно відзначити, що створення інформаційної системи управління транспортно-технологічними процесами в криволінійних підземних виробках з інтенсивним підійманням порід ґрунту дозволить оперативно встановлювати стан ДКН та її місцезнаходження в нештатних режимах роботи. Функціонал інформаційної системи дозволить також відображати інформацію таких блоків транспортно-технологічної системи як пункти навантаження і розвантаження вагонів, обміну навантажених составів на порожні, акумулювання гірничої маси, блок колійного розвитку та ін.

Сформовані за результатами теоретичних й експериментальних досліджень вимоги передбачають наявність в інформаційній системі модулів з функціями прогнозування, контролю та обліку дій випадкових чинників, тобто враховують вплив негативних факторів на параметри транспортування породи в умовах невизначеності. Для прогнозування можливих негативних подій був створений банк даних з характеристиками транспортних виробок, технологічного устаткування, вимог до колійного транспорту і засобів безпеки.

Функціональна структура управління надґрунтової канатної дороги, адаптована до тех-

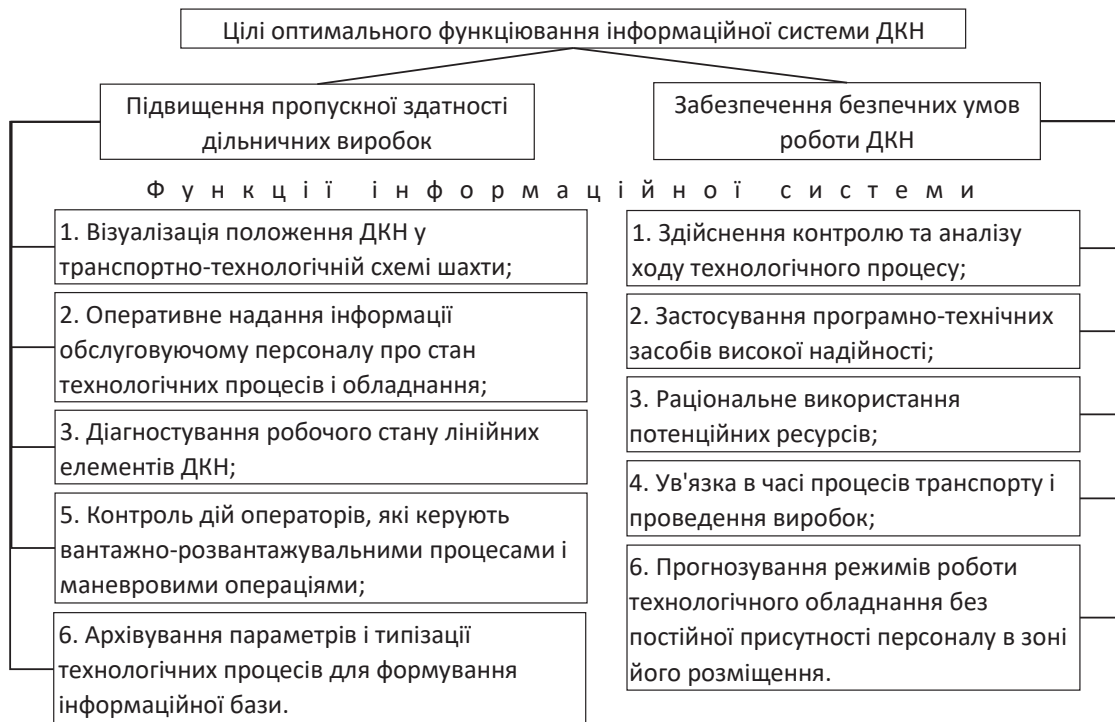


Рис. 2. Структурна схема функцій інформаційної системи ДКН

нологічних процесів транспортування породи в реальних умовах шахтного середовища представлена на рис. 3.

Експериментально доведено, що в реальних умовах шахтного середовища до вказаних функцій інформаційної системи ДКН пред'являється комплекс відповідних вимог. Встановлені за результатами виконаних досліджень вимоги до функцій і структури інформаційної системи управління транспортно-технологічними процесами наведені в табл. 1.

Централізований контроль за ходом технологічного процесу повинен забезпечувати:

- періодичне вимірювання та оперативне відображення значень технологічних параметрів;

- виявлення, оперативне відображення, реєстрація в архіві і сигналізація відхилень значень технологічних параметрів обладнання від встановлених меж.

- відображення результатів діагностики стану обладнання на екрані панелі оператора;

Діагностика стану транспортно-технологічного обладнання в типових, нетипових і екстремальних умовах експлуатації надґрунтових канатних доріг нового покоління повинна включати:

- контроль стану тягового органу, лінійних елементів ДКН й технологічного обладнання;

- самодіагностику мікропроцесорного контролера приводу ДКН;

- діагностику каналу зв'язку з контролером;
- діагностику вимірювальних каналів.

Для формування історії процесу функціональні модулі інформаційної системи управління процесами переміщення породи повинні забезпечувати: архівування миттєвих значень параметрів технологічного процесу; графічне і цифрове відображення історії усього процесу; зміни стану елементів ДКН (архів подій) і порушень технологічного процесу.

Обчислювальні та логічні функції інформаційного характеру полягають в машинному вирішенні задач, які повинні відображати: формування та перегляд (+опція друку) технологічного журналу за зміну; формування технологічного журналу за добу; формування та перегляд протоколу порушень границь технологічних параметрів.

За результатами виконаних досліджень встановлено, що в нетипових станах шахтного середовища інформаційна система ДКН повинна реєструвати та виводити на дисплей наступні параметри:

- швидкість рухомого складу в прямолінійних ділянках траси, при проходженні заокруглень та маневрових операціях;

- умови взаємодії тягового канату зі шківом й лінійними елементами ДКН;

- тягові зусилля приводного блоку;

- подачі вагонів під розвантаження;

- заповнення бункера породою;

– коефіцієнт використання об'єму шахтного вагона;

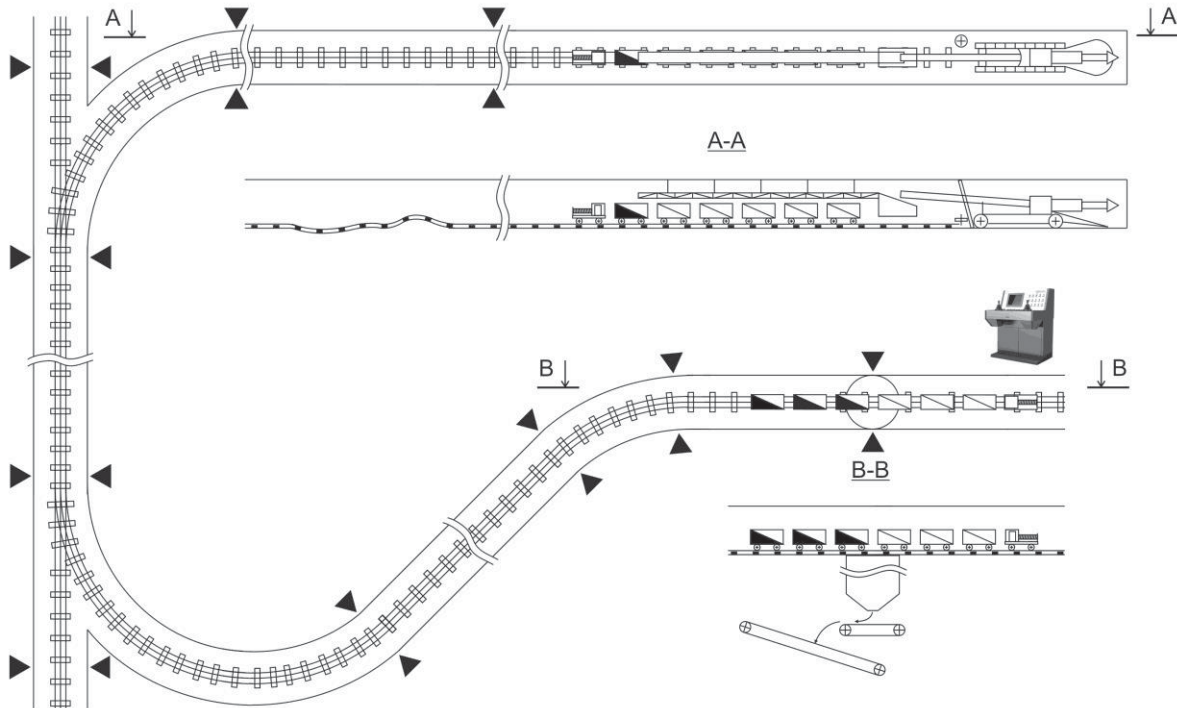
У процесі досліджень експлуатаційних параметрів експериментального зразка надґрунтової канатної дороги ДКНП-1,6 в протязних криволінійних виробках шахти «Павлоградська» було встановлено, що в умовах негативного впливу шахтного середовища, функціональний блок контролю і захисту ДКН повинен забезпечувати:

– автоматичний облік і контроль зупинок і відмов;

– захист тягового органу і приводу ДКН від перевантажень;

– підтримання робочого стану ДКН в екстремальних ситуаціях.

У відповідність з програмою та методикою досліджень процеси переміщення породи надґрунтовими канатними дорогами в криволінійних виробках з інтенсивним підійманням порід ґрунту розглядаються як програмована транспортно-технологічна система, що працює в умовах невизначеності.



A - A – пункт навантаження породи у вагони;

B - B – пункт розвантаження вагонів;

▶ ◀ – зони діагностування вузлів ДКН

Рис. 3. Функціональна структура управління технологічними процесами транспортування породи ДКН

Таблиця 1

Вимоги до функцій і структури інформаційної системи ДКН

Вимоги до функцій	
Інформаційні	Захисні
– централізований контроль за ходом технологічного процесу; – діагностика стану транспортно-технологічного обладнання; – реєстрація історії розвитку процесу; – обчислювальні та логічні функції інформаційного характеру.	– контроль взаємодії тягового канату зі шківом й лінійними елементами ДКН; – облік і контроль зупинок і відмов; – захист тягового органу і приводу ДКН від перевантажень; – підтримка робочого стану ДКН в екстремальних ситуаціях.
Вимоги до структури	
Система верхнього рівня	Система нижнього рівня
Автоматизоване робоче місце оператора на базі промислового комп'ютера із прикладним програмним забезпеченням.	Контролер керування технологічним процесом транспортування породи і обладнання для вантажно-розвантажувальних пунктів та протиаварійного захисту.

Дана система повинна виконувати усі функції збору, обробки та передачі інформації і включати блок оцінки стану ДКН і панель оператора з програмним забезпеченням та візуалізацією.

У відповідність до вищевикладених вимог була виконана формалізація діючої структури управління режимами роботи ДКН. Адаптована до технологічних процесів переміщення породи в реальних умовах шахтного середовища структурно-функціональна схема підключення приведена на рис. 4.

Для визначення місця знаходження рухомого складу канатної дороги на трасі в блок регуляторів включений регулятор завдання пройденого шляху, який визначається інтеграцією швидкості обертання барабана лебідки на всьому шляху. Блоку регулювання дозволяється вводити корекцію швидкості рухомого складу на заокругленнях і важких ділянках рейкової траси за допомогою програмованого коректора швидкості у функції значення поточної довжини траси. Оскільки довжина шляху з просуванням фронту робіт змінюється, то оператору ДКН буде представлятися можливість її ручного введення в систему управління і коригування місця знаходження ділянок з негативними виробничими подіями. Усе це мусить бути реалізовано за допомогою програмного забезпечення у вигляді розробки інтуїтивно-зрозумілого інтерфейсу користувача.

У той же час при формуванні принципів енергозбереження потрібно провести комплекс спеціальних досліджень по обґрунтуванню доцільності введення в блок розвантаження рухомих складів додаткових функцій контролю та управління процесами вивантаження породи з шахтних вагонів і завантаження її в бункер [9].

Висновки і перспективи подальших досліджень. В умовах інтенсифікації гірничих робіт транспортування допоміжних матеріалів, обладнання та людей в протяжних підземних виробках відноситься до особливо складних і небезпечних процесів гірничого виробництва. При розробці вугільних пластів з ґрунтами, схильними до здимання, перспективним засобом допоміжного транспорту для забезпечення безперебійної роботи очисних і підготовчих вибоїв є надґрунтові канатні дороги. У зв'язку з цим, створення інформаційної системи управління транспортно-технологічними процесами забезпечить оперативний моніторинг технічного стану ДКН, прогноз розвитку небезпечних ситуацій, а також підтримання оптимального режиму роботи контрольованих об'єктів і підвищення рівня безпеки гірничих робіт.

Отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень складають банк вихідних даних для проектування надґрунтових канатних доріг високого технічного рівня, адаптованих до реальних умов шахтного середовища.

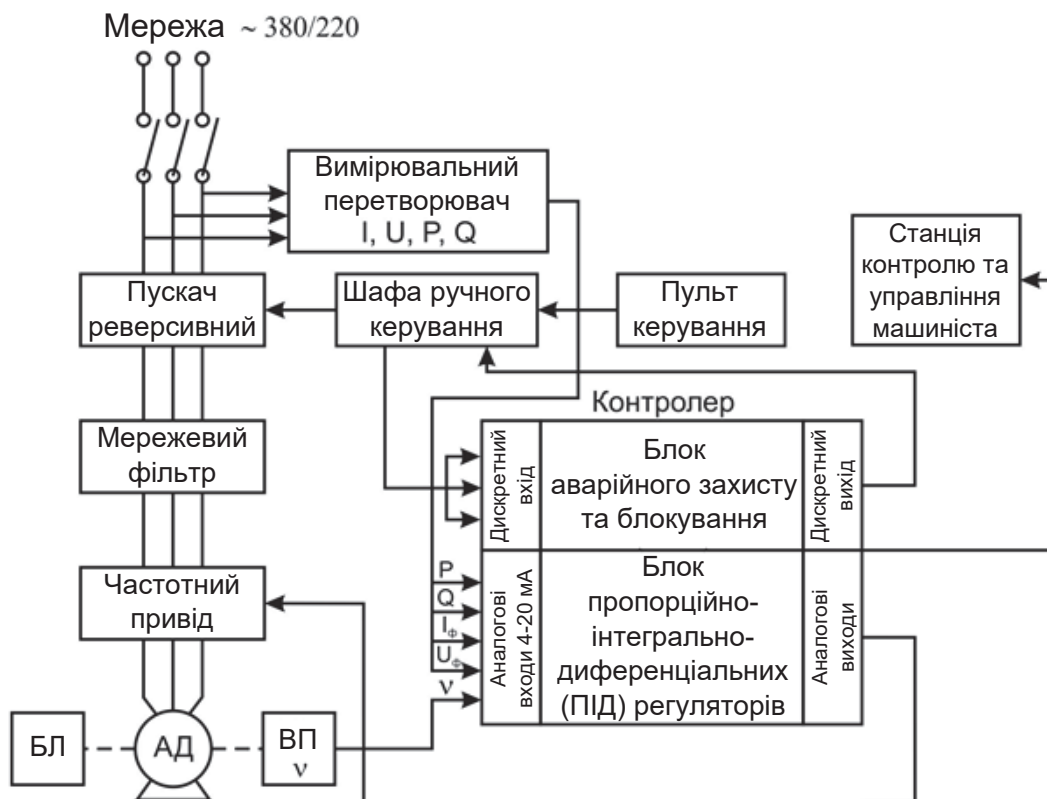


Рис. 4. Структурно-функціональна схема підключення системи

ЛІТЕРАТУРА:

1. Научные основы автоматизации в угольной промышленности: опыт и перспективы развития: монография / В. Г. Курносков, В. И. Силаев; Междунар. институт независимых педагогических исследований МИНПИ – ЮНЕСКО, ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова». Донецк : Изд-во «Вебер» (Донецкое отделение), 2009. 422 с.
2. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт. Підручник / А.В. Бубликов, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін., під заг. ред. В. В. Ткачова: Національний гірничий університет, 2012. 304 с.
3. Перспективы повышения уровня промышленной безопасности угольных шахт при использовании системы диспетчерского контроля (УТАС) / В.В. Радченко, Н.В. Малеев, А.А. Мартынов [и др.]. Горный информационно-аналитический бюллетень. МГГУ : 2005. Тематический выпуск «Безопасность». С. 31–43.
4. Wan L. R. et al. Application of the ZigBee wireless communication technology on the endless rope continuous tractor derailment monitoring system Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering / Wan, L. R., Liu, Y., Wang, L., & Liu, Z. H. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. С. 1313–1318.
5. Shyrin A.L. Tasks of automation control system of cargo transportation by ground cable ways of heavy type. L.I. Mescheryakov, A.L. Shyrin, T.I. Morozova. Materials of Underground Mining School, February 2013, Krakow: PATRIA. P. 102–106.
6. Нечаев В.П. Теорія планування експерименту: навч. посібник для студ. вищих навч. закладів/ В.П. Нечаев, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко та ін. Київ : Кондор, 2005. 232 с.
7. Про затвердження правил безпеки у вугільних шахтах / Наказ № 62 від 22.03.2010р. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду.
8. ГОСТ 34.602-89. Інформаційні технології. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.
9. Shyrin, A., Rastsvetaev, V., & Morozova, T. (2012). Estimation of reliability and capacity of auxiliary vehicles while preparing coal reserves for stoping. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 105-108. <https://doi.org/10.1201/b13157-18>.

REFERENCES:

1. Scientific bases of automation in the coal industry: experience and prospects of development: monograph / V.G. Kurnosov, V.I. Silaev; International Institute of Independent Pedagogical Research of the Ministry of Education and Science – UNESCO, JSC “Avtomatgormash V.A. Antipova”. Donetsk: Weber Publishing House (Donetsk branch), 2009. 422 p.
2. Automation of technological processes of underground mining: textbook / A. V. Bublikov, M. V. Kozar, S. M. Protsenko and others, under the general ed. V. V. Tkachov: National Mining University, 2012. 304 p.
3. Prospects for increasing the level of industrial safety of coal mines using the control system (UTAS) / V.V. Radchenko, N.V. Maleev, A.A. Martynov [et al.]. Mining information-analytical bulletin. Moscow State University: 2005. Thematic issue “Security”. P. 31–43.
4. Wan L. R. et al. Application of the ZigBee wireless communication technology on the endless rope continuous tractor derailment monitoring system // Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering / Wan, LR, Liu, Y., Wang, L., & Liu, ZH – Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. P. 1313–1318.
5. Shyrin A.L. Tasks of automation control system of cargo transportation by ground cable ways of heavy type / L.I. Mescheryakov, A.L. Shyrin, T.I. Morozova. Materials of Underground Mining School, February 2013, Krakow: PATRIA. P. 102–106.
6. Nechaev V.P. Theory of experiment planning: textbook. manual for students. higher education institutions / V.P. Nechaev, T.M. Beridze, V.V. Kononenko and others. Kyiv: Kondor, 2005. 232 c.
7. On approval of safety rules in coal mines / Order № 62 of 22.03.2010. // State Committee of Ukraine for Industrial Safety, Labor Protection and Mining Supervision.
8. GOST 34.602-89. Information Technology. Terms of reference for the creation of an automated system.
9. Shyrin, A., Rastsvetaev, V., & Morozova, T. (2012). Estimation of reliability and capacity of auxiliary vehicles while preparing coal reserves for stoping. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 105-108. <https://doi.org/10.1201/b13157-18>.