

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ГУСЄВ Б.С., ГОРБАТЮК С.О., САВИЦЬКА Я.А.,  
СМОЛІЙ В.В., ШЕЛЕСТОВСЬКИЙ В.Г.**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФЕРМЕРСЬКИМ  
ГОСПОДАРСТВОМ**

**МОНОГРАФІЯ**

**КИЇВ-2018**

## УДК 004.3:004.4

Рекомендовано Вченою Радою Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 4 від 28.11.2018р.)

### Рецензенти:

д.т.н., проф. Романов В.О.	зав. відділу Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
д.ф-м.н., проф., Ясковець І.І.	пров.н.с. відділу фізики радіаційних процесів Інституту фізики НАН України
д.т.н., проф. Лахно В.А.	зав. кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України

Інформаційна технологія системи управління фермерським господарством. Монографія// Гусєв Б.С., Горбатюк С.О., Савицька Я.А., Смолій В.В., Шелестовський В.Г. НУБіП України, 2018.- 220 с.

Робота містить результати госп.-розрахункової науково-дослідної роботи №15/17 «Розробка макету програмно-технічного комплексу з контролю поточного розташування та стану віддалених об'єктів для фермерського господарства». Запропоновано концепцію створення комплексної системи автоматизації управління сільськогосподарським підприємством, структуру та засоби для створення інформаційно-комунікаційного середовища, моделі та методи для реалізації компонентів системи.

Монографія може бути корисна науковцям і фахівцям, аспірантам та студентам зі спеціальності «Комп'ютерна інженерія» та інших спеціальностей напряму «Інформаційні технології».

© Гусєв Б.С., Горбатюк С.О., Савицька Я.А., Смолій В.В., Шелестовський В.Г., 2018

© НУБіП, 2018

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Напрями та тенденції автоматизації та інформатизації сільськогосподарських підприємств .....	7
1.1 Напрями розвитку та втілення інформаційних технологій у аграрництві .....	9
1.1.1 Галузеві особливості створення системних комплексів автоматизації управління аграрним підприємством .....	10
1.1.2 Основні тенденції розвитку систем управління підприємством .....	16
1.1.3 Особливості реалізації засобів автоматизації виробничих процесів та операцій .....	18
1.1.4 Особливості використання інформаційно-комунікаційних систем .....	21
1.2 Особливості використання геоінформаційних систем в аграрній сфері .....	22
1.3 Особливості використання систем управління в аграрних господарствах .....	25
1.4 Концепція системи управління малим фермерським господарством на основі ГІС-технологій .....	27
1.5 Перелік використаних джерел до глави 1 .....	30
2 Методи реалізації функціональних компонентів системи .....	33
2.1 Основи та засади побудови інформаційно-комунікаційного середовища СКАУ АП .....	33
2.2 Аналіз зовнішніх факторів впливу до вибору апаратних засобів .....	37
2.3 Структура технічних засобів інформаційно-комунікаційного середовища .....	38
2.3.1 Класифікація та системи каналів зв'язку .....	39
2.3.2 Порівняльний аналіз технологій бездротового зв'язку .....	47
2.3.3 Розробка структури моделі каналу зв'язку .....	48
2.3.4 Апаратні засоби для реалізації лінії зв'язку .....	50
2.3.5 Апаратні засоби реалізації інтерфейсу користувача .....	52
2.4 Перелік використаних джерел до глави 2 .....	54
3 Програмні компоненти інформаційно-комунікаційного середовища .....	56
3.1 Особливості організації структур баз даних .....	57
3.2 Особливості організації функціонального програмного забезпечення .....	59
3.3 Організація програмного забезпечення ГІС підсистеми .....	61
3.3.1 Програмне забезпечення мобільної компоненти підсистеми .....	61
3.3.2 Програмне забезпечення серверної частини підсистеми .....	63
3.3.3 Відображення поточного положення об'єктів .....	65

3.4	Особливості організації користувацького інтерфейсу .....	66
3.4.1	Загальні вимоги до формування інтерфейсів мобільних пристроїв .....	67
3.4.2	Функціональні задачі системи .....	69
3.4.3	Інтерфейс ідентифікації користувача .....	71
3.4.4	Інтерфейс взаємодії з іншими особами .....	73
3.4.5	Інтерфейс для контролю поточного стану системи .....	76
3.4.6	Інтерфейс для реалізації сервісних функцій .....	78
3.4.7	Інтерфейс навігаційної системи .....	81
3.4.8	Особливості реалізації обміну даними монітору та контролеру .....	82
3.5	Висновки .....	86
3.6	Перелік використаних джерел до глави 3 .....	86
4	Інформаційна технологія підтримки прийняття керувальних рішень .....	87
4.1	Особливості реалізації прототипів системи .....	88
4.1.1	Аналіз особливостей реалізації автоматизованих систем керування .....	89
4.1.2	Аналіз систем керування механізованими комплексами ділянок .....	98
4.2	Теоретичні засади розробки системи керування швидкістю .....	105
4.2.1	Розробка єдиного підходу до представлення первинних даних від підсистем контролю на основі нерівномірної дискретизації .....	105
4.2.2	Принципи побудови архітектури комплексної системи контролю стану вугледобувного забою .....	119
4.2.3	Розробка методика прийняття рішень із застосуванням нечітких когнітивних карт .....	123
4.2.4	Побудова логічних правил вибору уставок на швидкість руху .....	137
4.2.5	Методика визначення точного місця розташування .....	143
4.3	Інформаційна технологія керування уставками на швидкість в умовах невизначеності .....	173
4.3.1	Теоретичні основи створення підсистеми визначення оптимальної швидкості подачі вугледобувного комбайна .....	173
4.3.2	Принцип побудови і структура ієрархічної комплексної моделі підтримки прийняття рішень по вибору швидкості вугледобувного комбайна .....	186
4.3.3	Реалізація моделі підтримки і прийняття рішень з вибору швидкості .....	193
4.4	Перелік використаних джерел до глави 4 .....	202
	Висновки .....	220

## ВСТУП

Новітні технології у галузі комп'ютерних засобів призвели до появи таких комплексних, з огляду на охоплення сфер діяльності, напрямів, як Інтернет речей або Всеохоплюючий Інтернет, Розумні дома та міста. Звісно, технологічний прорив мікроелектронних технологій та розвиток мережених технологій є їх основними базами та підґрунтям. Однак, аграрна сфера представляє все ще деякі труднощі для активного входження комп'ютерних засобів у сільськогосподарські технологічні процеси. Найбільше втілення знаходять такі продукти як автоматизовані системи управління підприємством, які орієнтовано на вирішення організаційних задач, але не технологічних. З іншої сторони, є сучасні підходи на кшталт «Precision agriculture», які якраз орієнтовано на вирішення технологічних задач, але окремо від систем управління підприємством.

В реаліях Українського сільськогосподарського виробництва проблем стає ще більше на шляху комп'ютеризації та інформатизації – окрім загальних перешкод, зачасту постають проблеми відсутності зв'язку, низька кваліфікація працівників та таке інше. Але фермери України також мають бажання переходити на сучасні технології.

Наявним прикладом цього є наступна робота, яка стала одним з результатів госпрозрахункової науково-дослідної роботи у співробітництві з фермерським господарством «Надія» з Жашківського району Черкаської області. Хоча тема роботи звучить як «Розробка макету програмно-технічного комплексу з контролю поточного розташування та стану віддалених об'єктів для фермерського господарства», коло розглянутих проблем та задач є значно ширшим.

Окрім стандартних задач моніторингу стану різноманітних об'єктів та відслідковування руху та поточного положення транспортних засобів господарства, виникли питання інтеграції системи у АСУ підприємством,

створення інформаційно-комунікаційної мережі для організації обміну даними у рамках підприємства, розробки підсистеми сповіщення та реєстрації повідомлень, вбудови у склад системи елементів геопозиціонування та навігації, відповідно й розробки системи користувацьких інтерфейсів, зменшення ємності даних у обміні, можливості нарощування системи з використанням технологій IoT, організації системи резервування даних, можливості використання у подальшому систем точного землеробства, створення гнучкої модульної структури системи та, звісно, зменшення її вартості.

На етапі розробки питань з інтеграції системи до АСУ підприємства та з урахуванням можливості організації у рамках усієї системи управління окремими сільськогосподарськими та агротехнічними технологічними операціями (які мають також вирішуватися і в задачах точного землеробства), було приділено увагу необхідності розробки системи підтримки прийняття рішень для визначення оптимальної швидкості технологічних транспортних засобів в умовах попередньої невизначеності і запропоновано та розроблено відповідні універсальні моделі і програмні засоби, що дало змогу застосувати їх до спорідненої задачі у гірничій промисловості.

У вирішенні загальних задач та проведенні аналізу, результати якого наведено у першому розділі, приймали участь доценти кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України Гусєв Б.С. та Смолій В.В., а також аспірант НУБіП Шелестовський В.Г. та аспірант інституту кібернетики НАН України Горбатюк С.О.

Результати, наведені у другому розділі, отримано Гусєвим Б.С., Савицькою Я.А та Смолій В.В.

Розробкою питань, пов'язаних з третім розділом, займалися Смолій В.В. та Шелестовський В.Г.

Ідеологом та розробником четвертого розділу є Савицька Я.А.

# 1 НАПРЯМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Інформаційно-управлінські системи та інформаційно-керувальні системи на виробництві є широко вживаним інструментом оптимізації виробничих та організаційних процесів на підприємствах різних галузей господарства. Від великих виробничих підприємств до малих підприємств у сферах торгівлі або надання різноманітних послуг, що стало можливим завдяки багатьом факторам – розвитку персональних та колективних систем з обробки даних, їх сумісному використанню та швидкому обміну, розвитку інтерактивних програмних засобів як локального використання так і мережених сервісів, створенню глобальних комунікаційних систем. Але є цілі класи задач, які ще не можна вирішувати на поточному технологічному рівні. Частина цих задач, пов'язаних зі створенням інтелектуальних автоматизованих або повністю автоматичних систем (smart-home, smart-city), у сьогоденні сформувала такий потужний напрямок як Інтернет речей та Всеохоплюючий Інтернет, а деяка частина ще тільки починає розвиватись, пропонуючи нові технологічні рішення. Один з таких напрямків – технології прецизійного або «точкового» аграрництва. Технологія набула інтенсивного розвитку у США та західноєвропейських країнах, як технологія, що дозволяє вирішити цілий комплекс задач у аграрній галузі.

Передпосилками розвитку цього вже не дуже новітнього напрямку є не тільки розвиток комунікаційних та комп'ютерних засобів, але й розвиток глобальних систем супутникової навігації (ГССН) та конверсія військових технологій.

Слід відзначити, що аграрний сектор є одним з найважчих напрямів втілення систем автоматизації виробництва виходячи з кількох факторів:

- велика інерційність технологічних процесів, яка не дає змоги за необхідності швидко скоригувати прийняті рішення;
- труднощі у створенні територіально широко розгалуженої комунікаційної системи;
- велика кількість впливових факторів випадкового або важко прогнозного характеру – погодні явища, людський фактор, мінлива кон'юнктура ринку та таке інше;
- необхідність інтеграції інформації про велику кількість різноманітних об'єктів;
- різна фахова підготовка спеціалістів.

Україна, як аграрна країна, має ще й свої специфічні чинники:

- низький рівень освіти виробничого персоналу, що значно знижує рівень ефективності систем автоматизації виробничої та управлінської діяльності;
- постійне зменшення чисельності трудоспроможного робітничого персоналу;
- застаріла матеріально-технічна база більшої частини господарств, особливо малих фермерських;
- найчастіше відсутність взагалі будь-якого зв'язку чи телекомунікацій в місцях проведення сільськогосподарських робіт;
- низький рівень платоспроможності чи інвестиційної здатності приватних сільських господарств.

Та ще багато інших і не менш важливих факторів. Тому, в нашій країні новітні технології втілюють або великі господарства чи агро-холдинги, які впроваджують у виробництво готові рішення іноземного походження, або розрізнені поодинокі новатори з малого чи середнього бізнесу, які спроможні оцінити реалії сучасного світу та сприйняти основні його тенденції.

Сучасні технології управління фермерським господарством, як і взагалі виробничим процесом, вирішуються сьогодні на основі різноманітних



підходів, але мають у своїй основі системний підхід. Це дозволяє розглянути цілісний процес управління підприємством як сукупність пов'язаних функціональних задач – планування та поточний контроль у сфері фінансів та ресурсів різного типу – людських та виробничих.

Для вирішення цих задач на підприємствах розроблено кілька класів систем – MRP, ERP, CSRP, які є найбільш вживаними на сьогодні. Різноманітність полягає у сукупності вирішуваних задач, їх комплексності та рівні охоплення у часових інтервалах.

### **1.1 Напрями розвитку та втілення інформаційних технологій у аграрництві**

Аграрії, які використовують засоби обчислювальної техніки у своїх виробничих процесах найчастіше вирішують з їх допомогою задачі організаційного та фінансового управління – ведення бухгалтерського обліку, менеджмент кадрів, вирішення задач пошуку партнерів та таке подібне. Але, усе частіше, новітні технології вирішують деякі, здавалось би не пов'язані з ними безпосередньо задачі. Наприклад [], застосування квадрокоптерів для оперативного нагляду за станом агро-культур, призводить до зменшення рівня крадіжок продукції, чи зменшенню нецільового використання технічних засобів.

Не зважаючи на це, за перспективні напрямки можна вважати наступні:

- розробка та впровадження новітніх систем управління аграрним ринком країни;
- втілення нових систем комунікацій;
- системні комплекси автоматизації управління аграрним підприємством (СКАУ АП);

- розробка та впровадження персональних інтерактивних консультаційно-довідкових систем (можливо, як окрема інтегрована частина СКАУ АП);
- апаратно-програмні комплекси з автоматизації окремих виробничих аграрних процесів та операцій (КАВАП);
- інформаційні системи для освітньої діяльності з підготовки фахівців аграрної сфери.

Надалі, наведено деякі особливості окремих напрямків із зазначеного переліку. У цій монографії не наводяться матеріали, які стосуються вирішення перших двох пунктів, оскільки вони пов'язані, у першу чергу, з державними програмами та глобальними процесами, хоча деякі з питань, що є їх складовими можна і потрібно розробляти. Зупинимось на тих напрямках, які вирішують у більшості повсякденні практичні задачі.

### **1.1.1 Галузеві особливості створення системних комплексів автоматизації управління аграрним підприємством**

Сучасні технології управління фермерським господарством, як і взагалі виробничим процесом, вирішуються сьогодні на основі різноманітних підходів, але мають у своїй основі системний підхід. Це дозволяє розглянути цілісний процес управління підприємством як сукупність пов'язаних функціональних задач – планування та поточний контроль у сфері фінансів та ресурсів різного типу – людських та виробничих.

Для вирішення цих задач на підприємствах розроблено кілька класів систем – MRP, ERP, CSRP, які є найбільш вживаними на сьогодні. Різноманітність полягає у сукупності вирішуваних задач, їх комплексності та рівні охоплення у часових інтервалах.

Найпростішою з наведених є система MRP – manufacturing resource planning – система планування ресурсів виробничих процесів, а по-суті

планування фінансового забезпечення та запасів. Її основні задачі полягають у аналізі технологічного процесу з точки зору розподілення ресурсів виробництва по етапам в залежності від часу. При цьому, виділяють три види ресурсів – матеріальні, трудові та фінансові.

Основна оцінка, як за правило, наприкінці виконується у грошовому еквіваленті. У основі оцінки лежить інформація про технологічний процес у виді виробничих карт, які описують потребу у матеріалах та виробничих ресурсах (обладнання, устаткування, інструменти, фахівці та норми витрат часу) з їх оцінкою у грошовому еквіваленті з метою планування витрат на запаси матеріалів та виробництво у часі залежно від обсягів виробництва. Недоліком таких систем є відсутність поточного контролю з використання відповідних ресурсів, неможливість формування робочих графіків, їх оперативного коригування в залежності від поточного стану внутрішніх та зовнішніх впливових факторів.

Третій клас систем (CSRP) є найбільш прогресивним з точки зору організації процесів планування та управління якістю продукції, у які включають кінцевого споживача. Він обумовлює характеристики продукту, його обсяг, терміни виробництва, якість та умови постачання, гарантійне обслуговування. Урахування цих факторів у процесі виробництва робить його гнучким та орієнтованим на споживацький ринок, що підвищує конкурентоздатність підприємства та ефективність його роботи.

Порівняно з ними ERP – системи займають проміжне положення, але на сьогодні є найбільш використовуваними за цілим рядом причин.

Системи класу ERP – Enterprise Resource Planning – це системи планування ресурсів підприємства [1]. Відмінною особливістю таких систем є їх комплексний підхід з огляду на виробничі процеси, які розподіляються за напрямками діяльності підприємства – виробництво, матеріали, фінанси, трудові ресурси, транспортні та логістичні задачі, задачі управління якістю.

Усі процеси розглядаються у часі як проектні та поточні з можливістю моніторингу та оперативного управління.

Наприклад, у [2] у 1990 році аналітиком Уайлі Лі відзначається, що це є «... масштабуємі багатокористувацькі системи, які забезпечують сбалансоване управління усіма ресурсами організації, що відносяться не тільки до основної діяльності виробничого підприємства, але й поєднують засобами загальної моделі даних інформацію про виробництво, закупівлі, сбиті, фінансах та кадрах...». Розвиток комп'ютерних засобів та інформаційних систем дозволив інтенсивно впроваджувати такі комплексні рішення на виробництві, зробивши наприклад систему SAP/R3 від компанії SAP SE™ фактично стандартом у сфері управління крупним виробництвом.

Сучасні ERP-системи мають більш складну структуру [3], яку можна представити діаграмою на Рис. 4.1.



**Рисунок 1.1 - Загальна структура ERP системи.**

Але, важним фактором [4] є той факт, що для досягнення високої ефективності використання таких систем також потрібні значні ресурси та

правильний організаційно-плановий підхід, інакше можна отримати зворотній результат. У зв'язки з цим, першими користувачами таких систем ставали найкрупніші виробничі компанії у світі з різних галузей – авіації, хімічного виробництва, банкової сфери.

В Україні сьогодні використовують велику кількість подібних систем завдяки таким їх характеристикам як масштабуємість та модульність, що дозволяю створити за необхідності практично унікальну систему із індивідуальними характеристиками. Але за даними із відкритих джерел, можна виділити кілька лідерів на цьому ринку [5].

Так, за цими даними лідером ринку є система OneBox [6] від однойменного Українського виробника, який надає широкий спектр інформаційних послуг, але розробка більш позиціонується як рішення у сфері управління зв'язками з клієнтами (CRM – Customer resource management), а розширення її версії до +ERP передбачено як додатковий функціонал. Цікавим відносно цієї системи є два напрямки – втілення онлайн рішень з підтримкою IP – телефонії за допомогою компанії Київстар, та втілення на платформі компанії WebProduction спеціалізованого CRM WEB-додатку.

На 2-у місті розташувалася система від 1С, яка займає цю позицію, мабуть, більш з історичних причин та інерції на ринку, оскільки перехід на нові продукти потребує значного часу на втілення нової системи як з технічної точки зору, так і відповідно до підготовки персоналу.

Як альтернатива до 1С, розглядається IT-Enterprise [7] від Українського розробника «Інформаційні технології». Найбільш цікавим у цьому плані є «хмарна» реалізація системи з тонкими клієнтами, які встановлюють на комп'ютері клієнта. Цей продукт займає на ринку 4-е місце після MS Dynamics ERP [8].

Оскільки тенденції на ринку ERP систем більш залежать від економічного стану в країні та особливостей ведення економічної діяльності, доцільним є й аналіз цього питання відносно країн колишнього СНД. Так,

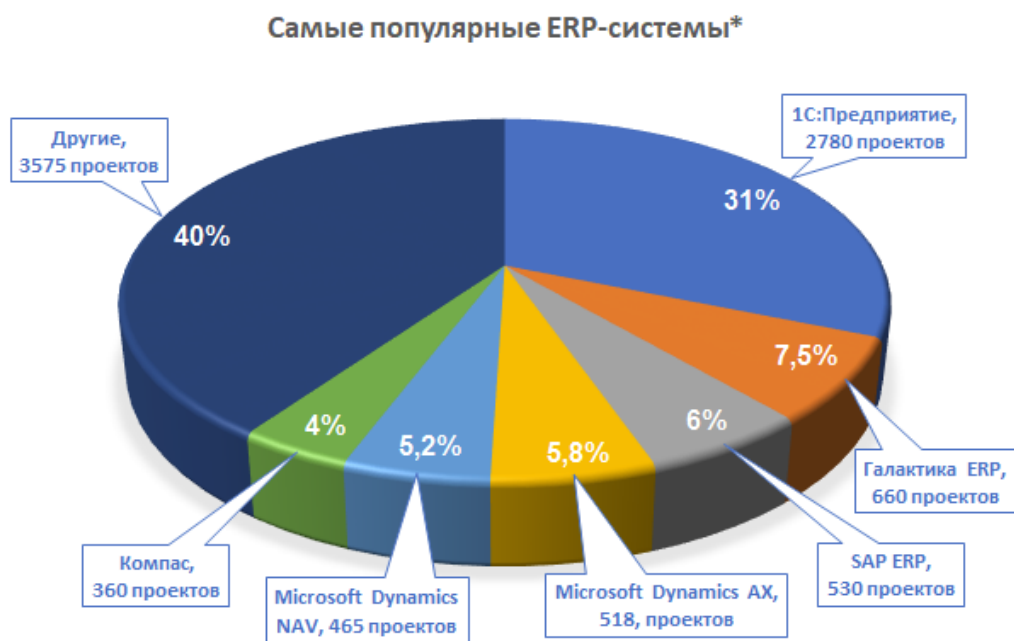
наприклад, портал компанії СофтЕксперт (Росія) наводить з посиланням на аналітичний сервіс TAdviser [9] данні за 2016 [10] (Рис. 4.2) та 2017 [11] (Рис. 4.3) роки, з якими дані з України досить корелюються.

Як видно з наведеної інформації, розподіл є досить стабільний, та провідними є рішення від 1С, Галактика, SAP та Microsoft. Незначний перерозподіл на користь Компас став можливий з інтенсифікацією переходу на імпортозаміщення у інформаційній сфері.

Важливою також є інформація про розподіл застосування систем управління підприємствами за галузями, яка наведена у тих же ресурсах, та яка вказує на те, що аграрний сектор займає малу частину цього ринку. Так, за цими даними у 2016 році для агропідприємств було втілено 55 проектів, що складає приблизно 0,68% від їх загальної кількості, входячи у групу «Інші».



**Рисунок 1.2. Розподілення Російського ринку ERP-систем у 2016р.**



\* По данным базы TAdviser за период наблюдений с 2005 г. по октябрь 2017 г.

TAdviser 2017

**Рисунок 1.3. Розподілення Російського ринку ERP-систем у 2017р.**

Аналіз інформації з відкритих джерел у Інтернеті дав кілька результатів відносно наявності інтеграторів з автоматизації систем управління підприємствами у агросфері. До них відносяться:

- ІнАгро [12];
- Інфосервіс [13]
- TQM Systems [14].

Усі рішення, які пропонують ці компанії для ведення аграрного бізнесу базуються на платформі 1С.

Слід відзначити, що рішення від ІнАгро є найбільш цільовими та системними. Так, присутні рішення як для крупних агро холдингів, так і середніх та малих господарств, але орієнтовані на ведення фінансової діяльності. Однак, слід відзначити рішення для агронома, яке дозволяє, навіть, здійснювати роботу з картами [15]. З ілюстративного матеріалу, наведеного на сайті, інтегруються у систему і використовуються карти від сервісу Google Maps.

Інший аспект, який слід відзначити у рішеннях даної компанії – можливість використання для деяких задач мобільних пристроїв.

### **1.1.2 Основні тенденції розвитку систем управління підприємством**

Основна тенденція, яку відмічають експерти – це перехід на «хмарні» та мобільні технології, які дозволяють скоротити витрати з капіталовкладень на придбання обладнання та програмного забезпечення, відсутність потреби у спеціалістах, які супроводжують систему, легкий доступ до ресурсів будь-звідки, легкість конфігурування та адміністрування системи в цілому.

Усі з найпоширеніших на сьогодні систем доступні у «хмарному» виконанні [16]:

- SAP;
- Oracle ERP Cloud;
- Microsoft Dynamics NAV;
- Microsoft Dynamics AX;
- «1С:Підприємство 8 через Інтернет»;
- IT-Enterprise Cloud — хмарна ERP, яка функціонує на платформі Windows Azure;
- КОМПАС-CLOUD — робить на дата-центрах IBM.

Інший напрям – інтеграція з технологіями старт-пристроїв:

- організація збору даних з пристроїв IoT;
- взаємодія з мобільними пристроями;
- інтеграція терміналів збору даних;
- взаємодія з «розумним» обладнанням на виробництві, з метою підтримки технологічних процесів.

Ще одна тенденція – створення та впровадження галузевих ERP, які у найбільшій мірі враховують особливості специфічних видів виробництва.



У розвитку систем управління виділяють такі основні напрямки:

- спрощення користувацьких інтерфейсів з метою надання можливості їх використання у мобільних пристроях;
- включення у систему елементів штучного інтелекту з метою оптимізації функцій виконуваних як самою системою так і супровідних процесів.

Задача, яка полягає у створенні системного комплексу автоматизації управління аграрним підприємством, незважаючи на велику кількість подібних систем, є дуже актуальною, оскільки переважна їх сукупність побудована на принципах універсальності. Тобто, такі системи охоплюють переважну більшість організаційно-технологічних питань із супроводу діяльності підприємства, але модель їх організації побудована на основі фрейм-ворку – є ядро системи управління, функціональні властивості якої дуже скорочені та полягають у створенні середовища для взаємодії інших компонентів, які відповідають за вирішення конкретних операційних задач та реалізують функції адміністрування користувачів та даних (СКБД). Так, наприклад, автоматизована система управління підприємством «1-С» [17,18] містить «платформу» та прикладні рішення.

Для вирішення прикладних задач аграрної сфери, є свої платформи від окремих інтеграторів, наприклад, від «АБІС» [19] яка коштує 117 тис. грн. та надає широкий інструментарій для ведення аграрного бізнесу.

Однак, ці задачі не у повному обсязі використовують особливості інтеграції геопросторових даних, які відіграють дуже важливу роль при веденні сільськогосподарської діяльності. Прикладом, який частково враховує ці особливості, є продукт від компанії Ін-Агро «Помощник агронома» [20], який окрім того є мобільним додатком, що відповідає загальним тенденціям розвитку інформаційних технологій [21].

Використання ГІС-функцій є частковим, бо взаємодія з GPS-приймачем здійснена тільки для отримання поточних координат, які наносяться не на картографічний фон ГІС-даних, а на зображення у форматі картинки.

Таким чином, спостерігається тенденція, описана у [19] – для вирішення окремих пов'язаних задач необхідно використовувати різні продукти.

Отже, формуючи вимоги до комплексного продукту для аграрного бізнесу потрібно, у першу чергу, дивитись на його інтереси, та за потреби створювати нові системи.

### **1.1.3 Особливості реалізації засобів автоматизації виробничих процесів та операцій**

Автоматизація окремих виробничих процесів відноситься до функціональних задач, які мають бути вирішені кінцевим виконавцем – водієм, трактористом, робітником у полі. Однією із таких задач, яка є актуальною і найпоширенішою, є виконання польових робіт – обробка ґрунтів, внесення добрив, сівба, прополка, орошення та обробка захисними засобами та подібні.

Виконання таких робіт потребує, з точки зору організації робіт на підприємстві, поєднання сукупності матеріальних та інформаційних ресурсів, однією із складових де є інформація про розташування оброблюваних об'єктів, тобто, ГІС-складова. Урахування цієї складової у операційній діяльності дає великий економічний ефект – за оцінками європейських фахівців [22,23], економія може досягати до 30%, порівняно із старими технологіями. Цей ефект досягається за рахунок обліку ресурсів, які потрібно використати на дуже малі площини – до кількох квадратних сантиметрів. Такий підхід отримав назву «Precision Agriculture» - прецизійне аграрництво

(ПА). Так, наприклад, для систем орошення, які функціонують за даним принципом, координатна сітка поділяється на комірки розміром до 30x30 см. У прецизійному тваринництві облік ресурсів ведеться з точністю до кількох метрів, а прецизійному землеробстві з використанням систем корекції ГС-позиціонування координати вимірюються з точністю до  $\pm 2,5$  см.

Зазвичай впроваджувати точне землеробство господарства починають з покупки і встановлення на польову техніку навігаційних систем глобального позиціонування (GPS), що відразу ж дозволяє економити посівний матеріал, добрива та паливо. Це найбільш доступне обладнання для більшості господарств, адже вартість базового комплекту навігатора з антеною становить \$ 1-2,5 тис. на 1 машину. Встановити GPS на трактор може собі дозволити і невелике господарство, що обробляє 100-300 га землі. В Україні можна купити GPS-системи таких виробників, як Trimble, Raven, John Deere (всі - США), Leica (Швейцарія), Topcon (Японія) [24].

GPS-датчик, встановлений на тракторі, дозволяє вирішити відразу кілька завдань. Крім поточного контролю за технікою і витратою паливно-мастильних матеріалів, сільгоспвиробник зможе точно контролювати розміри своїх оброблених угідь, адже виміри деяких полів не проводилися дуже давно.

Установка додаткового обладнання для підрулювання (автопілота) обійдеться в 10-20 тис. \$ для однієї машини.

Але, не зважаючи на такі вражаючі перспективи, реалії сучасного сільського господарювання, на жаль, не дозволяють широко впроваджувати такі рішення. Тому аграрії бачать вихід у кількох варіантах:

- придбання обладнання спільно на кілька господарств,
- оренда техніки на час проведення робіт,
- використання засобів автоматизованого (з точки зору реалізації виконавчих функцій) управління з функціями, найбільш наближеними до закордонних аналогів.

Останні два пункти мають, мабуть, більші перспективи. Шлях оренди техніки має, навіть, історичне підґрунтя – це організація спеціалізованих механізованих бригад, широко поширена як у часи СРСР, так і у сучасному бізнесі, наприклад, США. Останній з варіантів, є перспективним з огляду на його невелику собівартість для впровадження, та незалежність виробника від інших підприємців, як у першому варіанті, які є потенційними конкурентами. Інша його особливість – можливість поетапної автоматизації процесів на підприємстві.

Інший напрямок у автоматизації – створення інтелектуального обладнання, під яке підпадає дуже багато рішень, починаючи з автоматичних систем керування теплицями до «розумних» інструментів, які самостійно ведуть облік використання ресурсів, умов зберігання та експлуатації, взаємодіють з іншими подібними інструментами у технологічному ланцюгу.

Однак, створення національного високотехнологічного комплексного продукту у сфері управління аграрним підприємством з підтримкою усіх можливих технологічних рішень також є актуальною задачею, бо це пов'язано, у першу чергу з безпекою держави, її продуктовою та технологічною незалежністю. Така перспектива потребує вирішення задач у кількох напрямках – розробка та уніфікація уявлень та опису технологічних процесів, розробка стандартів інтерфейсів з взаємодії компонентів системи на її різних рівнях, розробка технічного та технологічного обладнання для підтримки автоматизованої роботи компонентів системи, розробка засобів інтеграції компонентів на фізичному та логічному рівнях, створення нових компонентів для організації взаємодії з людьми.

#### **1.1.4 Особливості використання інформаційно-комунікаційних систем**

Вплив та значущість комунікаційної складової важко переоцінити чи применшити, оскільки тільки вона дозволяє поєднати інформаційні потоки з різних джерел для створення єдиної цілісної картини, яка відповідає поточному стану господарства.

У такій системі умовно може бути виділено дві компоненти – транспортна інформаційна структура, яка за допомогою технічних засобів здійснює обмін інформацією та логічна структура, яка описує комунікаційні шляхи у бізнес-моделі аграрного підприємства. Ці обидві компоненти мають бути гнучкими інструментами та забезпечувати кілька задач, а не тільки реалізовувати безпосередній обмін даними.

Мабуть, найважливішими серед цих задач є забезпечення актуальності та адекватності отриманої інформації. Актуальність вимагає щоб інформацію було доставлено та оброблено своєчасно, а адекватність вимагає щоб ця інформація у повній мірі та точно при мінімальному обсягу ідентифікувала відповідний виробничий процес.

Такі вимоги висувають, у свою чергу, потребу у створенні високо надійних каналів зв'язку та відповідних протоколів. Історія розвитку комунікаційних систем та аналіз організації такої розгалуженої системи як Інтернет, указує на необхідність використання наступних шляхів:

- використання на різних ділянках різних типів обладнання та систем;
- організація резервування та дублювання ліній зв'язку;
- використання розподіленої обробки інформації;
- накопичення та журналювання даних, операцій та дій;
- організація захисту інформації та каналів зв'язку.

Такі підходи також обумовлені різноманіттям процедур обробки інформації та даних у часі – для прецизійного землеробства – це задача жорсткого реального часу, планування сівообігу – моделі розвитку подій у часі, інформація на рівні середньої ланки керівництва – задачі м'якого реального часу.

Крім того, для організації збору та обробки розгалужених даних у залежності від умов використовують різноманітні технології – від найдешевшого мобільного зв'язку, до досить дорогого у стандарті ZigBee.

На нашу думку, навіть у каналі «Керівник - Виконавець» потрібно використовувати подібні рішення – окрім телефонного зв'язку, дублювання у вигляді СМС або якихось інших повідомлень.

## **1.2 Особливості використання геоінформаційних систем в агарній сфері**

У світовій спільноті піонером та батьком геоінформаційних систем вважають Роджера Томлінсона [25], який на початку 60-х років минулого сторіччя розробив концепцію та технологію зі збору, управління та використання географічних даних на основі комп'ютерних засобів.

Логічним продовженням ідей Роджера Томлісона стало створення Канадської Геоінформаційної системи (CGIS) у період між 60 та 70 роками. Основна задача яка вирішувалась цією системою – ефективне управління та підтримка замлеворядження та використання земельних ресурсів. Так система, яка була тільки прототипом ГІС, дозволила Канадським землепорядникам скоротити термін вирішення поставлених задач до кількох тижнів та затрати з 8 мільйонів доларів до 2-х мільйонів. Слід зазначити, що CGIS працювала до кінця 80-х років та була замінена тільки на початку 90-х.

Сьогодні, ГІС пройшовши шлях від «настольних» систем до хмарних сервісів, вже є невід'ємною частиною глобальної економіки та базою для її

подальшого розвитку у напрямку інтелектуалізації процесів обробки просторових даних – SMART-міста, SMART-будівлі, виробництва та таке інше. У зв'язку з цим, прийнято вважати, що подальші напрямки розвитку будуть лежати у напрямках залучення технологій BigData, розширенні хмарних технологій та реалізації на їх основі WEB-сервісів, інтенсифікації розвитку технологій геопросторового аналізу та перехід до систем реального часу. Ці напрямки можна вважати технологічними за їх спрямованістю. Також окремо виділяють гуманітарну спрямованість – соціалізацію отриманих геопросторових даних за рахунок вільного доступу та широкого розповсюдження, створення спеціалізованих сервісів для полегшення розв'язання людиною повсякденних задач – пошук безпечного шляху для людей з обмеженими можливостями, планування маршруту на роботу та з неї, формування соціальних запитів до державних органів та органів самоврядування громад.

Але на ГІС покладають задачі обробки тільки даних, які відносяться до географічних, точніше, [26] вони використовують ці дані як ключові, хоча з точки зору організації системи обробки даних, не дуже відрізняється від інших інформаційних та керуючих систем. Логіка роботи таких систем та їх базовий функціональний склад не дуже відрізняється від першої CGIS. Основні задачі, які повинна вирішувати така система полягають у зборі, зберіганні та представленні просторової інформації. У більшій деталізації ці процеси розподіляються на більш специфічні:

- введення просторових даних (data capture) – виконується у декілька етапів відповідних до джерела – фотозйомка реальної місцевості, дистанційне зондування, сканування карт, отримання даних з сенсорів положення і таке інше;
- перетворення даних у формат, прийнятий до їх зберігання у системі – перетворення систем координат, проекцій, векторизація;

- представлення інформації можна розділити на два класи – візуалізація просторових даних у формі багат шарових електронних карт та задачі аналізу та виводу інформації, яка не є за своєю природою географічною, але може мати географічні атрибути.

Вирішення цих задач, з організаційної точки зору, йде двома шляхами – створенням систем з «відкритим» та «закритим» кодом. Переваги та недоліки цих двох підходів є відносними, оскільки їх потрібно розглядати відносно вирішуваних задач та сфер використання. Більш важливими є операційно-функціональна організація, яка передбачає типи рішень [17,28], які вже було згадано вище – це «настольні» (desktop) системи та бібліотеки інструментів, серверні рішення та організація сервісів. Не зважаючи на те, що такі технологічні підходи реалізовано у вільно-розповсюджене програмне забезпечення [19] та розробках з «відкритим» кодом, усі ці варіанти реалізації існують і у комерційних розробках.

Структура сфер діяльності, де використовують ГІС [29] поки що є досить статичною. Тут переважають сфери, де ГІС використовують як базу систем моніторингу, локації з невеликою розподільчою здатністю, або аналізу даних, хоча є сфери, які є дуже наближеними до проблемної області. У першу чергу це транспорт та галузі, пов'язані з використанням земельних ресурсів – аграрне та лісове господарство. Так, аграрний сектор споживає лише 5% від усіх ГІС систем. Для України ця статистика є ще більш гірша за цілим рядом факторів, але має великі перспективи, особливо з точки зору розвитку прецизійного землеробства. Ця сфера має кілька важливих особливостей, які поки що стримують впровадження технологій ГІС для вирішення її задач. Більш детально, ці особливості полягають в наступному:

- задачі прецизійного землеробства у значній мірі є задачами реального часу;



- розподільча здатність при виконанні польових робіт дорівнює одиницям та десятим сантиметрів;
- аграрні роботи характеризуються поняттям «сівообігу», який є специфічним довготривалим процесом та який залежить від факторів, що є погано формалізованими – стан довкілля, погода, температурні режими, які важко передбачити навіть на короткий строк, на кажучи про кілька років, в які вкладається сівообіг.

У випадку з системами управління аграрними підприємствами, вочевидь, бізнес модель відповідає за питання оптимізації економічної діяльності, тобто включає усі сфери, притаманні MRP- чи ERP-системам. При цьому, підсистеми пов'язані із вирішенням логістичних задач можуть бути реалізовані на основі ГІС-компонентів.

Особливість організації технологічного процесу в деяких виробничих аграрних задачах пов'язані із зміною розташування об'єктів у просторі та складаються із декількох взаємопов'язаних етапів:

- визначення поточних координат рухомих технологічних об'єктів (сівалка, комбайн, трактор);
- визначення маршруту та параметрів руху для зміни положення об'єктів у просторі;
- контроль за поточним станом у процесі пересування об'єкту;
- виконання технологічної задачі у точці призначення.

### **1.3 Особливості використання систем управління в аграрних господарствах**

Специфікою функціонування аграрного підприємства є використання ресурсів особливого виду, які в тій чи іншій мірі пов'язані з розосередженим розташуванням на сільськогосподарських територіях. Через ці ресурси усі

показники господарчої діяльності також можуть бути розподілені за територіальними ознаками.

До основних видів ресурсів, які можуть ознаку розташування слід віднести:

- безпосередньо земельні ділянки;
- транспортні засоби, які повинні виконувати визначені технологічні операції на визначеній території;
- кадрові ресурси, які повинні виконувати визначені роботи на визначених об'єктах у заданий час.

Територіальна розгалуженість відіграє також значну роль у впливі на час виконання інформаційного обміну:

- є території, на яких зв'язку немає взагалі і потрібен час для переміщення у зону зв'язку;
- людина, яка знаходиться у полі, чи одноманітній місцевості, не може точно визначити своє місце розташування для того, щоб інші співробітники могли адекватно сприймати поточний стан на підприємстві;
- за тих же причин, людина витрачає більше часу для переміщення у потрібну точку розташування для виконання робіт.

Ці проблеми є базовими і крім них є багато інших. Таким чином, фактор розташування відіграє значну роль у процесі організації роботи аграрного підприємства, та вимагає присутності у оброблюваній інформації географічних даних, а у системі управління підприємством – геоінформаційної системи.

У разі виникнення якихось екстрених ситуацій, пов'язаних з необхідністю перерозподілу ресурсів, наявність гео-просторової інформації дозволяє швидко ідентифікувати їх потрібні обсяги та шляхи доставки.

#### **1.4 Концепція системи управління малим фермерським господарством на основі ГІС-технологій**

З огляду на зазначені вище матеріали, у основу функціонування автоматизованої інформаційно-управляючої системи фермерського господарства можуть бути закладені положення, надані нижче.

Система має виконувати усі функції щонайменше ERP-системи, щоб бути у максимальному ступені функціональною. Враховуючи сучасні тенденції, та особливості організації сільськогосподарських робіт, потрібно орієнтуватися на множину «робочих місць», реалізованих на основі мобільних додатків та на основі мережевих технологій, наприклад, SaaS.

Система має бути побудована як фреймворк з нарощуваною модульною структурою відповідно до вирішуваних задач.

В якості ядра системи управління раціонально використовувати технології ГІС-систем, оскільки майже вся інформація про стан сільськогосподарського підприємства характеризується просторовою прив'язкою або безпосередньо, або опосередковано. Виходячи з цього, якщо використовувати у якості ядра ГІС-систему безпосередньо, а не розділяти інформаційні потоки на дві складові та, відповідно, обробляти їх окремими підсистемами, оперативність обробки та функціональні характеристики можна покращити.

Маніпулюючи географічними даними, система має вирішувати задачі ідентифікації розташування об'єктів у просторі, координації їх взаємодії, надавати навігаційну інформацію, виконувати просторово-облікові функції при виконанні технологічних та допоміжних операцій, надавати просторово-довідникову інформацію.

З метою вирішення задач підтримки прийняття рішень фахівцями, які взаємодіють із системою, та побудови сценаріїв виконання робіт та операцій,

побудови прогнозової інформації, система має містити відповідні моделі та супровідні дані, а також інтерфейсні засоби взаємодії з цими моделями.

Для того, щоб наблизитись у максимальному ступеню до рівня задач «Прецизійного землеробства», за умови використання людини як основного «виконавчого елементу», система має вирішувати задачі генерації та візуалізації «підказок» для фахівця відповідного рівня у системі при виконанні визначених функцій чи технологічних операцій та фіксувати ступень їх виконання для аналізу ефективності виробничих та організаційних процесів.

Канали зв'язку мають бути резервованими як логічно так і фізично, забезпечувати цілісність та достовірність даних, за призначенням мати різні рівні пріоритетів та доступу до ресурсів системи.

Система має бути комунікаційною платформою підприємства, яка забезпечує надійний обмін даними по технологічним операціям та організаційним і управлінським рішенням.

Враховуючи фактори застосування обчислювальних та комунікаційних пристроїв у різноманітних задачах, апаратна та програмна платформа має бути гнучкою та різноманітною, починаючи з автоматичних безтермінальних контролерів, вбудованих у спеціалізоване агротехнічне обладнання та закінчуючи стаціонарними робочими місцями оператора системи. Але бажано, щоб ядро обчислювальної системи було уніфікованим для усієї лінійки пристроїв, а модифікація здійснювалась на основі типових рішень.

Що до особливостей використання технології РА у середніх та малих господарствах України, то вони обумовлені соціальним та економічним станом у державі. Так, опит роботи у рамках госпрозрахункових робіт Національного університету біоресурсів і природокористування України та Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАНУ з фермерськими господарствами вказує на те, що на сьогоденному етапі втілення РА у малих

та середніх фермерських господарствах направлений на вирішення не всіх задач, які притаманні цій технології, а тільки деяких з них, або використання їх як системи підтримки прийняття рішень. Так, наприклад, цікавлять такі інструменти, що допомагають вирішити наступні задачі:

- надають інформацію про якість ґрунтів та їх плодючість, розподіл геодезичних горизонтів на ділянках,
- організувати сівообіг на ділянках,
- визначити розташування ділянок та паїв,
- організувати оптимальну логістичну інфраструктуру у межах господарства,
- здійснювати оперативний моніторинг рухомих об'єктів та облік їх роботи;
- здійснювати оперативну інформаційну підтримку для операторів на рухомих об'єктах;
- здійснювати моніторинг стану ділянок на поточний час – де та які роботи виконано, чи виконуються, які технологічні операції передбачено до виконання, які ресурси потрібні для їх виконання та таке інше;
- організація ефективної комунікаційної системи господарства що дозволяє не тільки отримувати інформацію, але й здійснювати зворотній зв'язок.

Як видно, поки що не йдеться про організацію автоматичної роботи системи, хоча у перспективі такі задачі виникнуть. Але це дає можливість розробки елементів системи та їх попередньої оцінки з можливості використання у вітчизняних системах РА.

Якщо розглянути задачі, що перераховано вище та які визначають найбільш актуальні проблеми сучасних фермерських господарств України, можна щонайперше, виокремити специфічні функціональні задачі та визначити перелік автоматизованих робочих місць, які повинні бути присутні

у складі системи автоматизованого управління фермерським господарством. Звісно, що це повний набір АРМ-ів з ведення бухгалтерського обліку та управління кадрами, специфіка яких майже не змінюється, але задачі управління технологічними процесами аграрного виробництва, планування, логістики та таке інше, потребують введення до їх складу геоінформаційної компоненти та задач аналітики на їх основі, а також додаткових комунікаційних функцій.

Аналіз задач, які вирішуються у РА вказує на наявність у системі що найменше трьох типів пристроїв:

- стаціонарні центри обробки даних;
- стаціонарні робочі станції;
- мобільні технологічні пристрої.

Перші два типи більш налаштовані на виконання загальних задач управління підприємством, а останній – на вирішення технологічних задач та збору первинної управлінської інформації.

## **1.5 Перелік використаних джерел до глави 1**

1. [Електроний документ] ERP [URL:] <https://ru.wikipedia.org/wiki/ERP> (дата звернення 12.01.2018)
2. Wylie, Lee A Vision of Next Generation MRP II (англ.) // Gartner Scenario. — 1990. — Vol. S-300-339.
3. [Електроний документ] ERP Introduction. [URL:] <https://www.ehapi.com/ae/erp-software-dubai/> (дата звернення 12.01.2018)
4. [Електроний документ] Что такое ERP система и для чего она нужна? [URL:] [http://www.sitis.com.ua/about/articles/chto\\_takoe\\_erp\\_sistema\\_i\\_dly\\_a\\_chego\\_ona\\_nuzhna/](http://www.sitis.com.ua/about/articles/chto_takoe_erp_sistema_i_dly_a_chego_ona_nuzhna/) (дата звернення 12.01.2018)
5. [Електроний документ] Топ 10 ERP систем для Украины [URL:] <http://www.livebusiness.com.ua/tools/erp/> (дата звернення 12.01.2018)

6. [Електроний документ] Новости и озоры OneBox [URL:] <http://www.livebusiness.com.ua/tool/3/> (дата звернення 12.01.2018)
7. [Електроний документ] ERP-СИСТЕМА IT-ENTERPRISE [URL:] <http://www.it.ua/products.php?cat=61> (дата звернення 19.01.2018)
8. [Електроний документ] Программное обеспечение Microsoft Finance and Operations | Microsoft Dynamics 365 [URL:] <http://www.microsoft.com/ru-ru/dynamics/erp.aspx> (дата звернення 19.01.2018)
9. [Електроний ресурс] Офіційний сайт аналітичного порталу TAdviser [URL:] <http://www.tadviser.ru/> (дата звернення 19.01.2018)
10. [Електроний документ] Обзор современного рынка ERP-систем [URL:] <http://www.sfx-tula.ru/news/infoblog/8191/> (дата звернення 19.01.2018)
11. [Електроний документ] Обзор российского рынка ERP 2017 [URL:] <http://www.sfx-tula.ru/news/infoblog/8971/> (дата звернення 19.01.2018)
12. [Електроний документ] Автоматизация сельского хозяйства [URL:] <http://inagro.com.ua/programmy/apk/> (дата звернення 15.02.2018)
13. [Електроний документ] [URL:] [http://infoservis.kiev.ua/info1c/automation\\_of\\_agriculture.php](http://infoservis.kiev.ua/info1c/automation_of_agriculture.php) (дата звернення 15.02.2018)
14. [Електроний ресурс] Офіційний сайт TQM Systems [URL:] <http://tqm.com.ua/> (дата звернення 16.01.2018)
15. [Електроний документ] ИН-АГРО: Помощник агронома + картография [URL:] <http://ukrapk.com.ua/programs/apk/programs/item/110-agronom-kartograf> (дата звернення 16.01.2018)
16. [Електроний документ] Становление рынка облачных ERP в России [URL:] <http://www.sfx-tula.ru/news/infoblog/8198/> (дата звернення 16.01.2018)
17. <http://www.abissoft.com/soft/industry/management-of-agricultural-enterprises-in-Ukraine/> 1С:Підприємство 8. Управління сільськогосподарським підприємством для України.
18. <http://1c.ua/ua/v8/index.php> - Огляд системи 1С:Підприємство 8

19. <http://agroportal.ua/ru/publishing/intervyu/primer-kernel-ili-kak-innovatsii-kardinalno-menyayut-selskoe-khozyaistvo/> - Пример Кернел, или Как инновации кардинально меняют сельское хозяйство
20. <http://ukrapk.com.ua/programs/apk/programs/item/53-agronom>  
ИН-АГРО: Помощник агронома
21. <http://agroportal.ua/publishing/analitika/smartfon-vam-v-pole/> Агропортал. Аналитика. Смартфон вам в поле.
22. Точное земледелие (Precision Agriculture) // Агрофизпродукт Режим доступа: [http://www.agrophys.com/Agrophys\\_files/Preagro/preagro.html](http://www.agrophys.com/Agrophys_files/Preagro/preagro.html) - Дата доступа: 12.05.2017
23. Точное земледелие – ресурсосберегающее земледелие Режим доступа: <http://kas32.com/post/view/21> - Дата доступа: 12.05.2017
24. Евгений Шаповал. Точное земледелие в Украине //Агростой Режим доступа: <http://agrobuiding.com/agro/technology/precision-agriculture> - Дата доступа: 13.05.2017
25. [Электроний документ] Roger Tomlinson [URL:] <http://ucgis.org/ucgis-fellow/roger-tomlinson> (дата звернення 12.02.2018)
26. [Электроний документ] Геоінформаційні системи [URL:] [https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system) (дата звернення 12.01.2018)
27. [Электроний документ] [file:///fosgismap\\_sstein\\_v9\\_web.pdf](file:///fosgismap_sstein_v9_web.pdf)
28. Матеріали тренінгу «Забезпечення трансферу космічних технологій спостереження Землі в реальний сектор економіки. Створення промислових технологій оброблення даних. Створення українського сегменту GEO-UA міжнародної системи GEOSS» 15-16 грудня 2016р.
29. Програмное обеспечение для цифровой картографии и землеустройства Digitalis ООО «Аналитика» [Электроний ресурс] URL: <http://www.vinmap.net/?act=index> (дата звернення 20.02.2018)



## **2 МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ**

В рамках роботи розглядаються тільки деякі з компонентів, розробка та реалізація яких дозволяє почати їх експлуатацію відразу, не очікуючи реалізації ядра системи з яким вони мають взаємодіяти.

Роботи проводяться у кількох напрямках:

- розробка компонентів для отримання, реєстрації та візуалізації геоінформаційної та навігаційної інформації;
- розробка компонентів інформаційно-комунікаційної мережі;
- початок розробки компонентів ядра системи.

Як відмічалось у вступній частині, ці роботи виконано у рамках науково-дослідних робіт за господарсько-розрахунковою темою на базі кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного університету біоресурсів і природокористування України. Однією із задач цих робіт було, також, з'ясувати базові та мінімальні вимоги до використання відповідних програмних та технічних засобів. Тому для побудови було використано найпоширенішу платформу Arduino, яка має широку базу сенсорів, виконавчих та інтерфейсних елементів.

Оскільки роботи виконувалися також і з навчальною метою, прийняті рішення були направлені на використання у максимальному ступені типових схем та елементів, що має у кінцевому разі зменшити витрати на розробку нестандартних та унікальних приладів, програм та систем.

### **2.1 Основи та засади побудови інформаційно-комунікаційного середовища СКАУ АП**

Актуальність робіт у цьому напрямку витікає з тих посилань, що малі та середні сільські господарства за своєю чисельністю складають переважну

більшість, хоча мають велику територіальну розгалуженість та, як слідство, низький рівень оперативного контролю та управління. Відповідно, основною задачею робіт є зменшення часу в процесі обміну інформацією при виникненні ситуацій, потребуючих управлінських рішень, шляхом дослідження і розробки двосторонньої інформаційно-комунікаційного середовища системи фермерського господарства.

Метою робіт за даним напрямком є розробка принципів організації та структури комунікаційної підсистеми для автоматизації задач оперативного управління фермерським господарством на основі стандартних сервісів та технічних засобів з метою зменшення часу вироблення управляючих рішень та підвищення ефективності оперативного управління.

Об'єктом дослідження є організація процесу оперативної інформаційної взаємодії між співробітниками фермерського господарства, а предметом - розробка методів та технічних і програмних засобів забезпечення оперативної інформаційної взаємодії між співробітниками ланок різного рівня.

Труднощі з втілення таких систем у малих господарствах полягають в тому, що їх доходи є досить незначними для того, щоб вкладати значні кошти у сферу розвитку інфраструктури та слабо розвинене телекомунікаційне середовище. Так, за оцінками фахівців, зони покриття у стандарті 3G складають від 15 до 25 відсотків території України.

В структурі системи управління підприємством, ядро системи вирішує задачі з реалізації бізнес-логіки роботи системи, управління потоками інформації, її реєстрації, та зберігання, а основні функції, які підлягають реалізації, це:

- отримання інформації від її джерела;
- реєстрація параметрів, які характеризують інформаційне повідомлення та стан джерела;
- доставка інформації до отримувача;

- реєстрація параметрів, які характеризують стан отримувача;
- реєстрація параметрів обміну інформацією.

Як було відмічено, особливістю роботи аграрних господарств є їх територіальна розгалуженість, що призводить до необхідності урахування місця розташування об'єктів, які підлягають контролю чи управлінню. Такі задачі характерні для Геоінформаційних систем. Відповідно до цього, у роботі розглянуто можливість використання у якості системи зберігання інформації та даних ГІС-системи, в структурі якої присутні система управління гео-даними та СУБД.

З метою зменшення витрат на комунікаційну складову, було поставлено задачу використання системи динамічної IP адресації для рухомих складових системи, що зробило необхідним введення додаткової інформації для логічної ідентифікації об'єктів.

Типовий канал зв'язку у такому разі виглядає наступним чином (плакат 8). Така організація системи є найбільш гнучкою, та вимагає фіксованих IP адрес тільки для компонентів які входять до складу ядра системи управління.

У якості кінцевого обладнання, яке розташовано на об'єкті, можна використовувати як спеціалізовані вбудовані комп'ютерні засоби на основі рішення System on a Chip, так і стандартні – смартфони чи планшети з встановленими спеціалізованими додатками чи стандартними WEB-броузерами.

Логіка роботи комунікаційної підсистеми у системі управління підприємством розуміє потребу реєстрації подій з виникнення та доставки інформації від відповідного об'єкту чи суб'єкту до іншого відповідного об'єкта чи суб'єкта.

У ієрархії підприємства співробітники займають різні посади, від керівних до виконавчих, та відносяться до різних підрозділів. Ця структура визначає хто кому підпорядкований та чий накази повинен виконувати, а

також кому повинен доповідати про виконання чи невиконання розпоряджень та наказів.

Для реалізації системи пропонується будувати її на основі клієнт-серверних технологій з WEB-сервером або на базі мережевого сервісу з метою уніфікації доступу та інтерфейсів з віддаленим доступом на основі динамічної генерації контенту.

Використання стандартних засобів на основі WEB-серверів не потребує додаткових витрат на спеціалізовані засоби та може використовувати захищені канали зв'язку на основі протоколу SSL.

Реалізація обміну даними з використанням стандартних смартфонів чи планшетів взагалі не потребує розробки якихось додаткових засобів.

Обмін даними за протоколом http будується, як звісно на механізмі обміну повідомленнями типу «запит»-«відповідь». Для передачі даних від клієнтської частини використовують механізми GET або POST запитів, які надсилають данні у формі «параметр=значення», які формуються на основі форм, в яких імена тегів для введення інформації визначають імена параметрів, а введенні данні визначають значення. WEB-сервер, прийнявши запит, на основі отриманих даних генерує та передає клієнту відповідь у виді потоку символічних даних, які формують html-сторінку, яка візуалізується на екрані

Реалізація клієнтської частини для мікроконтролерних систем також має багато реалізацій, але додатково потрібно розробити програмне забезпечення парсеру, який приймаючи сгенерований WEB-сервером потік буде шукати теги з визначеним ідентифікатором чи класом, наприклад, тег абзацу класу "message". Отримавши такий тег, програмне забезпечення у клієнта повинно проаналізувати його тип, наприклад на основі id тегу, значення якого відповідатиме типу повідомлення у БД ядра системи управління підприємством, виділити інформацію та вивести її відповідним чином користувачу.

Такий механізм не потребує складного механізму обробки даних, як от json чи інші, але виконує усі потрібні функції з обміну даними. Реєстрація повідомлень виконується серверною частиною, яка збирає повідомлення для клієнтів у проміжки часу між сеансами зв'язку, виконує процес ідентифікації користувача при підключенні до системи, передає йому накопичені повідомлення та приймає повідомлення від нього.

## **2.2 Аналіз зовнішніх факторів впливу до вибору апаратних засобів**

Аналіз зазначених факторів указує на наступні можливі рішення:

- наявність вібрації вимагає конструктивних рішень, які полягають в тому, що конструкція повинна бути невеликих розмірів, жорсткою та з мінімально можливою кількістю механічних з'єднань та контактів;
- вплив пилу та вологи вказує на необхідність конструкції майже закритої, без великих отворів;
- попередній фактор та великий температурний діапазон вказує на необхідність використання інтегральних схем у промисловому виконанні;
- коливання напруги у системі живлення вказують на потребу додаткових стабілізаторів напруги та току.

Крім того, враховуючи що обладнання повинно знаходитися у кабіні, яка є металевим екраном для електромагнітних випромінювань, потрібно використовувати зовнішні антени для приймачів GSM та GPS.

Перераховані фактори указують, також, на те що у системі недоцільно використовувати механічні типи засобів вводу інформації, які основані на сенсорах контактного типу, оскільки спеціальні клавіатури значно удорожчають систему, а сенсори широкого вжитку не розраховані на жорсткі

умови експлуатації, що призведе до їх скорого виходу з ладу та до виникнення хибних сигналів у системі.

Крім того, функціональна реалізація у вигляді окремого пристрою для засобів вводу даних веде до потреби збільшення кількості периферійних контролерів та збільшенню кількості з'єднувачів.

З огляду на ці фактори, раціональним є використання систем введення даних, які функціонують за сенсорним принципом та бажано їх фізичне поєднання з іншими пристроями. До таких рішень відноситься використання екранів з функціями сенсорного вводу. Окрім цього, такі екрани можуть використовувати для обміну даними з обчислювальним ядром системи послідовні інтерфейси, що зменшує кількість дротів у системі та кількість використовуваних фізичних контактів.

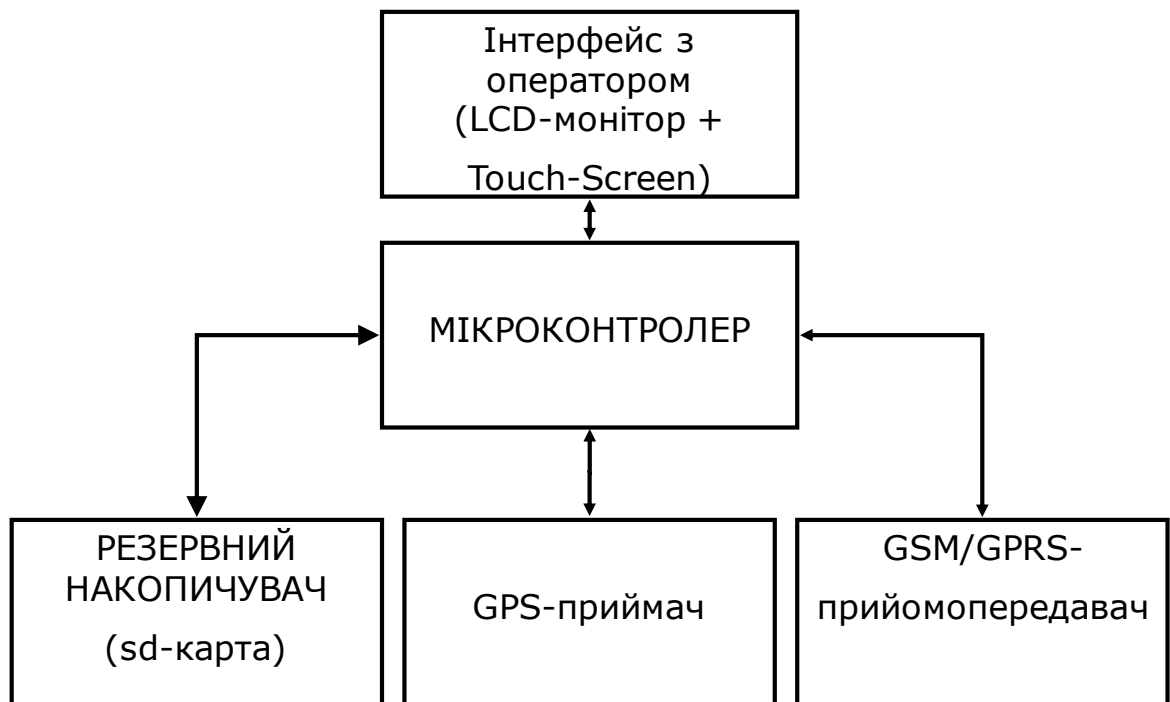
У якості прототипу фізичного пристрою для реалізації як функцій введення інформації, так і функцій її відображення пропонується використати НМІ (Human Machine Interface) панель Nextion з 5-ти дюймовим екраном, виконаним за технологією TFT LCD та підтримкою функції touch screen. Особливістю цього пристрою є вбудований контролер для управління монітором та його з'єднання з обчислювальною системою послідовним інтерфейсом у стандарті UART (RS-232 з рівнями сигналів TTL).

### **2.3 Структура технічних засобів інформаційно-комунікаційного середовища**

Процес обміну даними потребує реалізації з двох елементів – програмного забезпечення, яке виконує функції з обробки даних та управління логікою процесів, та апаратного забезпечення, найважливішою з функцій якого є створення лінії фізичного зв'язку.

Вочевидь, що використання типових рішень та найпоширенішого обладнання зменшує витрати на процес розробки та експлуатації кінцевого продукту.

Для реалізації прототипу системи було запропоновано структуру, наведену на рис.2.1.



**Рисунок 2.1 - Структура макету системи**

У наведеній структурі усі компоненти для побудови прототипу можуть бути взяті готовими модулями (шилдами) з номенклатури яку пропонують фірми-постачальники.

### **2.3.1 Класифікація та системи каналів зв'язку**

За своєю природою [1] канали зв'язку можна розділити на кабельні, ультразвукові, інфрачервоні та радіолінії (рис.2.2).

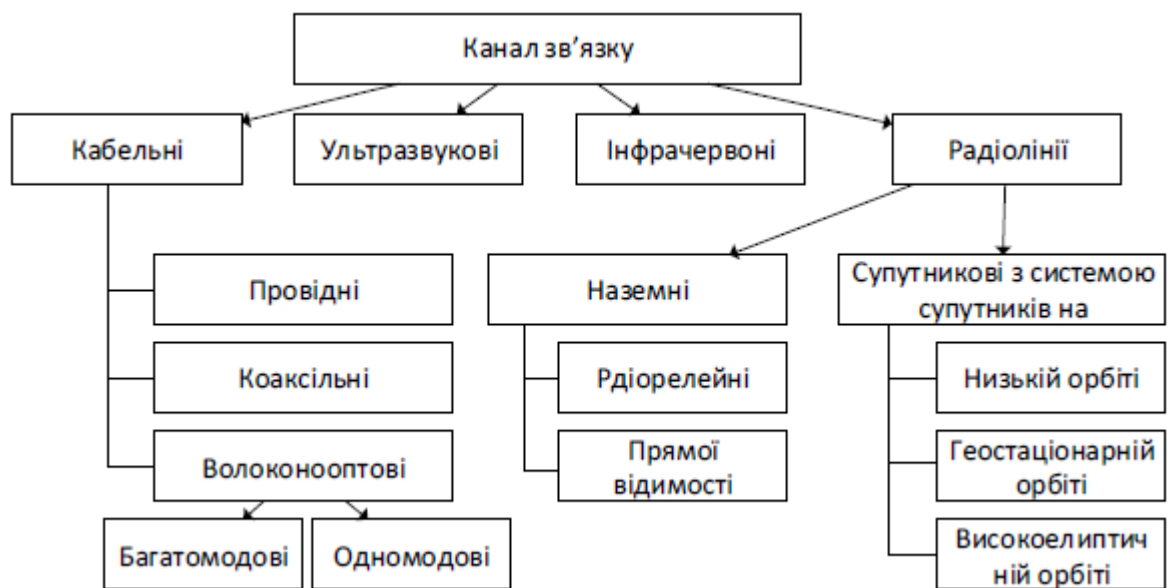


Рисунок 2.2. Системи класифікації каналів зв'язку

У кабельних каналах зв'язку інформація передається за допомогою провідного середовища. Основною перевагою є надійність сигналу. Недоліком же є те, що їх використання обмежено стаціонарними об'єктами.

Ультразвукові та інфрачервоні хоча і відносяться до бездротових, але дистанція їх ефективної дії вкрай мала.

Виходячи з особливих вимог аграрництва, а саме використання в умовах мобільності та значного радіусу дії систем, подальший розгляд цих категорій немає сенсу.

Щодо каналу зв'язку на основі радіоліній – швидкість передачі інформації не значна відносно вище вказаних, сила сигналу також залежить від електромагнітної перешкоди, але можливість застосування у мобільних умовах та великий радіус дії роблять їх роль у створенні системи актуальною.

Найбільшої популярності [2] з усіх безпроводних технологій у сфері IoT набрали Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, WiMax, LPWAN, мобільний зв'язок.



## Особливості використання технології Wi-Fi

Wi-Fi [2] – це набір стандартів бездротового зв'язку IEEE 802.11, який можна використовувати для побудови бездротової локальної обчислювальної мережі предметів WLAN на основі стека TCP / IP. Стек протоколів стандарту IEEE 802.11 складається з фізичного рівня PHY і канального рівня з подуровнями управління доступом до середовища MAC і логічної передачі даних LLC. Протоколи IEEE 802.11 (Wi-Fi) відносяться до рівня мережевих інтерфейсів в стеці TCP / IP.

Пристрої покривають десятки метрів та використовують неліцензовані діапазони частот, забезпечуючи доступ до мережі. Зазвичай вони використовуються для організації доступу до власної локальної мережі, яка не завжди буде підключена до Інтернету.

Переваги:

Не потребує прокладки кабелю, що зменшує вартість розгортання та розширення мережі. Місця з особливими вимогами, наприклад, поза приміщеннями або в будівлях, які мають велику історичну цінність, можуть використовувати технології бездротових мереж.

Реалізує доступ мобільних пристроїв у мережу.

Wi-Fi пристрої широко розповсюджені на ринку та сумісні сні з іншим обладнанням завдяки обов'язковій сертифікації обладнання з логотипом Wi-Fi.

Мобільність. Ви більше не прив'язані до одного місця і можете користуватися Інтернетом в комфортній для вас обстановці.

В межах Wi-Fi зони в мережу Інтернет можуть виходити кілька користувачів з комп'ютерів, ноутбуків, телефонів і т. Д.

Випромінювання від Wi-Fi має рівень в момент передачі даних в 10 разів менше, ніж у стільникового телефону.

Недоліки:

В діапазоні 2,4 GHz працює велика кількість пристроїв, наприклад, його підтримують Bluetooth і ін. Навіть битові мікрохвильові печі, що значно погіршує електромагнітну сумісність.

Незначний радіус дії не дозволяє організовувати комунікацію з віддаленими більш ніж на 100 метрів пристроями, що не задовольняю використанню у проектуванні системи точного землеробства.

### **Особливості використання технології BLE**

Нова версія стандарту Bluetooth low energy [1], призначена для побудови бездротових мереж типу Smart Home.

Новий стандарт Bluetooth Mesh з комірчастою топологією впроваджений у кінці 2016 р. Стек комунікаційних протоколів Bluetooth LE 4.2 підтримує мережевий протокол IPv6 over BLUETOOTH Low Energy або 6LoWPAN, протоколи транспортного (UDP, TCP) і прикладного (COAP і MQTT) рівнів.

Версія BLE 4.2 забезпечує мінімальне енергоспоживання обладнання і вихід в IP-мережі. Нижні рівні MAC і PHY стека Bluetooth LE Stack: Bluetooth LE Link Layer і Bluetooth LE Physical. Для забезпечення взаємодії мереж (BLE 4.2 і Internet) на мережевому рівні (6LoWPAN з IPv6) і прикладному рівні стека протоколів (CoAP з HTTP), мережа BLE 4.2 може бути підключена до мережі Інтернет через Border routers і CoAP-to -HTTP Проху відповідно.

Радіус роботи, який задекларовано, не перевищує 100 м. В реальності не варто очікувати на безпечній відстані 10-20 м. Такого радіусу недостатньо для ефективного застосування у аграрних системах обміну даними.

## Особливості використання технології ZigBee

Zig-Bee [3] – це одна з найбільш поширених технологій для побудови бездротових мереж IoT (відкритий стандарт ZigBee). Мережа ZigBee з комірчастою топологією (mesh - мережа) має свій стек комунікаційних протоколів IEEE 802.15.4/Zigbee, який не підтримує міжмережевий протокол IP. Обчислювальна мережа предметів на основі стека ZigBee, для взаємодії із зовнішніми пристроями, розташованими в IP-мережі, підключена до мережі Інтернет через спеціалізований IP шлюз Gateway ZigBee. В даний час створено новий стандарт ZigBee IPv6.

Мережі, створені на основі нового стандарт Zigbee IPv6, можуть бути підключені до IP-мережі через роутер, а не спеціалізований шлюз. Шлюз Gateway ZigBee здійснює переупаковку даних з одного формату в інший і забезпечує межсетевое взаємодія між мережами на основі різнорідних технологій MQTT / ZigBee - HTTP / TCP / IP. Технологія ZigBee використовується як стандарт для автоматичного збору свідчень лічильників електроенергії абонентів і передачі їх на сервери операторів зв'язку (автономні сайти), або на IoT Hubs Cloud.

Пристрої ZigBee є наступних типів:

ZC - Координатор ZigBee — відповідає за формування топології мережі. Може встановлювати мости з іншими мережами. У мережі ZigBee може бути тільки один координатор;

Маршрутизатор ZigBee (ZR) — проміжна ланка, що передає дані у потрібному напрямку;

Кінцевий пристрій ZigBee (ZED) — комунікує з вузлом вищого рівня, але не може вести обмін даними з іншими пристроями. Це дозволяє вузлу перебувати в сплячому стані. ZED потребує мінімальної кількості пам'яті, за рахунок цього його виробництво дешевше ніж ZR чи ZC.

Радіус дії одного вузла обмежений складає від 1 до 100 метрів, отже для організування систем збору інформації більш ніж 100 метрів потребує встановлення додаткових вузлів.

### **Особливості використання технології WiMAX**

WiMAX [4] – втілює систему далекої дії, яка працює у ліцензованому спектрі частот для з'єднання з Інтернетом між провайдером і кінцевим користувачем. Група стандартів сімейства 802.16 визначає різноманітні види доступу, від мобільного до фіксованого (як альтернативу провідним каналам доступу).

WiMAX мережі містять такі частини:

- базові і абонентські станції;
- обладнання для зв'язку базових станції між собою та з постачальником сервісів або Інтернетом.

Для з'єднання використовується діапазон високочастотних радіохвиль від 1,5 до 11 ГГц. Швидкість обміну в ідеальних умовах досягає 70 Мбіт/с.

Для з'єднання базових станцій встановлюються з'єднання (прямої видимості), застосовують частоти від 10 до 66 ГГц. Швидкість має досягати при обміні даними 140 Мбіт/с.

До переваг безумовно відноситься дальність дії сигналу, що дозволяє підключати велику кількість пристроїв до однієї бази.

Недоліком можна вважати вплив погодних умов та інших бездротових систем на роботу системи. Для роботи можуть використовуватись абсолютно різні діапазони частот. Швидкість передачі даних залежить від відстані між базовою станцією і клієнтським обладнанням. Обладнання споживає досить велику потужність. Вартість обладнання достатньо велика.

## **Особливості використання технологій мобільного зв'язку**

Технологія GSM [5] (Global System for Mobile Communications) представляє собою повністю цифровий стандарт. Належить до мереж другого покоління. Розроблено в 80-х роках минулого століття. С 1991 року стандарт GSM почали активно впроваджувати в багатьох країнах світу.

У GSM визначені 4 діапазону роботи: GSM 900, GSM 1800 використовуються країнами Європи та Азії. GSM 850, GSM 1900 - США, Канада, окремі країни Латинської Америки і Африки.

На сьогоднішній день стандарт GSM використовують оператори більше 200 країн і територій. За даними асоціації GSM (GSMA) на ці мережі припадає близько 82% світового ринку мобільного зв'язку.

Технологія UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) - технологія стільникового зв'язку, що відноситься до покоління 3G. UMTS – це фактично прототип удосконаленої GSM мережі з радіо інтерфейсом за технологією W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access - широкосмуговий CDMA). Вперше мережа була запущена в жовтні 2001 року Японським оператором зв'язку.

Дана технологія, теоретично дозволяє досягати швидкість передачі інформації до 21 Мбіт/сек. На даний момент реальна швидкість для мобільного абонента досягає 2 Мбіт/сек.

У зв'язку з тим, що стандарт UMTS розроблений на основі найпопулярнішою технології мобільного зв'язку GSM – він став глобальним стандартом персонального мультимедія зв'язку.

Оскільки сучасні технології мобільного зв'язку базовані на цифрових телекомунікаційних технологіях, вони стали також основою для передачі й даних у різноманітних форматах, а не тільки передачі голосу.

Технологія WAP (Wireless Application Protocol) представляє протокол бездротового доступу до інформаційних і сервісних послуг глобальної

мережі Інтернет безпосередньо з мобільних телефонів. WAP протокол - це опис того, як саме дані передаються з мережі Інтернет на мобільний телефон і назад. Послуга дозволяє відображати на екрані стільникового телефону сторінки WAP-сайтів в Інтернеті. Для роботи в глобальній мережі, Вам не потрібні додаткові пристрої - досить мати мобільний апарат з вбудованим WAP-браузером.

Технологія CSD (Circuit Switched Data) – це технологія передачі даних з комутацією каналів в мережі GSM. Швидкість передачі даних дорівнює 9,6 Кбіт / сек. Зона покриття CSD відповідає зоні покриття GSM. Передача даних відбувається за коштами голосового каналу через вбудований модем, і тому тарифікація CSD-послуг погодинна. Варто відзначити, що CSD сумісний з багатьма протоколами передачі даних.

GPRS (General Packet Radio Service) - технологія бездротового пакетної передачі даних в мережах GSM, зі швидкістю до 171,2 Кбіт / сек. На практиці швидкість становить 40-120 Кбіт / сек і залежить в основному від моделі телефону. Іноді обмежується і оператором мобільного зв'язку.

GPRS використовується як для доступу до WAP сайтів, так і для обміну даними з іншими пристроями в мережі GSM і із зовнішніми мережами, в тому числі Інтернет. GPRS передбачає тарифікацію за обсягом переданої / отриманої інформації, а не часу. Це стало таким собі «ноу-хау» в мобільному зв'язку і призвело до значного здешевлення доступу в мережу Інтернет.

EDGE - технологія пакетної передачі даних з високою швидкістю в мережах GSM, яка може здійснювати передачу даних з швидкістю до 473,6 Кбіт/сек. У дійсності, швидкість становить до 236 Кбіт/сек і залежить від моделі телефону.

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) - високошвидкісна пакетна передача даних в мережах UMTS. Даний стандарт прийнято відносити до мереж покоління 3,5G і розглядається фахівцями як один з

перехідних етапів міграції до технологій мобільного зв'язку четвертого покоління (4G). Максимальна теоретична швидкість передачі даних становить 14,4 Мбіт / сек. На практиці швидкість наближається до 7,2 Мбіт / сек.

### 2.3.2 Порівняльний аналіз технологій бездротового зв'язку

Порівняльні характеристики розглянутих технологій представлено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Порівняльні характеристики бездротових технологій

№	Назва технології	Радіус дії	Швидкість	Додаткове обладнання	Енергоживлення
1	Bluetooth	до 200м	До 24Мбіт/с	+	Середнє
2	Wi-Fi	до 300м	до 300 Мбіт/с	+	Високе
3	Wi-Max	до 80км	до 100 Гбіт	+	Високе
4	Zig-Bee	1-100м	до 250 кбіт/с	+	Середнє
5	LPWAN	до 50км	290 бит/с – 50 кбит/с	+	Низьке
6	Мобільний зв'язок	17-34км	50 кбіт/с – 14Мбіт/с	–	Середнє

З таблиці видно, що такі технології як Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee мають обмежений радіус дії, не придатний для віддаленого встановлення польових МК систем більш ніж на кілометр. Але розгортання систем на їх основі досить легке. Wi-Max має велику швидкість передачі даних та дистанцію дії. Але це технологія направленої дії. Також вартість обладнання досить висока.

Використання GSM модемів не потребує встановлення власної станції. Покриття мобільного зв'язку охоплює майже всю територію України. Тобто при наявності GSM/GPRS модуля і активованої карти оператора мобільного зв'язку, можливо легко налагодити передачу даних між польовою системою і сервером.

Проаналізувавши всі обмеження, переваги та недоліки оглянутих технологій, можна стверджувати, що використання пакетної передачі даних за технологією GPRS для побудови моделі каналу зв'язку є найбільш доцільним.

### **2.3.3 Розробка структури моделі каналу зв'язку**

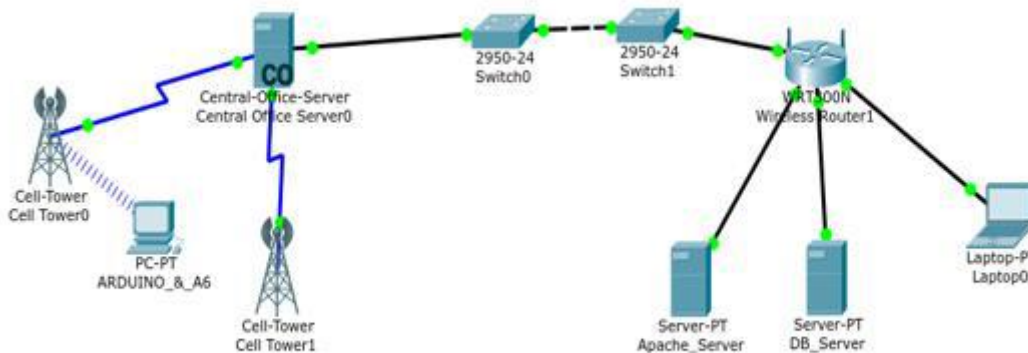
Для проектування моделі зв'язку використано програмне забезпечення Packet Tracer від компанії Cisco. Це дозволило зпроектувати топологію зв'язку за вимогами користувача, та промодельювати їх роботу.

Згідно до вимог, наведених у пункті 1.4, запропоновано модель зв'язку, що представлена на рис. 2.3.

Організація виходу до Інтернету через маршрутизатор надає серверу відповідності до вимог безпеки, бо окрім керування процесом маршрутизації роутер виступає у якості брандмауєру. Це забезпечує первинний захист від втручання у роботу злоумисників.

Сервер бази даних розташовується на окремій машині від веб-серверу. Прямий доступ з глобальної мережі інтернет є тільки до веб-серверу. Інші ж пристрої що знаходяться у локальній мережі, що підключені до маршрутизатора є невидимими зовні.





**Рисунок 2.3. Модель організації лінії зв'язку у системі.**

Таке розподілення можливе з використанням IP-переадресації (IP Forwarding). Вона надає гнучкості у налаштуванні доступу до пристроїв у локальній мережі. Віртуальний сервер використовується для налаштування сервісів загального користування у локальній мережі. Віртуальний сервер визначається як порт сервісу, після чого запити що приходять із глобальної мережі на цей порт перенаправляються на визначений комп'ютер у локальній мережі. Любий комп'ютер у локальній мережі з використанням віртуальних серверів повинен мати статичну IP адресу. Таким чином, до веб-серверу, наприклад, надається доступ із глобальної мережі Інтернет за портами 80 та 22.

Прямий доступ до серверу бази даних із глобальної мережі відсутній. Але доступ до нього можливий із серверу та інших локальних пристроїв.

З метою зменшення витрат на комунікаційну складову, поставлено задачу використання системи динамічної IP адресації для рухомих складових системи, що робить необхідним введення додаткової інформації для логічної ідентифікації об'єктів.

### 2.3.4 Апаратні засоби для реалізації лінії зв'язку

У якості кінцевого обладнання, яке розташовано на об'єкті, можна використовувати як спеціалізовані вбудовані комп'ютерні засоби на основі рішення System on a Chip, так і стандартні – смартфони чи планшети з встановленими спеціалізованими додатками чи стандартними WEB-броузерами.

Додаткові обмеження пов'язані з тематикою відповідної НДР, та полягали у використанні наступних технічних засобів та дотриманні вимог:

- ядро системи має бути реалізовано на основі універсального контролеру з широким спектром інтерфейсних каналів;
- для забезпечення функцій отримання координат об'єкту та передачі даних використовується плата розширення «GPRS/GSM+GPS шилд на SIM808 от Elecrow» [5].
- на вибір серверного обладнання ніякого обмеження не накладається.

Виходячи з цих обмежень, та враховуючи що вказана плата розширення орієнтована на апаратну платформу Arduino Uno/Mega, у якості контролера було вибрано Arduino Uno [6] на основі мікроконтролера ATmega328.

Модуль SIM808 (рис.2.4) [7] - функціональний модуль GSM/GPS/BT три в одному. Він заснован на новому SIM808-сумісному GSM/GPS/BT модулі SIMCOM, підтримує мережу Quad-Band GSM/GPRS і поєднує в собі технологію GPS для супутникової навігації. Він має високу чутливість GPS-приймача з 22 відстеженням та 66 каналами прийому. Крім того, він підтримує A-GPS, який доступний для внутрішньої локалізації у стільникових мережах, та може підтримувати (у залежності від модифікації) Bluetooth 4.0.



**Рисунок 2.4. Комунаційно-навігаційний модуль на SIMCOMM808.**

Модуль керується AT-командою через UART і підтримує логічний рівень 3,3 та 5В.

Основні характеристики модуля наступні:

- робочі діапазони GSM приймача: 850/900/1800/1900 МГц;
- клас GPRS – В;
- AT команди (3GPP TS 27.007, 27.005 и SIMCOM покращені AT команди);
- наявність вбудованого GPS/CNSS с підтримкою A-GPS;
- Логічні рівні: від 3.0 В до 5.0 В;
- протокол вхідних команд та вихідних даних - GPS – NMEA;
- SIM карта у стандарті Micro SIM;
- Передача даних здійснюється за технологією GPRS multi-slot class12 максимальна швидкість - 85.6kbps;

- Напруга живлення: від 5 В до 12В.

Для здійснення керуючих дій можуть бути використані як канали апаратного вбудованого UART, так і введення даних, згенерованих програмним шляхом.

### **2.3.5 Апаратні засоби реалізації інтерфейсу користувача**

Для організації взаємодії системи з користувачами пропонується використовувати жидкокристалічні дисплеї з підтримкою сенсорного введення. Особливу увагу привертають рішення, за якими зв'язок монітору з мікроконтролерною системою здійснюється по мінімальній кількості ліній зв'язку. Виходячи з цього, у якості тестового обладнання було обрано продукцію компанії Nextion [8].

Дисплей з тач-пад Nextion (рис.2.5) випускаються у кількох типорозмірах та характеристиках, наведених у табл.2.1.

Для нормального сприйняття графічної кольорової інформації розмір дисплею не повинен бути досить малим. Так, орієнтуючись на параметри, які властиві для навігаторів, застосовуваних у автомобілях, можна відзначити що найбільш комфортними є розміри від 5". Тому для побудови прототипу було вибрано дисплей такого розміру, який має розподільчу здатність 800x480 пікселів.

Слід відзначити, що такий розмір дозволяє виводити не тільки графічну інформацію у вигляді карти, а ще й додаткову текстову при нормальних для сприйняття розмірах як зображень, так і тексту.

Додатковими перевагами дисплеїв цієї серії є наявність спеціалізованих засобів з розробки інтерфейсу користувача та їх емуляції, налагодження та завантаження у пристрій по послідовному інтерфейсу.



**Рисунок 2.5 – Зовнішній вид дисплею Nextion**

**Таблиця 2.1 – Параметри дисплеїв Nextion**

Модель	Розподільча здатність	Розмір, дюймів	Кількість кольорів	Тип Touch-Panal	Ємність FLASH, Mb	Ємність ОЗП, байт
NX3224T024_011R	320*240	2.4"	65536	RTP	4	3584
NX3224T028_011R	320*240	2.8"	65536	RTP	4	3584
NX4024T032_011R	400*240	3.2"	65536	RTP	4	3584
NX4832T035_011R	480*320	3.5"	65536	RTP	16	3584
NX4827T043_011R	480*272	4.3"	65536	RTP	16	3584
NX8048T050_011R	800*480	5.0"	65536	RTP	16	3584
NX8048T070_011R	800*480	7.0"	65536	RTP	16	3584

Як відзначалося вище, інтерфейс монітору із обчислювальною системою здійснюється по послідовному порту. Через нього вбудований

контролер у текстовому форматі приймає команди для управління зміною стану візуальних компонентів інтерфейсу, що відображається, або передає у систему дані, які відповідають визначеним діям користувача з інтерфейсом.

Оскільки серед функціональних можливостей передбачено використання бібліотек зображень, кількість яких може бути досить велика, дисплей має додатковий накопичувач на microSD картах. Серед базових характеристик також наступні:

- яскравість регулюється з шагом у 1%;
- розмір дисплею 134 x 84 мм;
- розмір видимого зображення 108 x 64.8 мм;
- живлення: 5В 500 мА;
- можливість роботи через Arduino IDE.

## **2.4 Перелік використаних джерел до глави 2**

1. І. Шахнович Сучасні технології бездротового зв'язку: Техносфера, Санкт-Петербург, 2006
2. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер, Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы., Санкт-Петербург, 1999;
3. [Електроний документ] Zigbee Alliance [URL:] <https://www.zigbee.org/> (дата звернення 20.02.2018)
4. [Електроний документ] WiMax. [URL:] <https://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX> (дата звернення 29.02.2018)
5. [Електроний документ] GPRS/GSM+GPS шилд на SIM808 от Elecrow [URL:] <https://arduino.ua/prod1585-gprsgsmgps-sim808-shild> (дата звернення 20.03.2018)
6. [Електроний документ] Arduino Uno Rev3 [https://arduino.ua/prod32-Arduino\\_Uno](https://arduino.ua/prod32-Arduino_Uno) (дата звернення 22.03.2018)

7. [Електроний документ] SIM808 GPRS/GSM+GPS Shield v1.1 [URL] [https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=SIM808\\_GPRS/GSM%2BGPS\\_Shield\\_v1.1](https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=SIM808_GPRS/GSM%2BGPS_Shield_v1.1) (дата звернення 22.03.2018)
8. [Електроний документ] Nextion:Home [URL] <https://nextion.ithead.cc/> (дата звернення 12.03.2018)

### **3 ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Логіка роботи системи з вирішення комунікаційної задачі полягає в тому, що з її елементами виконуються наступні дії у разі виникнення нової інформації:

- джерело інформації генерує повідомлення, заповнюючи усі необхідні поля;
- джерело інформації генерує запит до сервера ядра системи управління підприємством;
- серверна частина приймає запит та реєструє дані про джерело, отримувача та характеристики інформаційного повідомлення;
- серверна частина генерує значення для поточного стану, виходячи із характеристик повідомлення.

Для кожного співробітника у системі при його зверненні до системи (реєстрація на робочому місці, генерація повідомлення, реєстрація поточного положення у просторі) сервер виконує пошук повідомлень у базі даних, які надійшли до системи для цього робітника з часу його останнього звернення. Якщо такі записи було знайдено, сервер виконує наступне:

- передає повідомлення на пристрій працівника;
- реєструє у запису повідомлення дату та час передачі одержувачу;
- реєструє у запису повідомлення місце розташування одержувача;
- змінює статус повідомлення на стан «отримано».

Програмне забезпечення працівника, отримавши нове повідомлення, видає його на екран.

Така процедура гарантує доведення усіх повідомлень у системі до одержувачів та фіксує усі необхідні дані для реєстрації дій відповідних працівників у певних ситуаціях.



### 3.1 Особливості організації структур баз даних

У ієрархії підприємства співробітники займають різні посади, від керівних до виконавчих, та відносяться до різних підрозділів. Ця структура визначає хто кому підпорядкований та чиї накази повинен виконувати, а також кому повинен доповідати про виконання чи невиконання розпоряджень та наказів.

Відповідно, у реляційних БД будуть і відповідні таблиці.

Таблиця «Підрозділ» - містить інформацію про назву підрозділу (текстове поле) та ключовим є ідентифікатор запису (ціле число), який використовується для зв'язування цих даних з іншими даними, де підрозділ є атрибутом відповідного запису.

Таблиця «Посада», містить 2 поля – ідентифікатор запису та відповідна до нього назва посади (текстове поле). Може містити також інші дані, які характеризують відповідну посаду (тарифний розряд, кваліфікація та таке інше), але ці дані не розглядаються, оскільки не є важливими для організації управлінського процесу на підприємстві.

Таблиця «Співробітники» містить дані про фамілію, ім'я та по-батькові співробітника (текстові поля), належність до підрозділу (ціле число), та може містити інші складові, які визначають властивості співробітника, які також не відіграють ролі у процесі обміну даними і тому не розглядаються.

Таблиця «Повідомлення» - містить безпосередньо інформацію, яка є предметом обміну. Згідно з правилами обігу управлінської інформації, має бути зафіксовано:

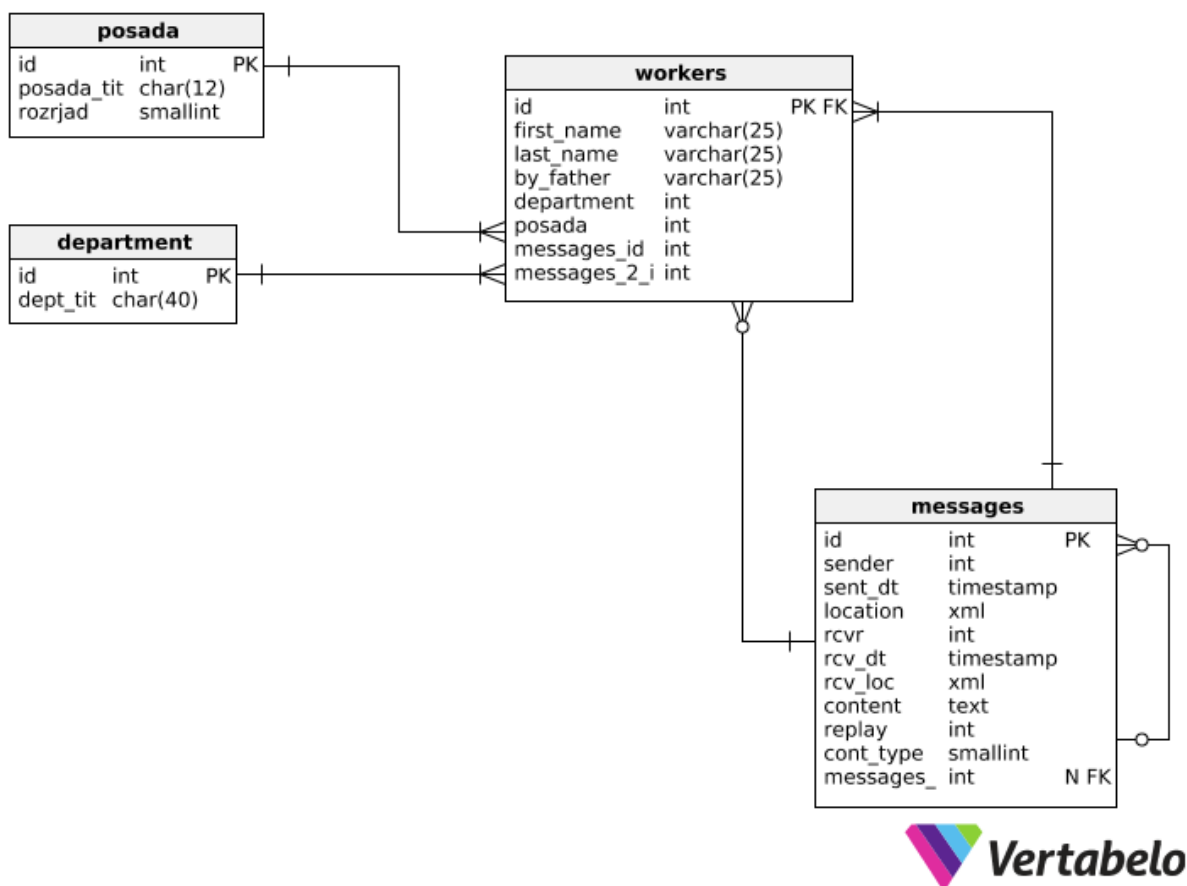
- відправника (ідентифікатор користувача, ціле число, integer);
- дата та час відправлення (тип дата+час - timestamp);
- місце знаходження відправника (координати як набір полів, чи );
- отримувача (ідентифікатор користувача, ціле число, integer);
- дата та час отримання (тип дата+час - timestamp);

- зміст інформації (текстове поле - text);
- відповідь (ідентифікатор запису з цієї ж таблиці);
- тип повідомлення (ціле число, integer).

Поле «Тип повідомлення» введено для ідентифікації повідомлень за типом відповідної реакції на це повідомлення. Так, наприклад, можна вказати на наступні ситуації:

- повідомлення є інформаційним і не потребує відповіді чи виконання якихось робіт;
- повідомлення потребує відповіді;
- повідомлення є розпорядним до виконання робіт;
- повідомлення про поточний стан робіт (поточний звіт);
- дублікат sms-повідомлення;
- повідомлення для встановлення нової точки призначення для мобільних об'єктів, які використовуються у системах навігації.

Загальна структура співвідношень може бути представлена ER-діаграмою, представленою на рис. 3.1.



**Рисунок 3.1. Структура зв'язків сутностей у БД інформаційно-комунікаційного середовища.**

### **3.2 Особливості організації функціонального програмного забезпечення**

Для реалізації системи пропонується будувати її на основі клієнт-серверних технологій з WEB-сервером або на базі мережевого сервісу з метою уніфікації доступу та інтерфейсів з віддаленим доступом на основі динамічної генерації контенту.

Використання стандартних засобів на основі WEB-серверів не потребує додаткових витрат на спеціалізовані засоби та може використовувати захищені канали зв'язку на основі протоколу SSL.

Реалізація обміну даними з використанням стандартних смартфонів чи планшетів взагалі не потребує розробки якихось додаткових засобів.

Обмін даними за протоколом http будується, як звісно на механізмі обміну повідомленнями типу «запит»-«відповідь». Для передачі даних від клієнтської частини використовують механізми GET або POST запитів, які надсилають данні у формі «параметр=значення», які формуються на основі форм, в яких імена тегів для введення інформації визначають імена параметрів, а введенні данні визначають значення. WEB-сервер, прийнявши запит, на основі отриманих даних генерує та передає клієнту відповідь у виді потоку символічних даних, які формують html-сторінку, яка візуалізується на екрані

Реалізація клієнтської частини для мікроконтролерних систем також має багато реалізацій, але додатково потрібно розробити програмне забезпечення парсеру, який приймаючи сгенерований WEB-сервером потік шукає теги з визначеним ідентифікатором чи класом, наприклад, тег абзацу класу "message". Отримавши такий тег, програмне забезпечення у клієнта повинно проаналізувати його тип, наприклад на основі id тегу, значення якого відповідатиме типу повідомлення у БД ядра системи управління підприємством, виділити інформацію та вивести її відповідним чином користувачу.

Такий підхід не потребує складного механізму обробки даних, як от json чи інші, але виконує усі потрібні функції з обміну даними. Реєстрація повідомлень виконується серверною частиною, яка збирає повідомлення для клієнтів у проміжки часу між сеансами зв'язку, виконує процес ідентифікації користувача при підключенні до системи, передає йому накопичені повідомлення та приймає повідомлення від нього.

### **3.3 Організація програмного забезпечення ГІС підсистеми**

Головною задачею підсистеми є знаходження місця розташування об'єкту моніторингу на місцевості та передачі отриманих даних до системи управління фермерським господарством. Таким чином, в структурі програмних засобів виділяють програмне забезпечення мобільної системи та серверне програмне забезпечення.

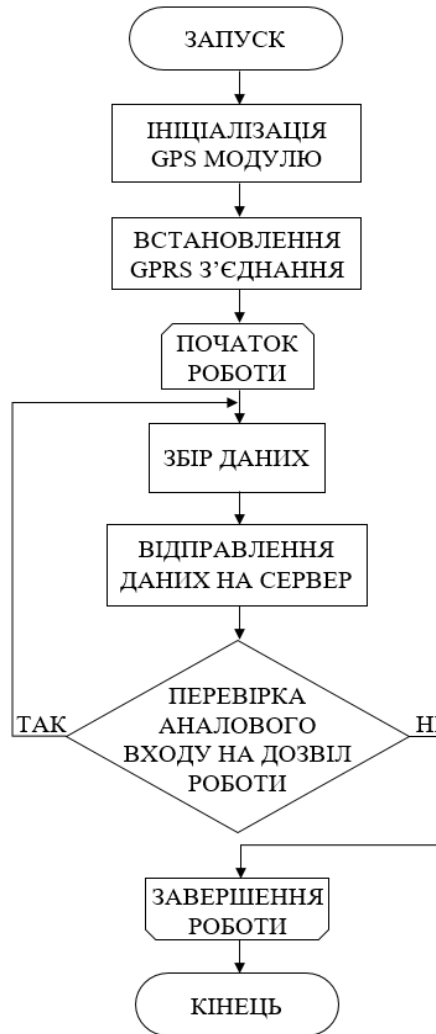
Серверне програмне забезпечення має працювати 24 години на добу та виконує, відповідно до розглянутої задачі, прийом даних від мобільної системи, реєстрацію отриманих даних, організацію інтерфейсу для виведення графічної інформації користувачам системи про поточний стан системи та розташування об'єктів моніторингу.

#### **3.3.1 Програмне забезпечення мобільної компоненти підсистеми**

Загальна послідовність дій, яка виконується мікроконтролерною мобільною системою у процесі визначення положення об'єкту у просторі та їх реєстрації наведена на рис.3.2.

Для ініціалізації було розроблено кілька додаткових сервісних функцій. Так наприклад, `gprs_init()` виконує початкову ініціалізацію GSM модулю для роботи по GPRS каналу. Спочатку треба встановити налаштування підключення, налаштування APN, потім встановлюється ім'я користувача та пароль. Після налаштування встановлюється GPRS з'єднання.

Слід зазначити, що налаштування APN різні для різних мобільних операторів. Тому при налаштуванні потрібно заздалегідь з'ясувати SIM-картки яких операторів мобільного зв'язку будуть використовуватися. APN-налаштування кожного з операторів мобільного зв'язку слід шукати на офіційних сайтах.



**Рисунок 3.2. Послідовність дій у роботі контролера.**

При реалізації прототипу для спрощення роботи використано Ім'я користувача для ідентифікації пристрою, що дозволяє використовувати кілька пристроїв, що у реальній системі буде відповідати ідентифікації користувача.

Як з'ясовано, GPRS-з'єднання використовує дуже малу кількість трафіку.

За відправку даних на сервер відповідає частина коду, котра циклічно повторюється кожні десять секунд, що дозволяє досить оперативно контролювати розташування мобільної системи.

Збір даних полягає у створенні запитів до GPS приймача з використанням протоколу NMEA та отриманні від нього певної відповіді, яка приходить у форматі текстової строки, з якої потрібно виділити потрібні дані. Для цього було створено ряд сервісних процедур та реалізовано відповідний парсер.

Після того, як ці дані отримано, їх подальша обробка полягає у кількох напрямках – реєстрації на сервері, аналізу для виконання навігаційних функцій апаратурою мобільної системи та відображенню користувачеві для оперативного інформування.

### 3.3.2 Програмне забезпечення серверної частини підсистеми

Основою серверної частини є відповідна база даних, яка формується по кожному користувачеві з мобільним пристроєм. Тестова структура БД підсистеми наведена на рис. 3.3.

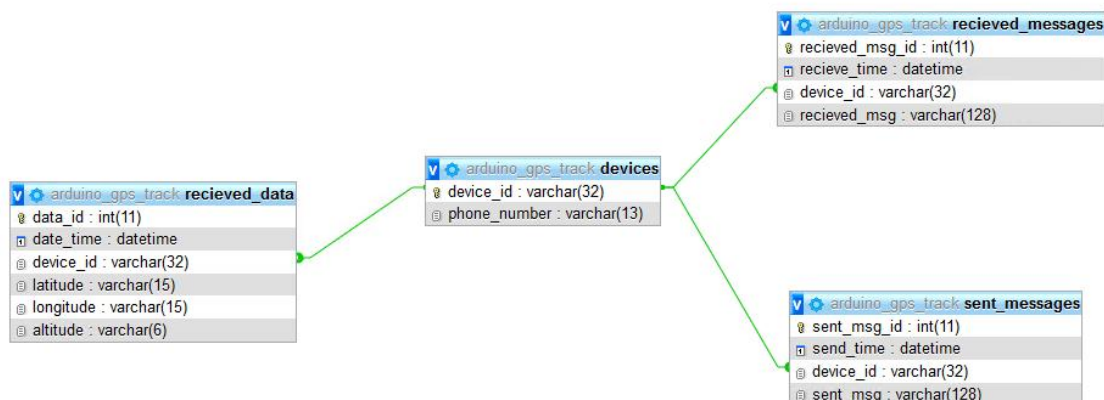


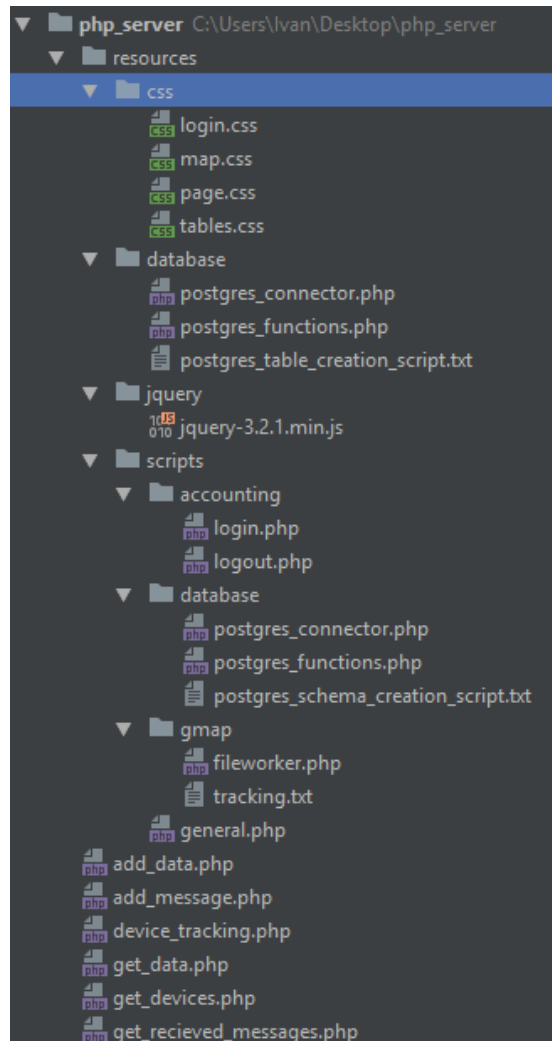
Рисунок 3.3. Структура БД з реєстрації поточного стану об'єкту моніторингу.

Таким чином, база даних містить чотири таблиці:

- `devices` – зв'язка з ідентифікатора плати та номеру телефонної карти мобільного зв'язку, що в ній встановлено;
- `received_data` – отримані від пристрою координати, час та ідентифікатор пристрою;
- `sent_messages` – містить повідомлення, які передано на мобільний пристрій через серверну частину;
- `received_messages` – містить повідомлення, які отримано сервером з мобільного пристрою.

Програмна частина обробки даних на сервері побудована на мові PHP, оскільки це є найпоширенішим рішенням для організації динамічної взаємодії між користувачами та WEB-сервером. Таке рішення надає можливість взаємодії з будь-яким клієнтом по протоколу `http` – чи то запит формує людина, чи то запит надходить від автоматичної мікроконтролерної системи. Структура каталогів серверної частини наведена на рис.3.4.





**Рисунок 3.4. Структура модулів серверної частини**

### **3.3.3 Відображення поточного положення об'єктів**

Для відображення даних на карті був використаний сервіс від компанії Google (Google.Maps), але можна використовувати і інші сервіси в тому числі і власної розробки. Сервіс Google.Maps дозволяє досить точно відображати місцезнаходження за наданими координатами. На сайті має бути розміщено посилання, що відкриває мапу у окремій вкладці з відображенням точки яка знаходиться за наданими координатами. Також можна за допомогою Google Maps API розмістити невеликий відмет, який одразу відображає частину мапи з точкою розміщення. [1]

### 3.4 Особливості організації користувацького інтерфейсу

Особливістю використання інтерфейсів цих пристроїв є їх незмінне розташування, як за правило, у приміщенні чи то в офісі, тобто вони можуть або мають бути реалізовані, на базі стаціонарних обчислювальних систем, об'єднаних локальною мережею підприємства.

Більша частина задач з організації управління підприємством та деяких задач обліку та збору первинних даних для управління відповідає цим вимогам – це робочі місця керівників підприємства, бухгалтерія, управління кадрами, диспетчерська служба, задачі складського обліку та таке інше, що відповідає організації системи з точки зору формування ERP-системи, або SCADA-системи верхнього рівня.

Інші задачі, які вирішують проблеми управління технологічними операціями та процесами вже можуть бути реалізовані на різноманітних типах пристроїв у залежності від їх особливостей.

Процес аграрних робіт починається з аналізу агро-умов на земельній ділянці. Для цього складається карта-схема, на якій відзначаються рівні мінеральних та органічних складових ґрунту, його біологічного потенціалу для визначених культур, гідрологічний фон та інша інформація, яка наноситься за сітчно-вузловим методом із кроком, який є індивідуальним для кожного показника. Обробкою наданих даних займається агроном господарства. Така інформація надається за допомогою геоінформаційної системи, яка входить до комплексу автоматизованого управління.

Агроном на основі отриманої інформації та даних, які характеризують процеси сівобігу та складають агро-біологічну модель аграрної складової задачі приймає рішення про вибір відповідної культури та переліку аграрних робіт, що мають бути проведені для вказаної ділянки.

Таким чином, інтерфейс системи агронома повинен передбачати можливості відображення картографічної інформації за допомогою ГІС-складової та можливості організації роботи з аграрною моделлю та відповідними базами даних.

У процесі виконання робіт, повинна надаватися можливість поточного стану земельних ділянок та виконуваних на них роботах. Тобто, у режимі реального часу відображається інформація про техніку, яка знаходиться у полі, історія її пересування, відсоток виконаної роботи та таке інше.

Подібна інформація з дещо іншим набором даних виводиться керівникам підрозділів – транспортної служби, планово-економічного підрозділу та іншим.

Втім, наприклад, агроном при огляді угідь має потребу й у мобільному доступі до розглянутих даних. Такі особливості вказують на організацію роботи системи по-перше у режимі клієнт-сервер, по-друге на основі WEB-сервісів або WEB-додатків та технологій.

### **3.4.1 Загальні вимоги до формування інтерфейсів мобільних пристроїв**

Однією з найскладніших для реалізації є система, яку розташовують на борту рухомого об'єкту. Основна вимога до реалізації такої системи – висока надійність в жорстких умовах експлуатації. Інші вимоги походять з того, що вона повинна бути дуже гнучкою з точки зору сумісності з іншими бортовими системами, наприклад, системою керування змінним обладнанням, мобільною комунікаційною системою, системою візуалізації даних.

Її конфігурація буде змінюватись від виконуваних функціональних задач та технологічних операцій. Від цих же параметрів буде залежати й реалізація інтерфейсів.

При реалізації інтерфейсів потрібно організувати вивід інформації, яка характеризує наступні задачі:

- технічний стан транспортного засобу;
- тип та стан поточного використовуваного змінного обладнання;
- інформація про поточне географічне положення транспортного засобу;
- груба навігаційна інформація у разі виконання загальних транспортних задач;
- навігаційна інформація з високою розподільчою здатністю для виконання аграрних технологічних операцій у задачах Precision Agriculture;
- комунікаційні задачі оператора-водія з адміністраторами робіт.

У деяких випадках цей перелік буде коротшим, а інколи система може бути взагалі без задач візуалізації.

У зв'язку з цим, у роботі ставиться задача організації найбільш гнучкої системи на основі універсального ядра та змінного комплексу обладнання для його (ядра) адаптації для роботи у конкретних умовах.

Як за правило, інтерфейсні функції будуть відсутні у системах, які вирішують тільки задачі збору первинної інформації та їх трансляції у центри обробки даних.

Коли виникає потреба організації найпростіших інтерфейсів, зразу ж з'являються задачі не тільки виводу інформації, але й її вводу оператором. Таким чином, потрібно вводити системи візуалізації та інтерактивної взаємодії.

Ця задача стає дуже складною з огляду на умови експлуатації мобільних пристроїв – вібрація, волога, пил, високі температури, низьковольтні малопотужні джерела живлення. У зв'язку з цим з'являються особливі вимоги до їх конструктивного виконання – пиле- та волого-

захищенні, з жорсткою та як за правило моно-блочною конструкцією з мінімальною кількістю рухомих елементів.

Такі вимоги вказують на потребу використання, наприклад, специфічних типів клавіатур, бажано безконтактних, та використання інтерфейсів з мінімальною кількістю фізичних ліній зв'язку з обчислювальним ядром системи, або бездротових, наприклад, з використанням інтерфейсів USB, PC, Bluetooth, WiFi та таке інше.

З огляду на це, як систему-аналог за вимогами, для реалізації поставлених задач, можна пропонувати підходи, які використовують при розробці мобільних телефонів, наприклад, використання екранів з одночасною функцією вводу даних Touchpad.

### **3.4.2 Функціональні задачі системи**

Інтерфейс користувача системи повинен виконувати функції, які дозволять вирішувати технологічні та організаційні задачі підприємства. До таких задач слід віднести наступні організаційні задачі:

- ідентифікація користувача з метою обліку робочого часу та його прав доступу до технологічного обладнання та системи в цілому при вході та при виході із системи;
- ідентифікація обладнання та ресурсів системи з метою обліку їх роботи та планування ресурсів та робіт;
- забезпечення оператора усією потрібною інформацією для виконання ним його обов'язків.

З функціональних задач користувача повинні бути реалізовані наступні функції:

- ідентифікація користувача при вході та при виході із системи;
- організація взаємодії з менеджерами робіт:
  - o передача повідомлень визначеним особам;

- прийом повідомлень від визначених осіб;
- функція мобільного телефону (голосового спілкування);
- прийом та передача sms-повідомлень;
- контроль стану обладнання;
- навігаційні задачі:
- пересування у рамках господарства або за його межами (загально-навігаційна задача з невеликою точністю);
- навігація при виконанні польових робіт (висока точність навігації);
- сервісні функції (діагностика системи, налаштування та таке інше).

Такий перелік задач, а відповідно й інтерфейсів, які реалізують ці функції, робить необхідним присутність інтерфейсних елементів для вибору відповідного режиму роботи шляхом швидкого переходу з одного режиму на інший.

Це можна реалізувати у Nextion Editor, наприклад, виокремленням відповідної області екрану та розташуванням у ньому набору кнопок, або зображень, які відповідають функціональним режимам роботи.

За умовчужанням, при вмиканні системи буде відображено інформаційну панель із запрошенням до ідентифікації (рис.3.5), яке буде проходити після натискання кнопки “Login to systm”.



**Рисунок 3.5 - Початкове вікно монітору**

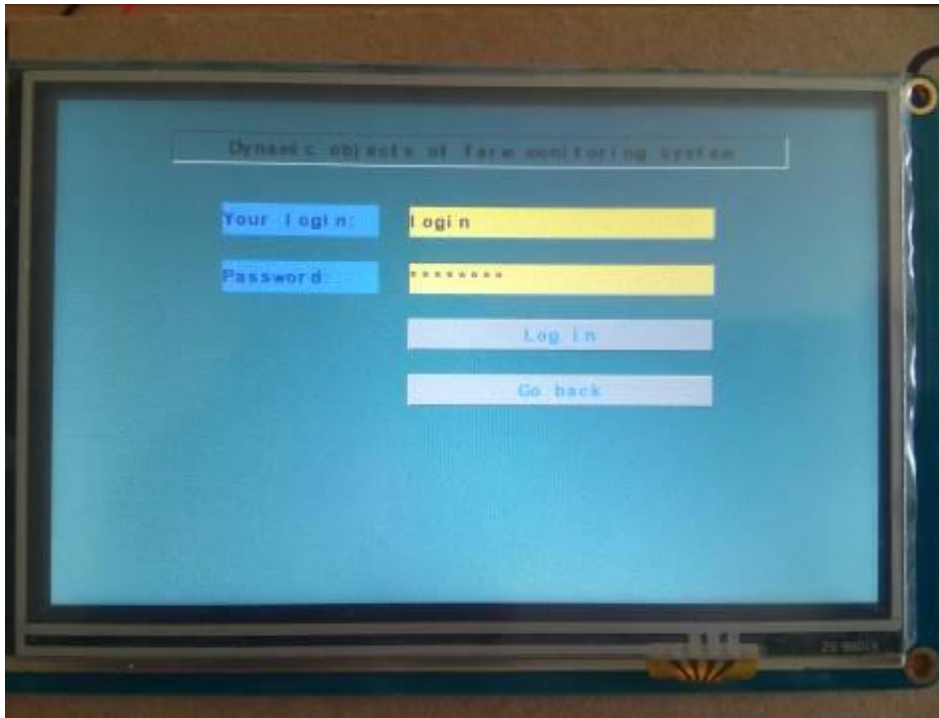
### **3.4.3 Інтерфейс ідентифікації користувача**

Ідентифікація користувача передбачається стандартним методом – шляхом вводу імені облікового запису та відповідного до нього паролю. Для цього передбачені відповідні поля для вводу (рис. 3.6).

Для підтвердження процесу реєстрації у системі введено кнопку “Log In”, а для відміни цього процесу – “Go Back”, після натискання якої система перейде у початковий стан.

За правилами введення облікових записів, поле для вводу імені облікового запису використовує «відкриті» символи, а поле для вводу паролю – захищені.

Коли користувач торкнеться екрану де знаходиться поле для вводу тексту, контролер монітору автоматично генерує передумовлений інтерфейс для вводу інформації, який представлено на рис. 3.7.



**Рисунок 3.6 - Інтерфейс ідентифікації користувача**



**Рисунок 3.7 - Інтерфейс вводу текстової інформації**



### 3.4.4 Інтерфейс взаємодії з іншими особами

Як було зазначено вище, процес взаємодії передбачає два напрямки передачі інформації:

- отримання - керівні директиви від безпосереднього керівництва чи керівників інших рівнів;
- передача – це текстова інформація від оператора об'єкту до його керівників.

У роботі пропонується для виводу отриманої керівної інформації використовувати поле на кшталт строки статусу, в якій відображається допоміжна контекстно-залежна інформація. Для виділення того, що відображається отримане повідомлення, пропонується виводити його на екран іншим кольором, ніж звичайні службові повідомлення.

Для зручності, пропонується також, виводити повідомлення у виді рухомої стрічки, а за потреби, при натисканні на ній, повинно з'являтися нове вікно, у якому повідомлення виводиться у вигляді статичного тексту.

Для передачі повідомлення від оператора, потрібні елементи для введення тексту та «довідник» з адресами менеджерів, яким можна надсилати повідомлення. Тобто, інтерфейс може бути подібний інтерфейсу для введення sms-повідомлень у смартфонах.

Альтернативним шляхом для формування повідомлення може бути реалізація інтерфейсу, що виконує наступну послідовність у процесі взаємодії з оператором:

- оператор вибирає режим «надіслати повідомлення»;
- система видає вікно з переліком абонентів для вибору яким з них повинно бути надіслано повідомлення;
- після вибору абонентів, перейти у вікно для вводу самого повідомлення;

- натискання кнопки «Надіслати» запускає процес передачі повідомлення контролером до системи обробки даних.

Із додаткових зауважень до реалізації системи, можна, у зв'язку з розробкою процесу обміну повідомленнями, рекомендувати організувати його на основі СКБД, яка б фіксувала хто, кому та о котрій годині надіслав повідомлення для подальшого аналізу діяльності.

Зовнішній вид вікон, які реалізують запропонований алгоритм дій, наведені на рисунках 3.8-3.9.

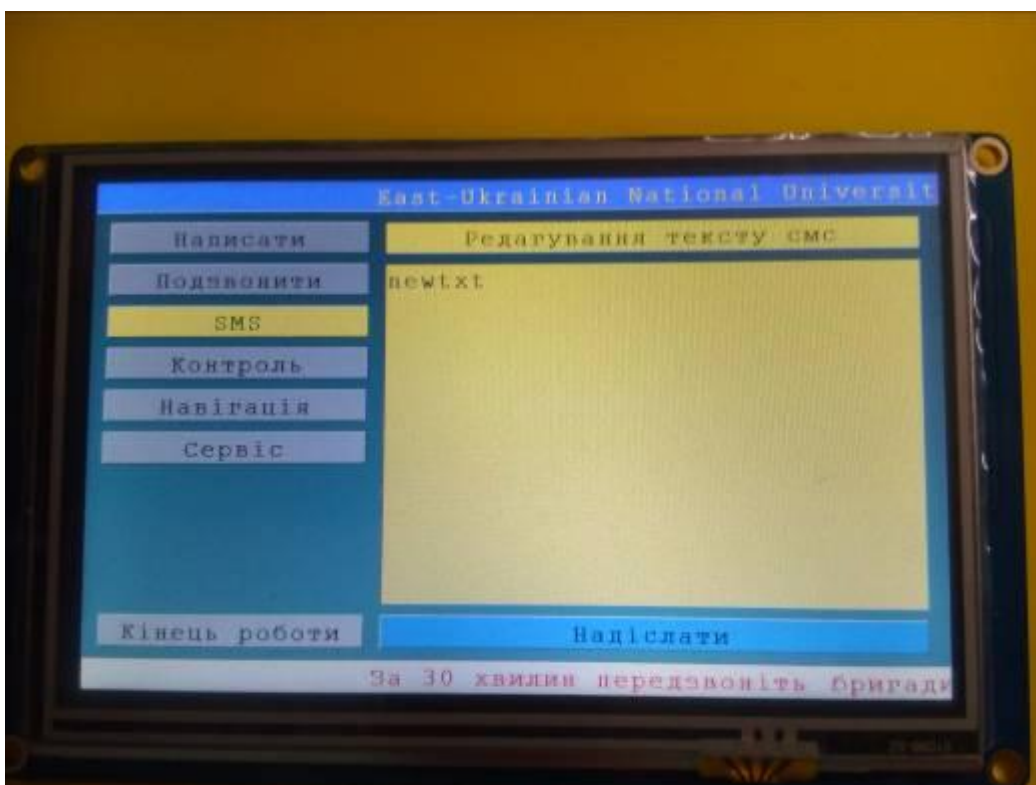
Інтерфейси користувача для здійснення дзвінків та передачі СМ-повідомлень за логікою роботи та зовнішнім виглядом подібні до наведених (рис.3.10-3.11).



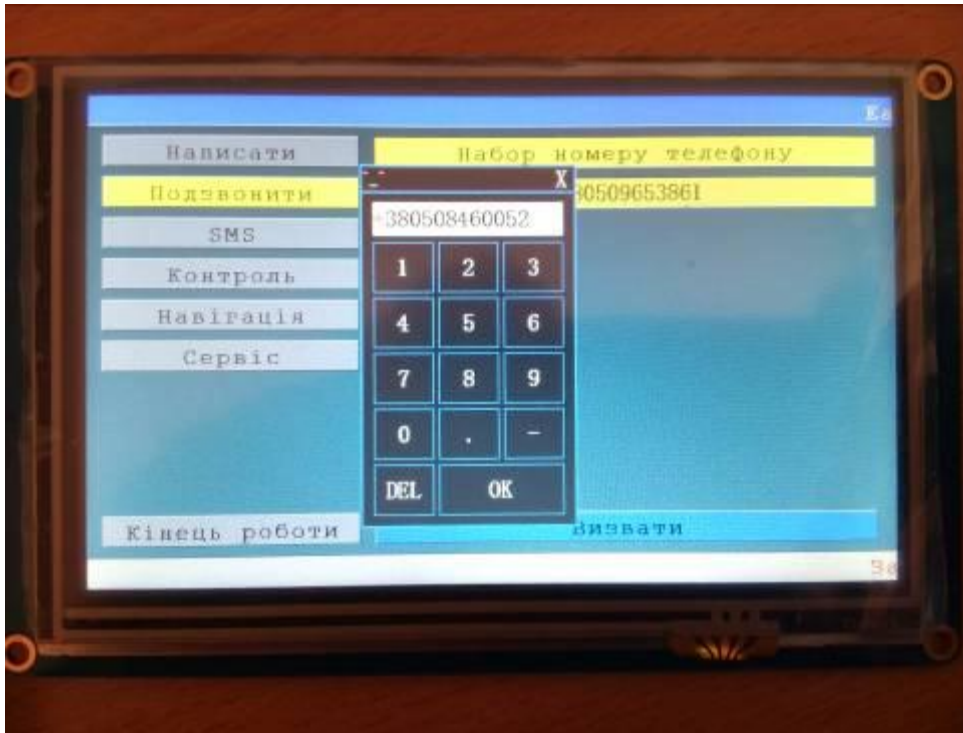
**Рисунок 3.8 - Інтерфейс вибору абонента**



**Рисунок 3.9 - Інтерфейс для редагування повідомлення**



**Рисунок 3.10 - Інтерфейс для редагування SMS.**



**Рисунок 3.11 - Інтерфейс для здійснення дзвінків.**

### **3.4.5 Інтерфейс для контролю поточного стану системи**

До функцій контролю поточного стану системи, виходячи зі складу її компонентів, потрібно включити аналіз наступних складових:

- наявність і якість мобільного зв'язку;
- наявність сигналів системи GPS;
- наповненість накопичувача для зберігання резервних даних;
- стан додаткового обладнання, з яким робить оператор – сівалка, розприскувач і таке інше.

Остання компонента інтерфейсу буде змінною, оскільки обладнання може змінюватися або бути взагалі відсутнім.

Для кодування наявності мобільного зв'язку пропонується відповідний елемент виводити або зеленим кольором - у разі наявності зв'язку, або червоним – у випадку його відсутності. Для відображення якості пропонується виводити значення умовного рівня сигналу у цифровій формі у

відсотках. Це дозволить відносно точно його відображати користувачеві та не займати пам'ять для зберігання відповідних зображень, чи не займати ресурси контролера для обрахунку параметрів елементів інтерфейсу типу «шкала» або «progress bar».

Для відображення стану GPS-приймача можна застосувати такий же принцип, але якість сигналу, вірніше точність отриманих координат або якість умов їх визначення, залежить від кількості супутників GNSS, які на поточний час доступні. Тому, найчастіше для визначення цієї характеристики у GPS-приймачах виводять кількість супутників, які є у зоні видимості.

Для формування інформації про накопичувач потрібно, найчастіше, виводити його ємність та відсоток за вільним простором. Але, виходячи з умов використання, бажано виводити ще й орієнтовний час до повного заповнення накопичувача.

Зовнішній від пропонованого інтерфейсу наведено на рис.3.12.



**Рисунок 3.12 - Інтерфейс для контролю стану системи та обладнання.**

### 3.4.6 Інтерфейс для реалізації сервісних функцій

До основних сервісних функцій, які могли б знадобитися оператору можна віднести:

- підключення нового обладнання;
- виключення обладнання;
- форматування карти накопичувача;
- встановлення швидкості послідовного порту за умовчанням;
- діагностика системи;
- налаштування режимів енергозбереження;
- введення додаткової інформації про об'єкт, наприклад, тип технічного засобу, або його реєстраційний номер.

Вочевидь, що деякі з цих функцій потребують конкретизації. Тому для поточної реалізації для них зарезервовані кнопки, за допомогою яких повинні виконуватися відповідні дії.

Реалізація цього інтерфейсу приведена на рис.3.13.

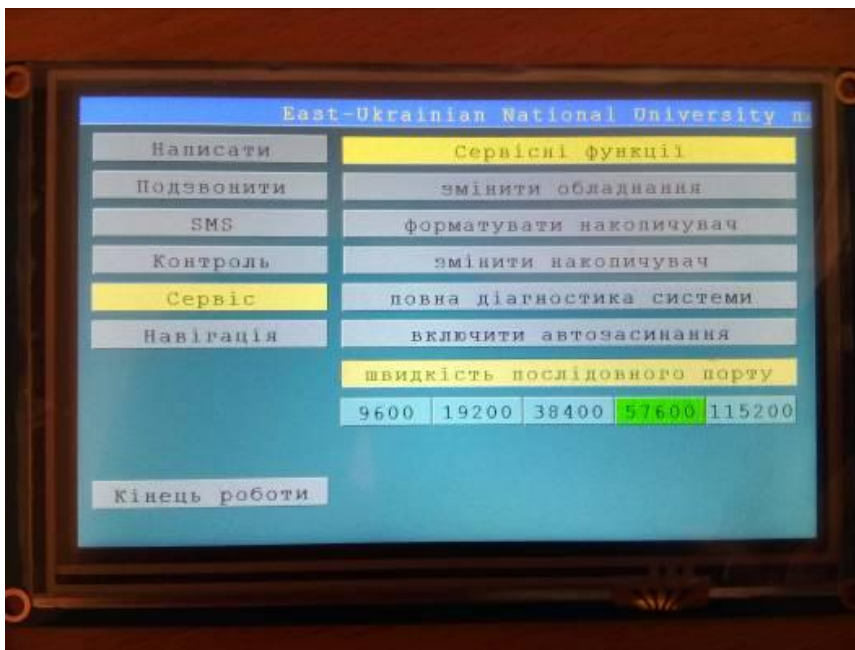


Рисунок 3.13 – Інтерфейс для виконання сервісних функцій.

При ініціалізації вікна інтерфейсу виконується зчитування поточних параметрів швидкості та відповідно до цього виконується налаштування зовнішнього виду інтерфейсних елементів з вибору швидкості. Для цього виконується наступна послідовність дій:

```
if(bauds==9600)
{
    t1.bco=1856
    t2.bco=34295
    t3.bco=34295
    t4.bco=34295
    t5.bco=34295
}else if(baud==19200)
{
    t1.bco=34295
    t2.bco=1856
    t3.bco=34295
    t4.bco=34295
    t5.bco=34295
}else if(baud==38400)
{
    t1.bco=34295
    t2.bco=34295
    t3.bco=1856
    t4.bco=34295
    t5.bco=34295
}else if(baud==57600)
{
```

```
t1.bco=34295
t2.bco=34295
t3.bco=34295
t4.bco=1856
t5.bco=34295
} else if(baud==115200)
{
t1.bco=34295
t2.bco=34295
t3.bco=34295
t4.bco=34295
t5.bco=1856
}
```

При натисканні на відповідний елемент реалізовано функцію, яка змінює параметри порту у поточному режимі (*baud*) та значення, яке буде використано при наступній ініціалізації системи (*bauds*):

```
t1.bco=34295
t2.bco=34295
t3.bco=1856
t4.bco=34295
t5.bco=34295
baud=38400
bauds=38400
```

У використаній нотації змінні *t1-t5* відповідають елементам інтерфейсу з надписами відповідних швидкостей, їх властивість *bco* – кольору фону.



### 3.4.7 Інтерфейс навігаційної системи

Основні вимоги до інтерфейсу навігаційної системи полягають у відображенні поточного положення об'єкту у світовій системі координат та відносно якихось інших об'єктів.

Відповідно до цього, передбачається два елементи, які виводять поточні координати на екран у цифровій формі. Але, оскільки у цифровій формі положення у просторі сприймається погано, потрібно передбачити й графічний режим виводу, у якому відображається карта та у вигляді умовного символу положення об'єкту.

Окрім виводу поточного положення, у задачах навігації часто потрібно виводити також точку кінцевого призначення та маршрут.

Особливістю функціонування у цьому режимі є потреба виводу зображення карти, яке відображається у растровому форматі. Ця необхідність може бути реалізована двома шляхами:

- отримання картографічних даних у векторному форматі та растерізація їх у контролері системи, що потребує значних обчислювальних затрат;
- отримання зображення карти від системи управління фермерським господарством з його завантаженням спочатку у контролер через комунікаційні канали, а потім з контролера до системи монітору, що дає велике навантаження на комунікаційні канали.

Інший шлях може полягати в тім, що на етапі до проведення польових робіт у контролер завантажуються відповідні картографічні зображення, які потім використовуються контролером у процесі роботи. Для прийняття кінцевого рішення за запропонованими варіантами потрібно проведення додаткових досліджень, які не є темою даної роботи.

Інша особливість роботи навігаційної системи полягає у тім, як буде проводитися розрахунок траєкторії руху об'єкта з поточного положення у кінцеву точку призначення. При цьому, розрахований шлях подається у вигляді сукупності координат проміжних точок, у яких слід змінювати напрямок руху. У цьому процесі також рішення можуть бути знайдені або на стороні контролера, або на стороні серверу основної системи управління фермерським господарством, яка потім по каналам зв'язку їх передає до контролера, який вже потім керує як процесом управління засобом, так і процесом відображення отриманої траєкторії на екрані монітору.

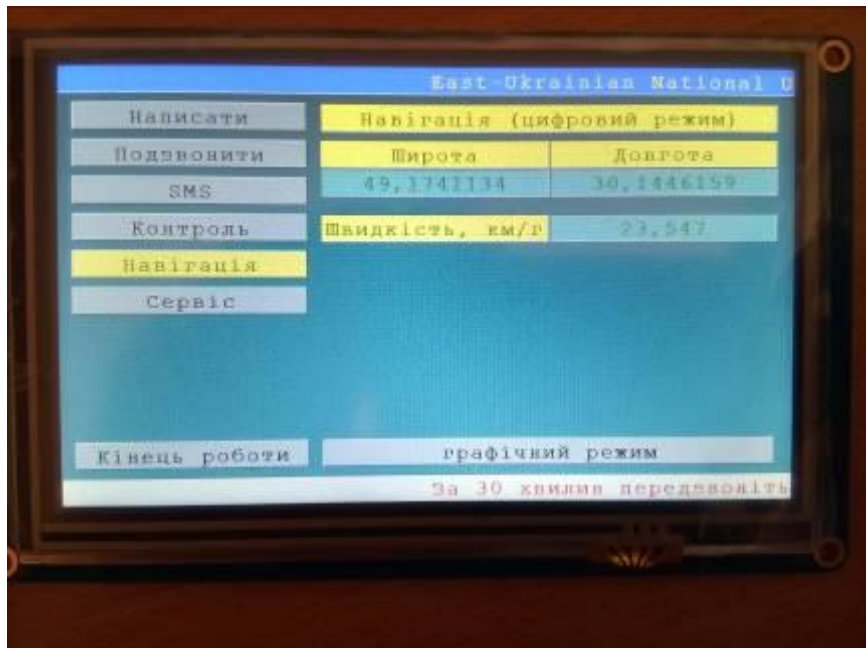
Із допоміжних засобів, які використовуються у задачах навігації, ще слід зазначити компас, спідометр та підказки для підтримання напряму руху. Взагалі, сучасні GPS-приймачі видають цю інформацію у систему, оскільки мають у своєму складі магнітометри та акселерометри.

Виходячи із зазначеного, пропонується реалізація 2-х режимів роботи інтерфейсу навігаційної системи – повністю числового та графічно-числового, зовнішній вид яких представлено на рис.3.14 та 3.15, та для переходу між якими використано додаткові елементи управління.

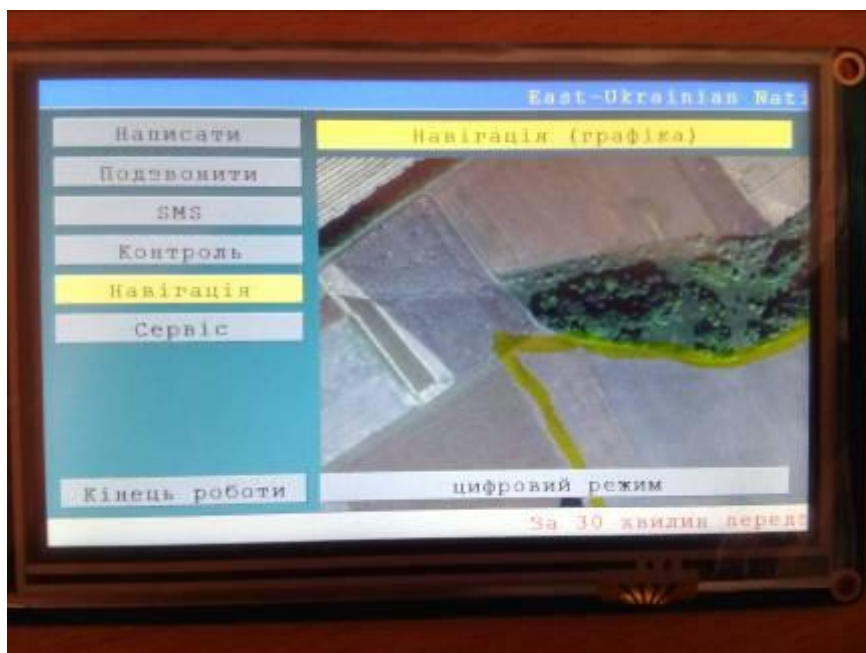
### **3.4.8 Особливості реалізації обміну даними монітору та контролеру**

Основною особливістю процесу обміну між TFT-монітором Nextion та мікроконтролерною системою є те, що обмін може будуватися у двох режимах – обміну даними та командами.

При обміні даними, використано спеціальний режим кодування з префіксом та суфіксом. Для переводу монітору у режим передачі даних, при виникненні подій, потрібно встановити змінну `bkcmd` [2] у відповідне значення.



**Рисунок 3.14 – Цифровий режим навігаційного інтерфейсу**



**Рисунок 3.15 - Графічний режим навігаційного інтерфейсу**

При цьому, монітор буде видавати данні у послідовний порт, які залежатимуть від режиму роботи – виконання команд, які отримано з послідовного порту, чи видача даних, які відповідають діям з інтерфейсом.

Перехід у режим виконання команд із послідовного порту здійснюється по виконанні команди `com_start`, а вихід з цього режиму – по виконанні команди `com_stop`.

Команди повинні передаватися у кодировці ASCII. Кожна команда закінчується символом «END», який кодується послідовністю 3-х байт «0XFF 0XFF 0XFF».

Зворотні дані визначаються конструкцією виду – «код даних»+[«атрибут(и)»]+«END». Де квадратні лапки відповідають опційному використанню елемента, тобто він не обов'язково може бути. При цьому, виділяють 2 групи даних – данні про результат виконання команди, яка прийшла з послідовного порту, та «інші» дані [2].

Для першої групи, значення елемента «код даних» лежить у діапазоні від 0X00 до 0X23 і конструкція даних формується як «код даних»+«END».

Для другої групи поле «код даних» приймає значення від 0X65, а конструкція будується з трьох елементів - «код даних»+[«атрибут(и)»]+«END». Так, наприклад, послідовність «0X65 0X00 0X02 0X01 0XFF 0XFF 0XFF» відповідає тому, що у вікні з індексом 0 (перший атрибут) було натиснуто (третій атрибут) на елемент з індексом 2 (другий атрибут).

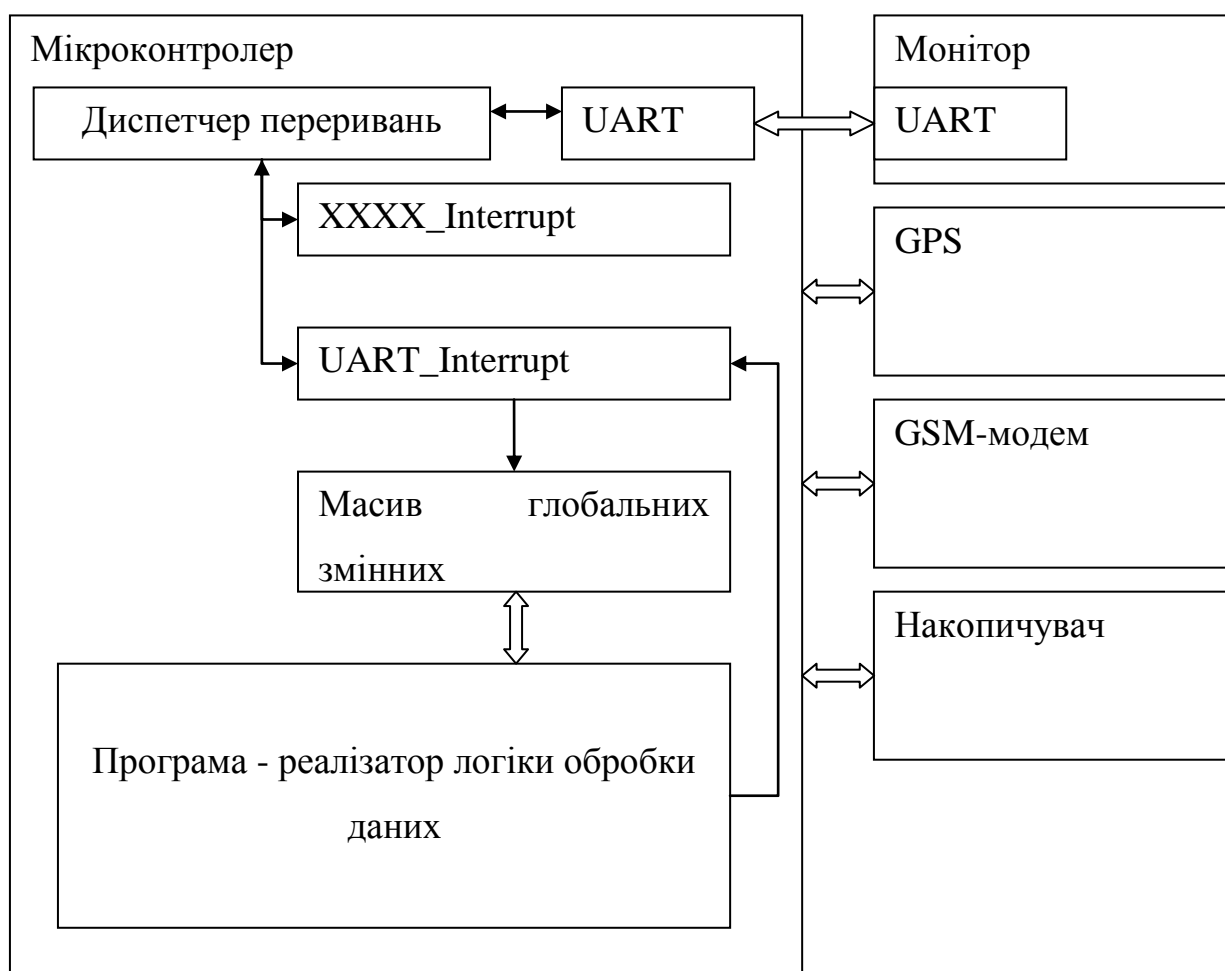
Такі використовувані формати даних указують на необхідність наявності на стороні мікроконтролера, який взаємодіє з монітором селектора, який би аналізував отримані дані та передавав їх відповідним процедурам. Наприклад, при введенні номеру телефону, з яким хоче з'єднатися оператор, кожне натискання на зображення кнопки з відповідною цифрою буде приводити до генерації подібної послідовності, в якій будуть змінюватися індекси елементів, що реалізують відповідні кнопки.

Таким чином, мікроконтролер повинен мати програму, яка на основі отриманих даних буде ідентифікувати поточний режим роботи монітору (чи

встановлювати його за необхідністю) та визначати які дії виконав оператор на основі даних про індекси елементів інтерфейсу у екранній формі.

При цьому, мікроконтролер може виконувати ці дії за перериванням від вбудованого контролеру послідовного порту.

Схема організації взаємодії може бути представлена у виді, наведеному на рис. 3.16.



**Рисунок 3.16 – Схема взаємодії засобів у системі.**

### 3.5 Висновки

Поставлена задача з розробки лінії зв'язку кінцевих абонентів з ядром системи управління вирішена на базі стандартних та розповсюджених засобів, що робить розробку економічно доцільною та ефективною у експлуатаційному плані також.

### 3.6 Перелік використаних джерел до глави 3

1. [Електроний документ] Google Maps platform [URL]  
<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/tutorial> (дата звернення 12.03.2018)
2. [Електроний документ] Nextion Instruction Set [Електронний ресурс] – режим доступу www. [URL]  
[https://www.itead.cc/wiki/Nextion\\_Instruction\\_Set#Format\\_of\\_Device\\_Return\\_Data](https://www.itead.cc/wiki/Nextion_Instruction_Set#Format_of_Device_Return_Data) (дата звернення 15.02.2018)

## **4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ КЕРУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ**

Велика кількість задач, які виконуються у системі управління аграрним підприємством на рівні виконання технологічних операцій пов'язана з прийняттям рішень відносно використовуваних режимів у реальному часі на основі аналізу певної кількості похідних факторів. Наприклад, однією з найпоширеніших задач є визначення оптимальної швидкості руху механізованого засобу. У цьому процесі, не зважаючи на певну простоту вирішуваної задачі, можна виділити кілька факторів, які впливатимуть у кінцевій реалізації не тільки на якість вирішення поточної задачі, але й на якість реалізації інших процесів. Найпростіший варіант може бути реалізований на основі показників одометру, що дозволить оптимізувати витрати пального. Ця задача є однією з важливих, але можна виділити ще й інші, які не лежать явно на поверхні, наприклад:

- урахування швидкості реакції механізму розподілу добрив або насіння на зміну швидкості руху, яке у кінцевому результаті приведе до нерівномірного розподілу матеріалу по площині та, відповідно, невиконанню запланованих нормативів;
- потребу вирішення задачі за певний час, тобто підтримання визначеного швидкісного режиму;
- урахування впливу рельєфу місцевості на якість виконання робіт та на витрати ресурсів;
- вплив швидкості руху на режими експлуатації відповідного навісного обладнання або навпаки;
- навіть, найпростіше – вплив погодних умов на виконувані роботи та таке інше.

Принципи організації обробки даних у підсистемах цього рівня можна гарно описати механізмами роботи нейронних мереж чи подібних їм

структур, виділивши кілька етапів у процесі обробки – на ранніх етапах (вхідний шар) виконується ідентифікація стану сенсорів та об'єкту, потім на основі аналізу отриманих даних та цільових функціях підсистеми, ідентифікується наявний стан системи (проміжні шари) та генерується рішення (вихідний шар) про вплив на режим роботи виконавчих механізмів.

Універсальність запропонованих рішень з побудови структури підсистеми та технологій отримання і представлення первинних даних, моделей і методів їх обробки з метою отримання керуючих впливів, методів організації взаємодії з людиною-оператором є настільки широкою, що вони можуть бути використані не тільки при вирішенні аграрних задач а й у інших виробничих процесах.

Так надалі, для прикладу, запропонована технологія розглядається відносно задачі управління вугільно-видобувним комбайном з метою одержання комплексного рішення з вибору швидкості його просування у забої, з метою отримання безперебійної роботи не тільки його, але й усієї дільниці і шахти в цілому, забезпеченні належного рівня безпеки проведення робіт, урахування особливостей експлуатації гірничого обладнання та дотримання технологічних вимог з виконання відповідного виробничого процесу.

#### **4.1 Особливості реалізації прототипів системи**

Система керування механізованими комплексами вугледобувних ділянок в загальному випадку повинна забезпечувати вирішення наступних технологічних завдань:

- увімкнення машини (подачу напруги) короткочасним впливом на орган управління;

- подачу попереджувального сигналу перед початком роботи машини; оперативну зупинку машин і механізмів та відключення живлення;



- аварійне відключення машини (комплексу);
- здійснення всіх необхідних блокувань, пов'язаних з технологією роботи, а також передбачених для забезпечення безпеки при експлуатації машини (комплексу).

Серед систем керування механізованими комплексами вугледобувних ділянок виділяють локальні і автоматизовані.

Серед локальних систем, що використовуються в шахтах України [27], застосовуються такі системи керування комбайном як УРАН, САУК–М, ЦПУ та інші. Вони дозволяють за рахунок кращого використання енергетичних можливостей приводів підвищити довговічність комбайна, спростити управління машиною, автоматично виконати ряд блокувань, значно підвищити безпеку праці, а також стабілізувати швидкість подачі і здійснити керування електродвигунами в залежності від навантаження на ріжучий орган комбайна [28].

Ефективність роботи вугледобувних комплексів повністю залежить від ступеня забезпеченості автоматизованих систем управління джерелами інформації, умови отримання якої визначають Правила ведення гірничих робіт.

#### **4.1.1 Аналіз особливостей реалізації автоматизованих систем керування**

Процес вуглевидобування відбувається в вугледобувному забої, куди входять вміщувальний простір, який складається з кровлі, вугільного пласту і почви. Схема видобувної ділянки представлена на рис. 4.1. Обмежують простір забою 2 штреки – відкаточний і вентиляційний. Відкаточний штрек забезпечує транспортування вугілля і пропуск свіжого повітря, а вентиляційний – виведення відпрацьованого повітря [1,2].

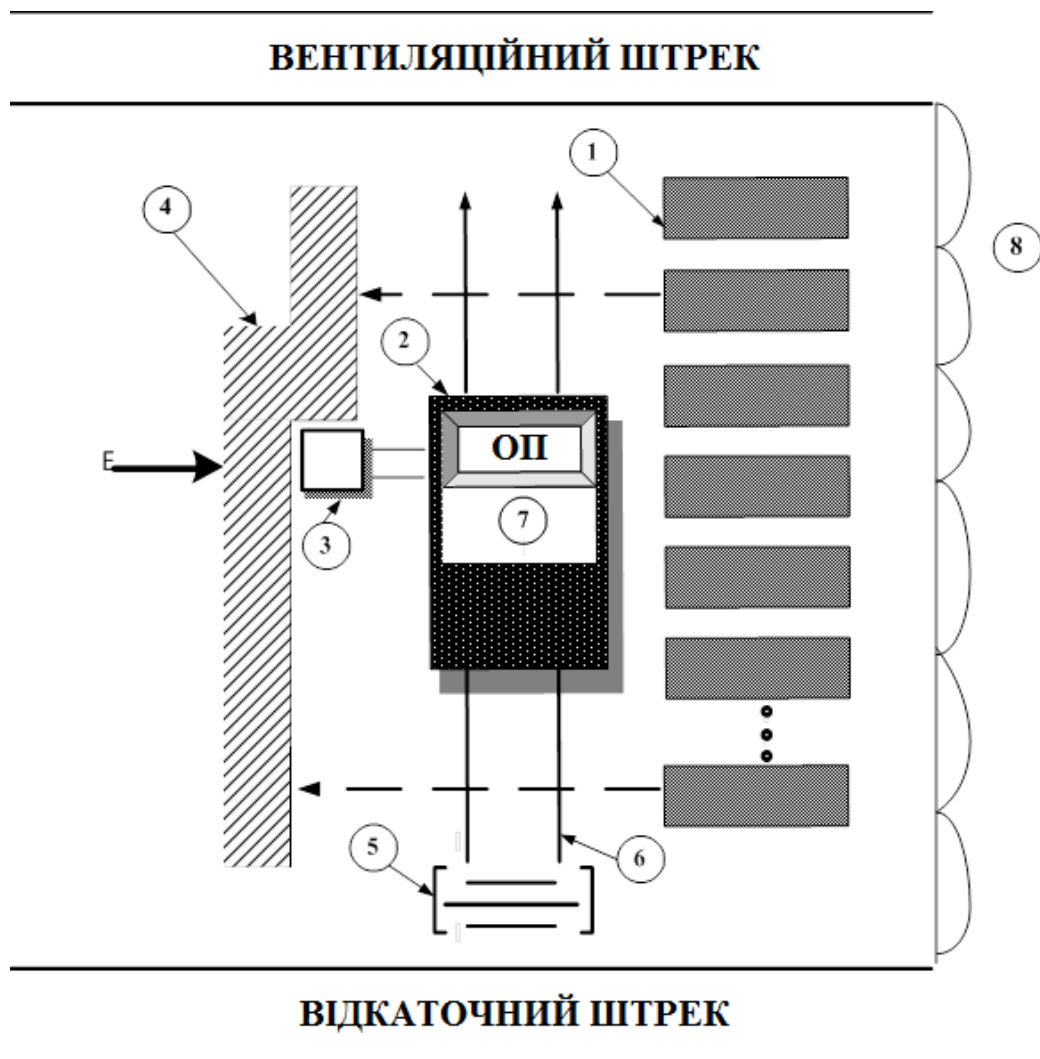


Рис. 4.1. Схема організації виробничої ланки

До складу механізованого комплексу входять вуглевидобувний комбайн і секції МК, що виконують функції руйнування вугільного масиву і підтримки робочого простору відповідно. Комбайн має ріжучий орган у вигляді шнеків або барабанів з різцями, які руйнують вугільний пласт і вантажать зруйновану масу на скребковий конвеєр. Найважливішими факторами процесу обвалення є: швидкість подачі комбайна, допустима величина незакріпленого простору слідом за ріжучим органом, рівень непрямої енергії забою, активність потенційної енергії вугільного масиву, обумовленої скупченням метану. Прояви активності потенційної енергії і зростання вивалів над консольною частиною кріплення, що призводять до

викидів і обвалів вміщувальних порід, залежить від швидкості подачі комбайна [25–30].

У процесі вуглевидобутку ріжучий орган комбайна знімає з пласта стружку, але його зусиллю може протидіяти накопичена потенційна енергія газу метану. У разі перевищення зусилля різання, потенційна енергія за рахунок викидів вугілля і газу перекидає комбайн у вироблений простір, що призводить до аварійної ситуації і значних простоїв на їх ліквідацію.

На рис. 4.1 показаний вид зверху видобувного забою: 1 – механізовані секції кріплення; 2 – вугільний комбайн; 3 – ріжучий орган 4 – вугільний пласт; 5 – скребковий конвеєр; 6 – напрямні, по яких рухається комбайн; 7 – обчислювальний пристрій; 8 – завальна частина забою, завалені породи за задньою частиною МК.

Рух комбайна відбувається по напрямних, перпендикулярно лінії забою і супроводжується засуненням секцій МК слідом за ріжучим органом для підтримки кровлі. Секції не завжди можуть бути повністю засунуті в зв'язку з рельєфом забою, що призводить до порушення його прямолінійності і входу комбайна в небезпечну по вивалам породи і вугілля зону кровлі на підвищеній швидкості. Останнє викликає простої за часом і загрожує життю оператора комбайна. Усунути аварійну ситуацію можна за рахунок зниження швидкості подачі при підході до небезпечних зон і виведення оператора на безпечну відстань. У процесі вуглевидобування виникає явище конвергенції – зближення порід кровлі і почви, яке настає, якщо протягом 2 годин комбайн не перейде на нову дорогу, що призводить до задавлювання комплексу. Тому для ефективної роботи вуглевидобувних комплексів і безпеки оператора необхідні повні дані про стан забою [1–3].

Конвеєр у початковому положенні присунений до забою, комбайн розташований на одному з кінців лави і підготовлений до зняття стружки вугілля, секції кріплення розперті і віддалені від конвеєра на крок пересування, кріплення сполучення розперті [4].

Просування очисного комбайна вздовж забою з необхідними значеннями швидкостей і зусиль забезпечує система переміщення. Зміну швидкості переміщення виконує оператор комбайну, перебуваючи на ньому, або дистанційно керуючи пускачем комбайна з пульта по допоміжним жилам силового кабелю. Значення швидкості визначає стан вміщувальних порід. Найбільший інтерес для дослідження представляють кровля забою і вугільний пласт [2–6].

Просторове положення вугільного пласта визначається напрямом простягання і падіння, кутом падіння і потужністю пласта. Загальна потужність вугільних пластів Донбасу і інших вугледобувних районів України змінюється від 0,5 до 2,0 м. Вугільний пласт впливає на швидкість комбайна за фактором наявності областей підвищеної концентрації небезпечного газу-метану в ньому.

У структурі кровлі виділяють безпосередню, хибну і основну кровлю. Безпосередня кровля є нестійким елементом забою, тому її підтримують секції кріплення [6–10].

У хибній кровлі виділяють літогенну і тектоногенну. Літогенна кровля має малу міцність, обумовлену складом порід, і складена вуглистими аргілітами. Низька міцність тектоногенної кровлі обумовлена тектонічною перем'ятістю порід на перетині з вугільним пластом. Зазвичай потужність такого шару складає близько 20 – 60 см. Явище перем'ятості пов'язано з концентрацією тектонічних напружень уздовж контактів вугільного пласта з породами кровлі [11–14].

Безпосередня кровля ділиться на нестійку, середньостійку і стійку. Нестійка кровля без кріплення обвалюється слідом за просуванням забою. Обвалення відбуваються в призабійному просторі по тріщинах гірського тиску або по тектонічних тріщинах при незначному збільшенні гірського тиску. Формують безпосередню кровлю аргіліти і вуглисті аргіліти, верхня

межа яких знаходиться на відстані більше 1 м від верхнього контакту пласта вугілля.

Середньостійка кровля в призабійній смузі шириною до 2 м стійка протягом доби. Обвалюється в призабійному просторі при посадці основної кровлі. Середньостійку кровлю формують алевритісті аргіліти і алевроліти. Сстійка кровля не обвалюється в забої, тому що формується алевролітами з коефіцієнтом міцності більше семи [12–14].

В основній кровлі забою виділяють легкообвалювальну, середньообвалювальну і складнообвалювальну. Легкообвалювальна кровля не має шкідливого впливу на гірничі роботи, тому що плавно прогинається у виробленому просторі лави, з'єднуючись з ґрунтом, або там же обвалюється з невеликим зависанням. Тобто легкообвалювальна основна кровля не тисне на забій. З ймовірністю 0,5 середньообвалювальна кровля зависає на відстані до 20 м від кріплення в виробленій порожнечі і шкідливо впливає, збільшуючи торний тиск на забій, приводячи до вивалів порід безпосередньої кровлі. Якщо ґрунт дуже хиткий, то середньообвалювальна основна кровля переходить в розряд складнообвалювальної [10–15].

Складнообвалювальна кровля зависає на 25 – 30 м за кріпленням і іноді розчавлює в забої безпосередню кровлю, вугілля і кріплення. Кровля складена пісковиками і вапняками. Щоб уникнути звукових ефектів і повітряних ударів кровлю садять примусово.

Стан порід кровлі визначає значення довжини виробленого і незакріпленого простору за комбайном. З позиції ефективного керування станом вміщувальних вугільний пласт порід, обсяг оголеного простору за комбайном повинен бути якомога меншим.

Хибна кровля є найменш стійкою і служить причиною вивалів і обвалень порід в призабійний простір, що призводить до травм ГРОЗ і зниження ефективності вуглевидобування. Тому необхідно виключити можливість входження комбайна в небезпечну зону на підвищеній швидкості

шляхом забезпечення точного контролю його місця розташування щодо небезпечних по вивалам вугілля і порід зон кровлі [12–15].

Для кращого розуміння специфіки і суті процесу видобутку вугілля на рис. 4.2 представлена контекстна діаграма за допомогою IDEF0 методології. IDEF0 модель будується як сукупність взаємодіючих робіт і функцій. Функції системи аналізуються незалежно від об'єктів, якими вони оперують, що дозволяє точно змоделювати логіку і взаємодію процесів [16].

Кожна IDEF0 – діаграма містить блоки і дуги. Блоки зображують функції модельованої системи. Дуги пов'язують блоки разом і відображають взаємодії і взаємозв'язки між ними.

Стандарт IDEF0 вимагає, щоб в діаграмі було не менше трьох і не більше шести блоків. Ці обмеження підтримують складність діаграм і моделі на рівні, доступному для читання, розуміння і використання [17].

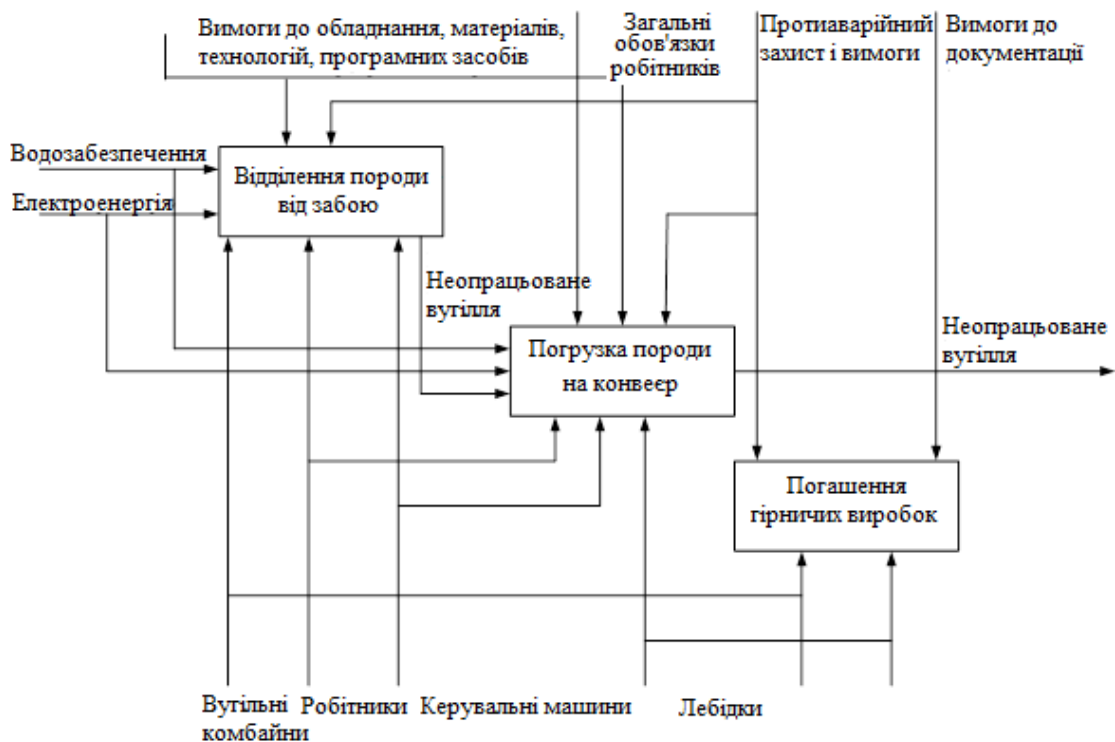


Рис. 4.2. Функціональна модель технологічного процесу

Різні гірничо-геологічні умови (ГГУ) залягання вугільних пластів, нестабільність фізико-механічних властивостей вміщувальних порід, складність технологічного процесу виїмки вугілля зумовили велику різноманітність схем і засобів механізації гірничих робіт [18–20].

Серед них слід виділяти засоби механізації виїмки вугілля, доставки відокремленого від масиву і відвантаженого вугілля, кріплення і керування кровлею. Засоби механізації зазначених процесів істотно розрізняються між собою в силу специфіки виконуваних функцій. Однак в загальній схемі механізації технологічного процесу виїмки вугілля вони можуть бути об'єднані для спільної роботи шляхом накладення на них технологічних, кінематичних і конструктивних зв'язків [20, 21]. Технологічний зв'язок здійснюється узгодженням з технологічним процесом відокремлених машин для їх доцільного поєднання. Він є обов'язковим і при наявності інших видів зв'язків. Кінематичний зв'язок здійснюється зчленуванням технологічно узгоджених і функціональних машин, що зберегли свою індивідуальність. Конструктивний зв'язок здійснюється поєднанням базових елементів (базисний зв'язок) технологічно узгоджених і кінематично пов'язаних функціональних машин. Він завжди призводить до зміни конструкції індивідуальних машин і втрати ними своєї окремішності. Різноманітні засоби і схеми механізації процесу виїмки вугілля або проведення гірничих виробок можуть бути класифіковані за призначенням гірничих машин і виду зв'язків між ними. На Рис. 4.3 представлена класифікаційна схема засобів механізації гірничих робіт, яка, відображаючи їх різноманіття, характеризує одночасно і якісний ступінь розвитку гірничих робіт [22].

Гірничим машинам на рис. 4.3 присвоєні такі символи: В – виїмальні машини, Д – машини доставки, К – механізоване кріплення. Знак: «←→» означає технологічний зв'язок, «+» – кінематичний зв'язок і «•» конструктивний зв'язок [20–22].

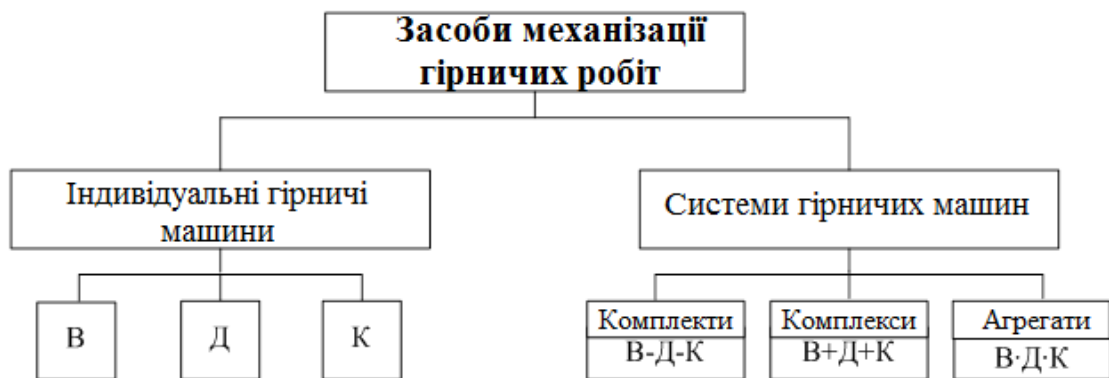


Рис. 4.3. Класифікаційна схема засобів механізації робіт

Для першого етапу механізації характерно застосування індивідуальних гірничих машин. Більшість процесів в очисному забої по підрубуванню пласта, відбою і навалювання на засоби доставки виконувалися широкозахватними очисними комбайнами з робочим органом більше 1 м в ширину захвату.

Призабійний простір в забої кріпився індивідуальним дерев'яним, а потім металевим кріпленням, що включає призабійні стійки, верхняки і посадочні стійки. Останні застосовувалися для керування кровлею способом повного обвалення [21–22].

Для другого етапу характерно застосування вузькозахватних очисних комбайнів з шириною захвату робочих органів менше 1 м. З'явилася також нова конструкція забійного конвеєра, яка також стала виконувати роль спрямовуючої для комбайна. Переміщення конвеєра і комбайна, на нову дорогу стали робити за допомогою гідравлічних домкратів.

Нова технологія дозволила проводити виїмку вугілля за човниковою схемою (без холостого ходу комбайна, зазвичай вниз по забою) і поєднувати за часом операції відбою, навалювання, доставки, пересування забійного конвеєра, кріплення оголеного простору і керування кровлею слідом за рухомим комбайном. Сталі широко застосовуватися індивідуальне металеве



кріплення полегшеного типу (стійки і верхняки), клинові стійки тертя стали витіснятися гідравлічними стійками внутрішнього живлення. Для керування кровлею було розроблено металеве посадкове кріплення [20–23].

З'явився гідропривід, який дозволив створити вузькозахватні комбайни з безступінчастим регулюванням швидкості подачі і з регульованим по потужності пласта виконавчим органом, а також механічна система подачі з канатним органом переміщення на всю довжину очисного забою. Швидкості подачі комбайнів зросли від 1 до 3 м/хв, а потім і до 6 м/хв.

Для третього етапу характерно застосування очисних вузькозахватних комплексів. За допомогою гідрофікованого МК механізовано кріплення призабійного простору і керування кровлею, що істотно підвищило безпеку робіт в очисних забоях [20–25]. На даному етапі були досягнуті часткова автоматизація основних і допоміжних процесів в очисному забої, дистанційне керування машиною з переносного пульта і механізація трудомісткої операції по виїмці ніш на кінцях забою. Ця операція виконується очисним комбайном, для чого потрібно було вдосконалити конструкцію його виконавчого органу. Очисний комбайн спершу зарубував пласт в нижньому або верхньому кінці очисного забою на величину корисного захоплення виконавчого органу (витрачаючи на цю операцію 20 – 30 хв), а потім здійснював робочий хід у заданому напрямку. Механізація не тільки основних, але і допоміжних операцій в очисному забої і на прилеглих до нього штреках (комплексна механізація) зробила працю шахтаря менш важкою і більш продуктивною [22–25].

Для четвертого етапу характерно застосування вугледобувних агрегатів з виконавчими органами стругового або конвеєрно-стругового типів. Сучасний агрегат здійснює: виїмку вугілля по всій довжині очисного забою і потужності пласта, навалювання вугілля на забійний конвеєр (на пологих і полого-похилих пластах) і доставку його по забою. Одночасно з

виїмкою вугілля відбувається фронтальне пересування базових секцій кріплення, а потім фронтально-групове пересування посадочних секцій. Керування агрегатом здійснюється автоматично або дистанційно з розташованого на штреку пульта, тому присутність людей в очисному забої при роботі агрегату виключається. Люди в забої повинні з'являтися тільки для ліквідації можливих відмов елементів агрегату, розташованих в очисному забої, а також для проведення планових робіт з технічного і ремонтного обслуговування агрегату [25].

Характерним для даної класифікації є підвищення ефективності процесу вуглевидобування і мінімізація безпосередньої участі людини.

Ефективність вуглевидобування визначається часом безперебійної роботи машин і механізмів комплексу, який залежить від наявності вивалів кровлі і викидів газу в призабійний простір. Вхідження в зону, небезпечну за даними факторами на підвищеній швидкості призводить до аварійної ситуації. На сьогоднішній день контроль місця розташування комбайна щодо небезпечних зон не виконується, тому необхідне нове джерело інформації для вибору швидкісного режиму комбайна при підході до небезпечних зон і їх перетині.

#### **4.1.2 Аналіз систем керування механізованими комплексами ділянок**

Ефективність роботи вугледобувних комплексів повністю залежить від ступеня забезпеченості автоматизованих систем керування джерелами інформації. Далі аналізуються засоби і методи, використовувані для вирішення завдань збору даних по забезпеченню системи керування вугледобувним комплексом вихідними даними.

Є ряд розробок, присвячених створенню давачів положення секцій і електрогідравлічних клапанів і перемикачів, що становлять технічну основу

систем автоматизації кріплень [29–33] та інших інформаційно-керуючих систем [34–39].

У роботах [40–50] оцінюється вплив режимних параметрів МК на ефективність процесу вуглевидобування.

Значне число робіт [51–60] присвячено вирішенню завдань керування МК по гіпсометрії пласта. Розроблено методи та засоби автоматичного контролю границі розділу «порода – вугілля», проте ефективної реалізації керування, пов'язаного з контролем границі переходу від пласта до породи досягти не вдалося [61–72].

Представляють інтерес сейсмоакустичні дослідження вугільного пласта [73], а також роботи по дослідженню напруженого стану масиву гірничих порід [74–82]. В [74] запропоновано спосіб прогнозу стійкості оголеного масиву гірничих порід у процесі вибухового відбою корисних копалин. Він включає: буріння спостережуваних свердловин в області контрольованого масиву, проведення вимірювань в свердловинах після кожного вибуху і зіставлення характеристик напружено-деформованого стану масиву. Визначають обсяг ділянок масиву з відносним ущільненням і розущільненням і прогнозують стійкість оголення. В [75] і [76] запропонований аналогічний спосіб контролю, що включає проходку свердловин, реєстрацію початкової ділянки загасаючої повзучості порід, безперервну реєстрацію деформацій свердловин і миттєву швидкість деформацій. Ці методи є актуальними і в даний час. Недоліком зазначених методів є значна вартість обладнання та підготовчих робіт.

В [77–79] запропонований спосіб визначення вимірювання електричних характеристик гірничої породи в області масиву, що лежить між пробуреними свердловинами електричними методами. Додатково вимірюють діелектричну проникність для оцінки напруженого стану призабійної зони гірничого масиву, а по головному екстремальному значенню відношення

діелектричної проникності досліджуваного і неопрацьованого масивів встановлюють місце розташування максимального опорного тиску.

Недоліком є великий обсяг підготовчих робіт для визначення стійкості оголення. Метод може бути використаний для цілей автоматичного керування.

В [80] описано пристрій для вимірювання тиску в масиві гірничих порід тензометрами. Пристрій придатний тільки для проведення досліджень.

В [81] запропоновано спосіб визначення динамічної міцності гірничих порід на розрив, заснований на механічному впливі вибуху на зразок. Про динамічну міцність судять по тріщинах на зрізі зразка після вибуху. Спосіб придатний тільки для лабораторних досліджень.

В [82] запропоновано спосіб визначення напружень в порушеному масиві гірничих порід, заснований на опромінюванні зовнішньої ділянки масиву ультразвуковими імпульсами. Потім вимірюють в кількох точках час проходження імпульсів через порушену ділянку масиву. Спосіб перспективний, але несумісний з керуванням в режимі реального часу і потребує складної обробки сигналу.

При оцінці ефективності процесу вуглевидобування крім роботи, виконуваної машинами і механізмами комплексу необхідно також враховувати ГГУ залягання пластів. Наприклад, для шахт США і Австралії ГГУ різко відрізняються і є сприятливими. Пласти залягають поодинокі, розташовані на порівняно невеликій глибині (100 – 300 м), з кутом падіння  $10-12^{\circ}$ , потужністю 1,7 – 4 м, витримані по потужності і гіпсометрії, без геологічних порушень, з малою газонебезпечністю, стійкою безпосередньою кровлею і середньою по навантажувальним властивостям основною кровлею; пласти не схильні до газодинамічних явищ.

За основними властивостями вугілля і вміщувальних порід (газоносність, запиленість, вибуховість пилу, сілікозонебезпека, обводненість) Донецький басейн слід віднести до дуже складних. З огляду на

складність ГГУ залягання пластів, впровадження даної техніки не дасть аналогічний результат, а сама техніка є непридатною. Підтвердженням цього також служить досвід російської вугільної промисловості, де в останні 15 років здійснюється інтенсивне впровадження зарубіжних технологій і техніки, ефективність яких доведена роботою вугледобувних підприємств Австралії, США, Німеччини та ін. Так, наприклад, в результаті впровадження імпортованих технологій лише на окремих вуглевидобувних підприємствах Кузбасу досягнуті показники, близькі до показників зарубіжних підприємств – аналогів.

Впровадження нових вітчизняних та імпортованих технологій і техніки виявило ряд проблем, серед яких виділено такі [24, 27]:

- недостатній рівень адаптивності зарубіжної техніки до ГГУ вугільних родовищ;
- відсутність системного підходу при будівництві та реконструкції вугледобувних підприємств, впровадження окремих прогресивних елементів в існуючі технологічні системи підприємств не призводить до суттєвого підвищення ефективності всієї системи;
- недостатній рівень підготовки фахівців і робітників;
- високий рівень травматизму, в тому числі групового, на вугледобувних підприємствах;
- реалізація за залишковим принципом технологічних і технічних рішень з промислової безпеки;
- незатребуваність вітчизняних наукових розробок.

Таким чином, застосування зарубіжної техніки веде до економічних витрат, але не підвищує ефективність вуглевидобутку. Крім того, складні підземні умови вимагають додаткових витрат на адаптацію техніки і навчання працівників.

Основні способи керування пересуванням секцій МК вказані в табл. 1.2. Відомі способи [83–87] мають такі недоліки, як відсутність засобів

визначення стану вміщувальних порід, а також використання давачів з дискретним вихідним сигналом, що не дає контролювати справжню величину непрямолінійності лінії забою.

Все різноманіття технічних рішень підтверджує лише важливість завдання забезпечення безперебійної роботи видобувних об'єктів і не вирішує завдання безпечної роботи операторів: машиністів комбайна і кріплення, а також гірничого майстра. Умови безпечного керування повністю приписані Правилами ведення гірських робіт, дотримання яких у зв'язку зі збільшенням глибини виробок і ускладненням ГГУ не завжди приводить до бажаного результату і постійно потребує вдосконалення.

Ефективне вдосконалення цих рішень неможливо без наявності інформації про стан вміщувальних порід і більш точної інформації про стан механізмів об'єкта в процесі взаємодії, використовуваної в реальному часі.

Стан комп'ютеризації та систем керування в гірничій області достатньо повно висвітлено в [88]. Зарубіжними фірмами розроблені мікропроцесорні системи автоматизації МК [88–90]. Зарубіжний досвід експлуатації мікропроцесорних систем керування [91] забезпечив номінальну швидкість подачі комбайна на шахті «Еллаконт» (Австралія) 9 ... 10 м / хв. З появою інформаційно-вимірювальних систем контролю навантаженого стану консольної частини кріплення і систем контролю дій сил потенційної енергії, а також систем точного контролю місця розташування комбайна щодо секцій кріплення [92, 93] рішення задачі безпечного обслуговування комплексів в значній мірі вирішено. Але основним напрямком цих систем було збільшення коефіцієнта використання машинного часу для отримання максимальної продуктивності. При цьому, безумовно, підвищувалася безпека роботи гірничого майстра, оскільки виключалася необхідність частого візуального огляду стану контакту системи «кровля–кріплення» для своєчасної викладки кострів. Також оптимальне керування швидкістю подачі комбайна виключало вивали порід кровлі і вугільного масиву в призабійний простір,

завдяки чому виключалися простої на ліквідацію наслідків обвалень. Відповідно підвищувалась безпека обслуговування операторів комбайна, кріплень і гірничого майстра.

Однак, незважаючи на розробку вбудованих вимірювальних засобів контролю параметрів сил і їх похідних, а також безконтактних засобів контролю положення, переміщення, швидкості, захисного виконання і їх високу надійність, з'явилися проблеми в реалізації ліній зв'язку.

У функції вимірювальної системи також входила необхідність комутації джерел живлення (ДЖ), оскільки за вимогами іскробезпеки з боку МакНДІ не передбачалося підключення до одного ДЖ більше трьох давачів. Постійне технологічне переміщення машин і механізмів комплексу на нову дорогу знижувало надійне функціонування лінії зв'язку.

В результаті виконаного аналізу можна зробити висновок, що підвищення ефективності процесу вуглевидобування при використанні існуючих автоматизованих систем керування механізованими комплексами вугледобувних ділянок вимагає мінімізації ліній зв'язку між машинами і механізмами, а також видалення оператора на безпечну відстань при підході до небезпечних зон і їх перетині.

Конкретним ГГУ відповідає оптимальна швидкість подачі, при якій не відбуваються обвалення вугільного масиву в призабійний простір, скорочуються простої, пов'язані з обваленнями, і зростає швидкість просування лінії очисного забою і продуктивність комплексу. Недоліком відомих автоматизованих систем керування комплексом є складність визначення оптимальної швидкості, оскільки потрібна інформація про стан вміщувальних порід від давачів сили, що тягнуть за собою розробки роботизованих властивостей секцій кріплення і комбайна, що економічно складно і тому використовується досить обмежено. Одночасно слід визнати високу ступінь професіоналізму операторів (машиніста комбайна та

кріплень), а також гірничого майстра, які володіють необхідною інформацією в реальному часі.

На підставі вищевикладеного, а також факту, що можливості електронних засобів стрімко розвиваються, можна стверджувати про необхідність удосконалення низки завдань при реалізації системи контролю місця розташування комбайна. Для чого в лінії зв'язку слід використовувати джерела живлення постійного струму на кожний вимірювальний засіб. А для передачі інформації та збору її в процесі руху комбайна використовувати передавачі, приймачі і мікропроцесорні модулі для аналізу і відображення результатів.

Одночасно слід зазначити необхідність використання інших наявних на шахтах службових джерел інформації про стан вміщувальних порід для реалізації нових інформаційних технологій. Таким джерелом можуть бути відомості сейсмоакустичної служби для шахти і з уточненнями від геолого-маркшейдерської служби.

Одним із завдань керування комбайном є безпека операторів в різних ГГУ забою. Зараз гірничо-геологічна обстановка в лаві оцінюється тільки візуально за рекомендацією гірничого майстра. Для оцінки процесу взаємодії забою з вміщувальними породами необхідно, щоб функції гірничого майстра виконувала інформаційно–вимірювальна система, для роботи якої необхідні нові способи керування машинами і механізмами комплексу та вдосконалення технічних засобів.

На підставі вище згаданого можна зробити висновки про необхідність пошуку нових рішень для оптимізації процесу вуглевидобування в складних ГГУ, які необхідно направити на:

– розробку і застосування логічних структур, які використовують знання персоналу, що обслуговує видобувні ділянки і



– адаптацію службової інформації геолого-маркшейдерських служб до умов вуглевидобування на ділянках, обладнаних механізованими комплексами.

Метою даної роботи є зменшення часу простоїв машин і механізмів вугледобувного комплексу для підвищення ефективності процесу вуглевидобування при підході до небезпечних зон і їх перетині за рахунок удосконалення інформаційної технології керування швидкістю вугледобувного комбайна.

Для досягнення цієї мети поставлені і вирішені наступні задачі:

- Обґрунтовано можливість використання нових джерел інформації;
- Розроблено метод обчислення уточнених координат технологічних об'єктів;
- Розроблено модель контролю непрямої лінії виробничої ланки;
- Розроблено модель підтримки прийняття рішень з вибору уставок на керування швидкістю подачі комбайна;
- Удосконалено інформаційну технологію керування швидкістю комбайна у відповідності до особливостей технологічного процесу.

## **4.2 Теоретичні засади розробки системи керування швидкістю**

### **4.2.1 Розробка єдиного підходу до представлення первинних даних від підсистем контролю на основі нерівномірної дискретизації**

На сьогоднішній день практично всі операції аналого-цифрового перетворення сигналів в системах автоматизованого керування процесом вуглевидобування виконуються за допомогою методу рівномірної дискретизації, для якого характерна інформаційна надмірність.

Альтернативним методом є стохастична дискретизації сигналів, перевагами якої є можливість уникнути аліасингу і зниження необхідної для коректного відновлення сигналу частоти дискретизації.

У даному розділі досліджені відмінності в якості відновлення сигналу після рівномірної і стохастичної дискретизації. Виконано експериментальні дослідження по дискретизації і відновленню сигналу шляхом моделювання в програмному пакеті LabView.

Вибір частоти при рівномірній дискретизації підпорядкований теоремі Котельникова [123], згідно з якою для відсутності змін в спектрі головного частотного діапазону необхідно і достатньо, щоб максимальні частотні складові  $f_{\max}$  в спектрі аналогового сигналу не перевищували частоту Найквіста. Це означає, що на одному періоді коливань з частотою  $f_{\max}$  має бути мінімум дві точки відліку.

Якщо умова порушується, спотворення частотного спектра вихідного аналогового сигналу неминучі. Характер спотворень в часовій області можна наочно бачити на рис. 2.1, де показані три можливих варіанти співвідношення частот гармонічних сигналів з постійною частотою їх дискретизації.

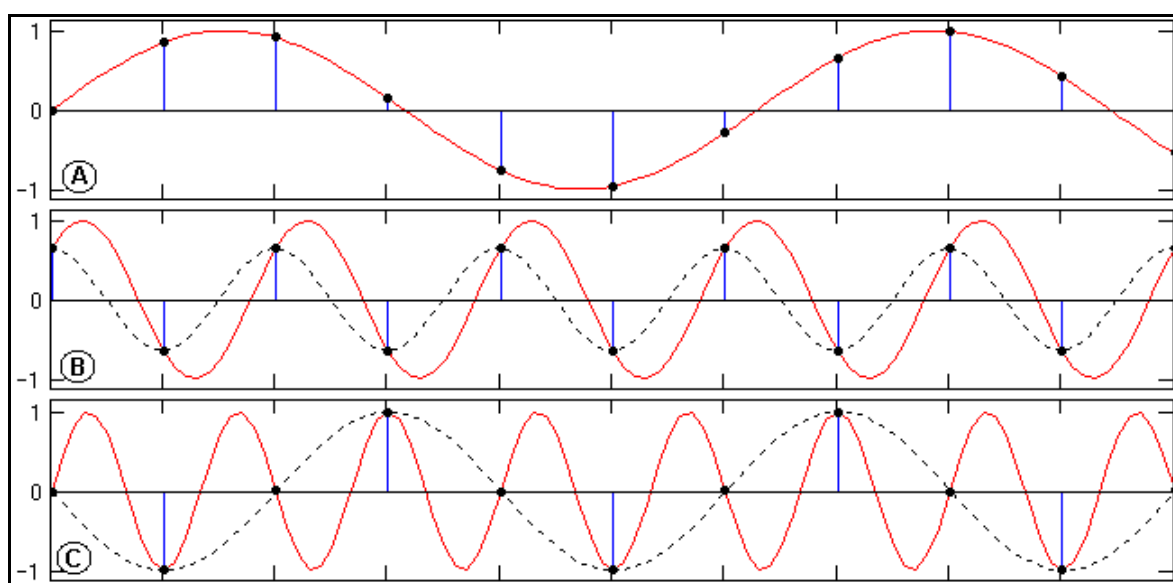


Рис. 2.1. Дискретизація гармонік з різною частотою

На графіку А частота гармонічного сигналу менше частоти Найквіста. Дискретним відліком може відповідати тільки вихідна гармоніка, амплітуда, частота і фаза якої можуть бути однозначно визначені по будь-яким трьом послідовним точкам (три рівняння, три невідомих).

На графіку В частота гармонійного сигналу дорівнює частоті Найквіста. Це означає періодичне повторення кожної пари послідовних відліків, отже, є тільки два рівняння з трьома невідомими з можливістю визначення тільки частоти, але за умови, що початкова фаза сигналу збігається з початковою фазою частоти дискретизації (в цьому випадку всі відліки нульові). Амплітуда і фаза сигналу визначаються однозначно тільки за умови збігу відліків з екстремумами гармоніки [124–127].

На графіку С частота гармонічного сигналу більше частоти Найквіста. Рішення трьох рівнянь з трьома послідовними точками дозволяє визначити амплітуду гармоніки, але дає спотворені значення частоти і фази коливання (показано пунктиром). Це так званий ефект появи помилкових частот (аліасінг). Частоти гармонічних коливань вище частоти Найквіста як би дзеркально "відображаються" в головний частотний діапазон від його меж (на частоті Найквіста).

Завдання абсолютно точного відновлення сигналу на практиці зазвичай не ставиться, на відміну від задачі мінімального фізичного обсягу інформації, при якому зберігається можливість її відновлення в безперервній формі з певним допустимим значенням похибки. Таке завдання актуальне завжди, особливо при дистанційних методах реєстрації та обробки інформації, передачі сигналів по каналах зв'язку і підготовці інформації до зберігання. Одним з методів вирішення цього завдання є нерівномірна дискретизація, адже недотримання при дискретизації частоти Найквіста дозволяє зменшити обсяг вибірки без появи високочастотних аліасів [124–126].

На рис. 2.2 представлений сигнал з нерівномірно взятими на ньому відліками, для якого існує тільки одна вірна синусоїда, що проходить точно через всі точки дискретизації, таким чином, в спектрі відновленого сигналу яскраво виражені аліасні складові будуть відсутні. Таким чином, випадкове здійснення вибірки краще, якщо передфільтрація сигналу перед аналого–цифровим перетворенням ускладнена внаслідок апаратних або інших обмежень [124–127].

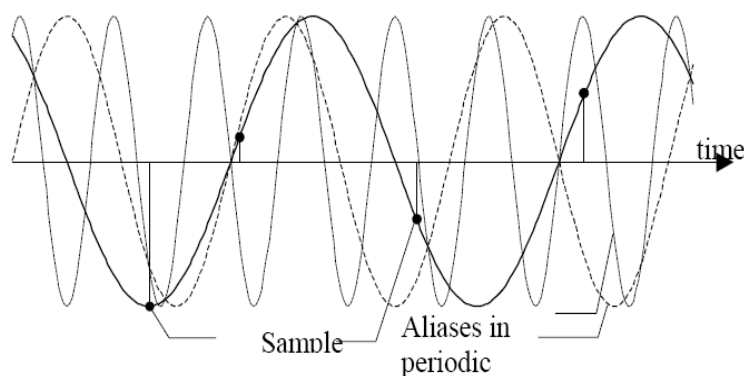


Рис. 2.2. Відтворення стохастично–дискретизованого сигналу

Розроблений віртуальний інструмент у середовищі LabView, який виконує генерацію, дискретизацію і відновлення різних сигналів, що містить два основних робочих блоки циклу рівномірної і стохастичної дискретизації (рис. 2.3, 2.4). Повна структура віртуального інструменту представлена на рис. 2.5.

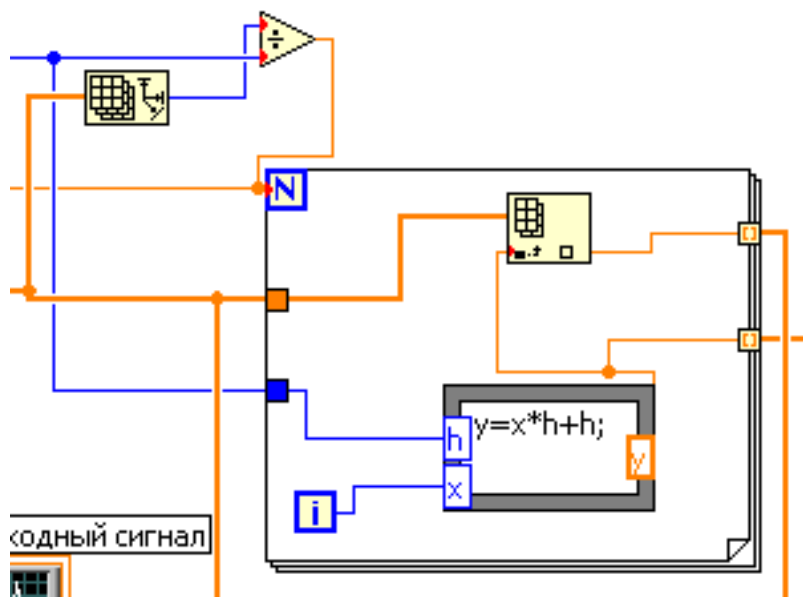


Рис. 2.3. Цикл рівномірної Дискретизації

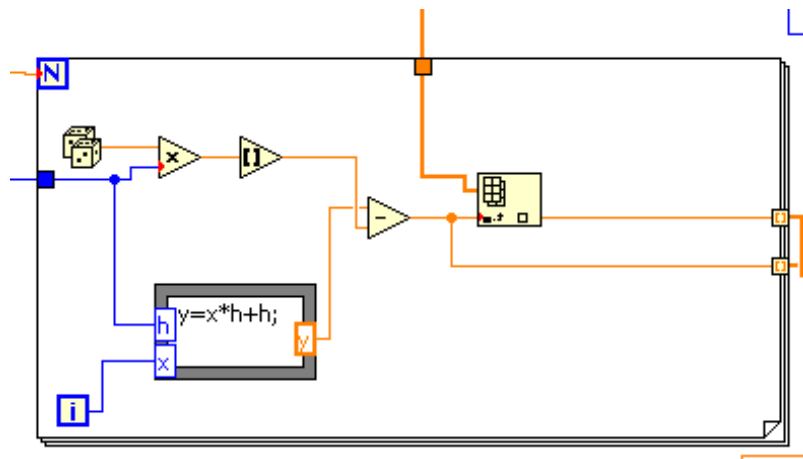


Рис. 2.4. Цикл стохастичної дискретизації

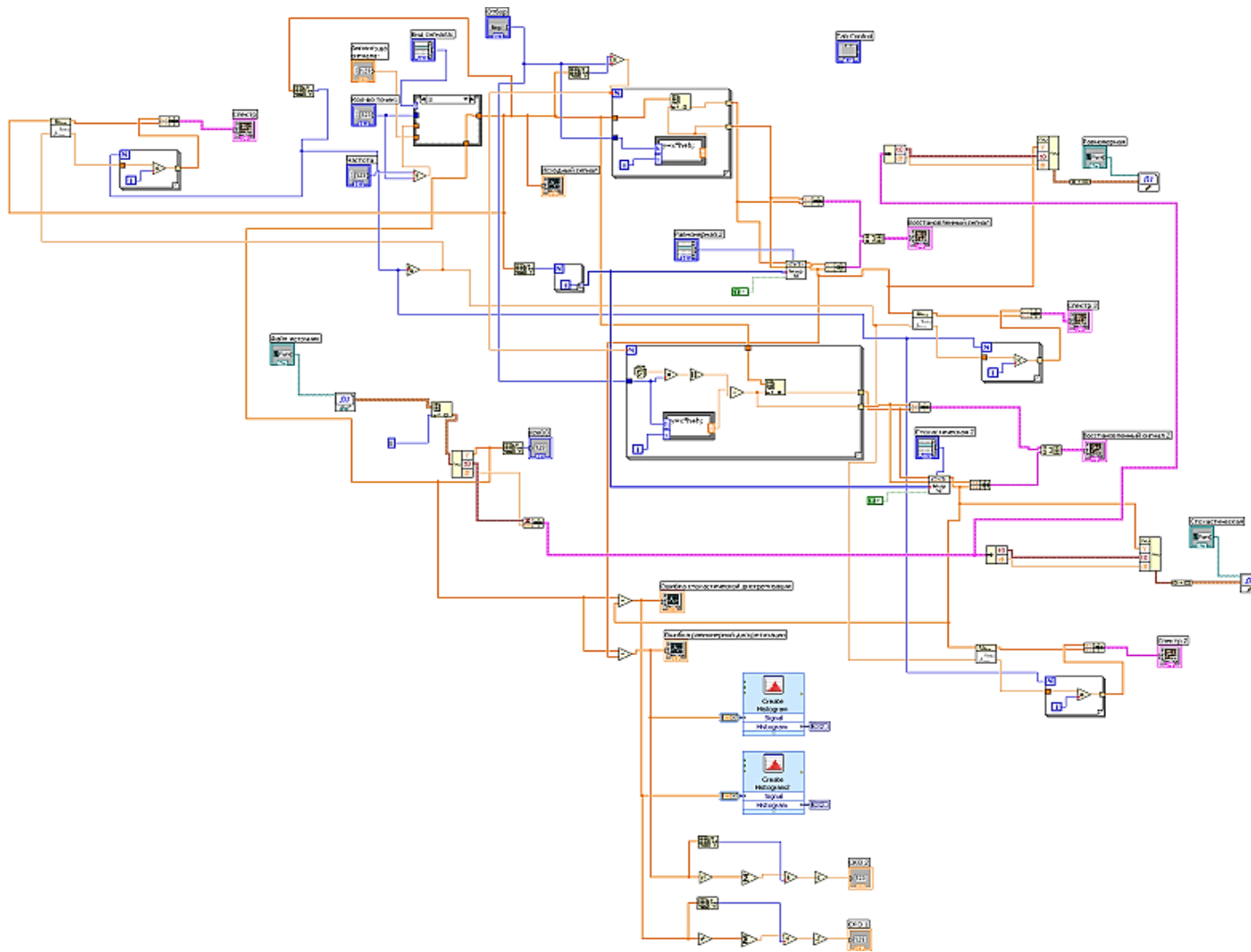


Рис. 2.5. Блок-діаграма програми дискретизації, відновлення і оцінки точності даних

Формування блоків рівномірної і стохастичної дискретизації виконано з використання циклу For Loop. При роботі з ним необхідно знати передчасно, скільки разів будуть виконуватися операції, які знаходяться всередині, і повідомити про це, зв'язавши вхідний термінал числа ітерацій N з джерелом інформації. Значення N в операторі циклу можуть бути тільки цілими додатними числами.

В якості такого джерела може бути константа, цифровий контролер або будь-який інший носій цифрової інформації. Оскільки ми дискретизуємо масив вихідного сигналу, то на вхід N подаємо величину розміру цього масиву, поділену на значення дискретизації. Розмір масиву можна отримати, використовуючи елемент Array size. Оскільки дискретизація полягає в відборі точок з певним кроком (не рівним 1), то необхідно обчислювати крок в залежності від значення і. Обчислення зробимо за допомогою Formula node.

На виході циклу For формуємо масив, що складається з кожного 2-го, кожного 4-го і т.д. відліку вихідного сигналу. Для здійснення стохастичної дискретизації також використовуємо цикл For.

Але, значенням відбору служитиме не значення кількості точок, що знаходяться в простому інтервалі, на які буде розбитий вихідний сигнал, а конкретне випадково вибране значення з даного інтервалу. Таким чином, крок між випадковими відліками буде не постійним, як при рівномірній дискретизації, а змінюватиметься від 0 до 2 – частота дискретизації.

Отримані масиви даних необхідно інтерполювати і побудувати часові і частотні реалізації цих сигналів. Задамо в вікні параметрів програми генерацію синусоїдального сигналу з амплітудою 1В, частотою 15Гц і кількістю точок 512. Зробимо дискретизацію з частотою 128 Гц, а потім відновимо сигнал.

На рис. 2.6 представлений сигнал, відновлений після рівномірної дискретизації, а на рис. 2.7 – після нерівномірної.

У спектрі сигналу, відновленого після рівномірної дискретизації, присутні періодичні помилкові гармоніки (аліаси), в той час як нерівномірна дискретизація позбавлена цього недоліку, хоча має низькорівневий широкопasmовий шум.

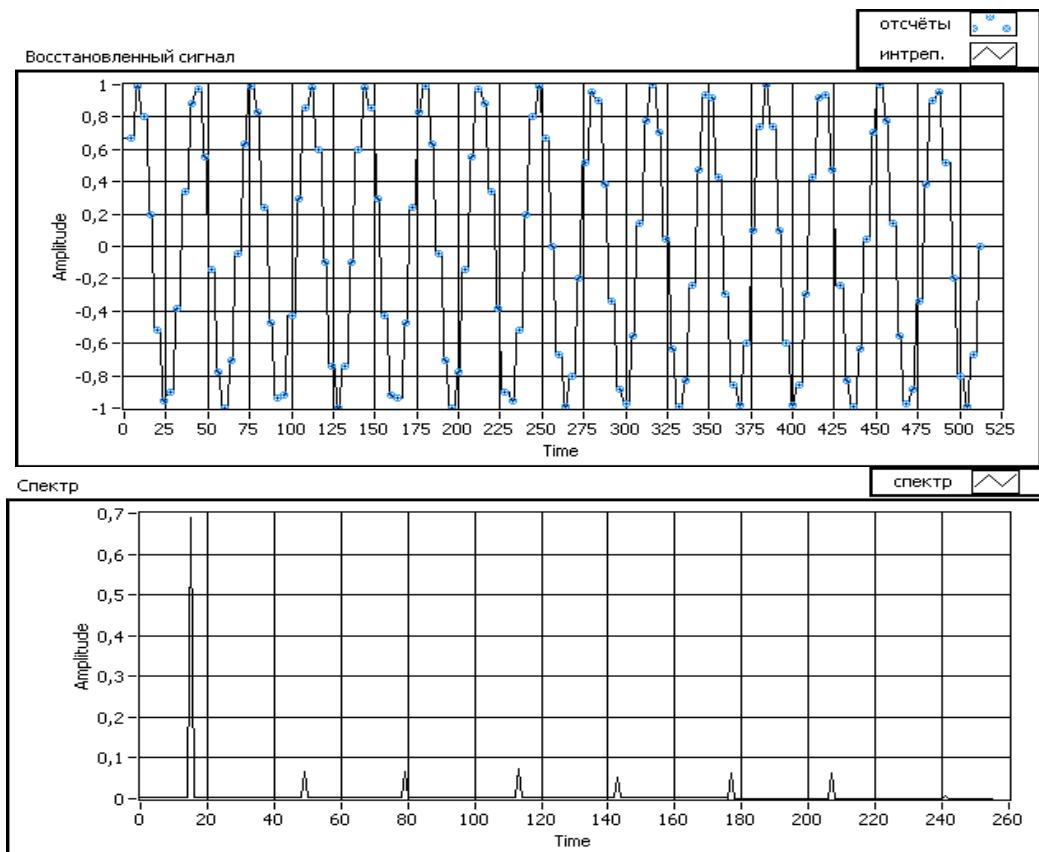
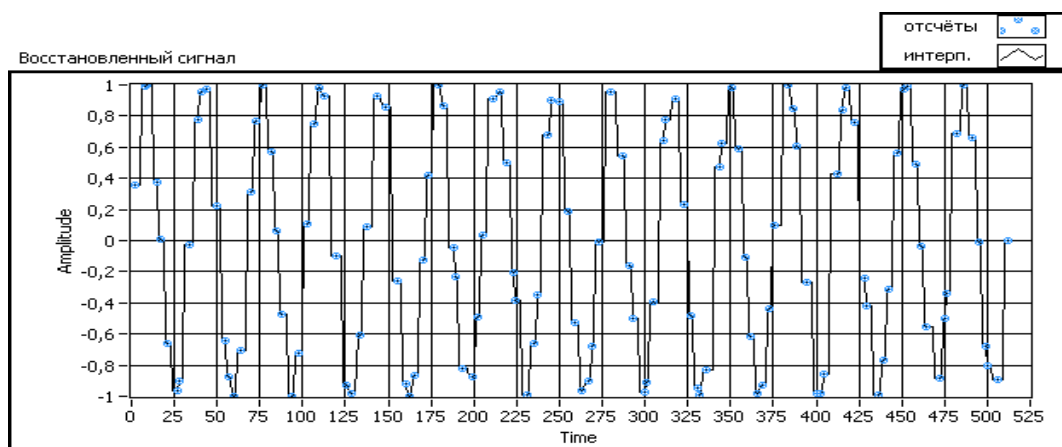


Рис. 2.6. Рівномірно-дискретизований сигнал





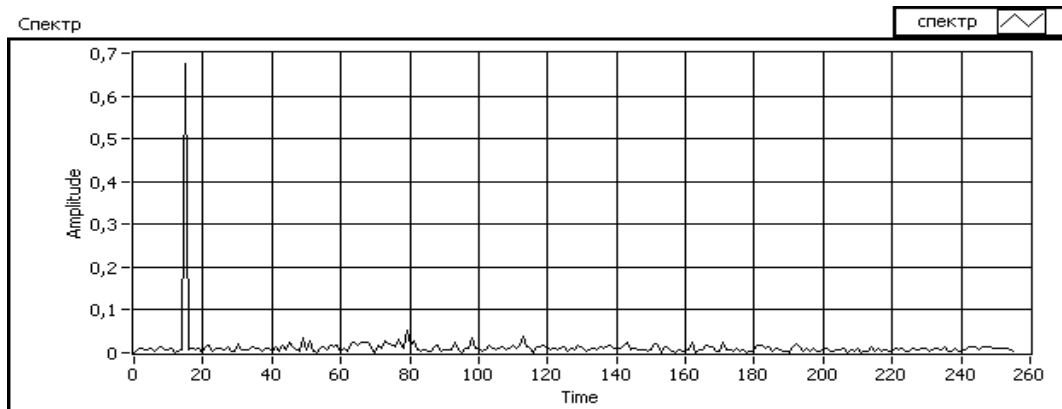


Рис. 2.7. Нерівномірно–дискретизований сигнал

При зниженні частоти дискретизації в 2 рази, амплітуда аліасів збільшується сильніше, ніж амплітуда широкопasmового шуму. Зниження частоти дискретизації до частоти Найквіста при рівномірній дискретизації в спектрі відновленого сигналу дає складові, які знаходяться в безпосередній близькості від корисного сигналу, такі похибки відновлення сигналу фільтруються на приймальній стороні. Сигнал, відновлений після стохастичної дискретизації, набуває низькочастотного широкопasmового шуму, проте його амплітуда набагато нижче амплітуди корисного сигналу і ця розбіжність ніяк не корелює із вихідним сигналом.

Таким чином, кілька дослідів наочно демонструють переваги нерівномірного методу відбору перед класичною рівномірною дискретизацією.

У більшості випадків застосування стохастичного відбору дозволяє уникнути використання фільтра низьких частот. Також нерівномірно-дискретизований сигнал підлягає відновленню навіть у разі недотримання частоти Найквіста при дискретизації, що при практичному застосуванні дасть можливість використання більш простих апаратних рішень при обробці інформації.

Розглянемо застосування нерівномірної дискретизації для інформаційно-виміральної підсистеми виборчого контролю навантаженого стану секції МК.

У процесі вуглевидобування дана підсистема забезпечує [92]:

- необхідну точність контролю місця розташування комбайна щодо секцій;
- можливість стикування давачів з апаратурою лави;
- можливість вбудовування чутливих елементів датчиків в задані місця для кріплень різних модифікацій;
- отримання інформації в процесі взаємодії механізмів кріплення з вміщувальними породами.

Як показано на рис. 2.8, навантаження консолі в залежності від характеру контакту з кровлею можна з достатньою для практики точністю представити через три стани [92, 128].

Фізичний смисл характеру навантаження консолі:

0 – наявність вивалу – передаварійна ситуація;

1 – нормальне навантаження;

2 – перевищення навантаження – передаварійна ситуація.

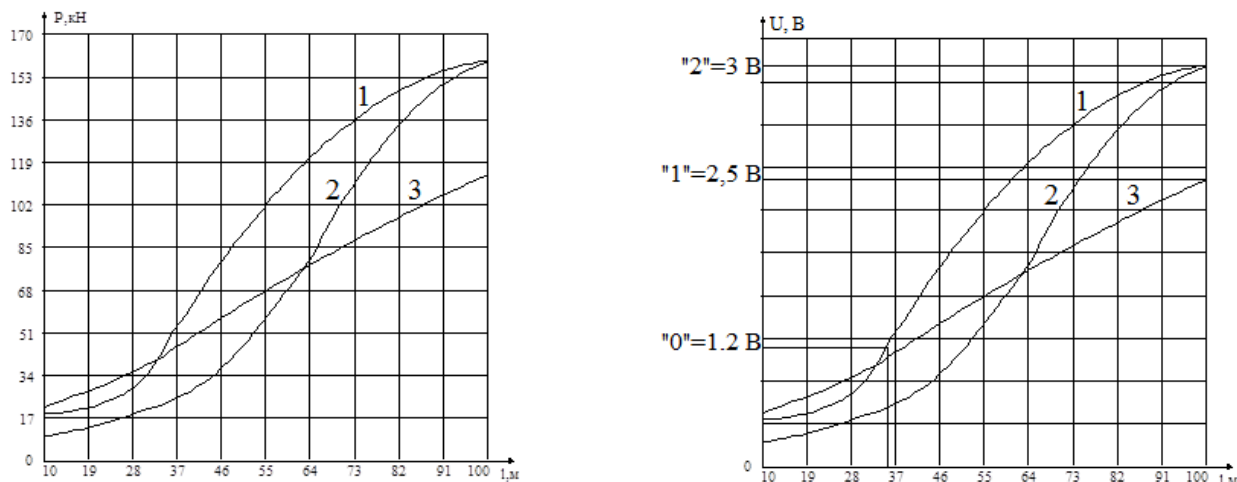
Формування цих станів в динаміці представимо у вигляді матриці:

$$\begin{bmatrix} 0_1 & 1_1 & 2_1 \\ 1_1 & 1_1 & 0_1 \\ 2_1 & 1_1 & 2_1 \end{bmatrix},$$

де кількість рядків матриці відповідає числу одночасно опитуваних секцій за Правилами ведення гірничих робіт, а стовпці містять інформацію про стан вміщувальних порід над секціями зі зміною на одну по ходу руху комбайна.

Залежно від поєднання станів можна зробити висновок про ступінь аварійності ситуації. При отриманні трьох поєднань передаварійних станів

згідно з Правилами проведення гірничих робіт, ситуація аварійна, і загрожує як життю ГРОЗ, так і виходу з робочого стану обладнання механізованого комплексу.



1 – точкове навантаження по осьовій лінії консолі; 2 – точкове навантаження збоку консолі; 3 – лінійне навантаження уздовж ширини консолі.

Рис. 2.8. Експериментальна карта навантаженого стану консолі і єдиний підхід до його подання

Аналіз характеру отриманих залежностей показує, що ділянка від 0 до 1,2 В відповідає ненавантаженій консолі, що говорить про наявність зведення і позначається ідентифікатором «0». Ділянка від 1,2 В до 2,5 В відповідає навантаженню консолі допустимою величиною сили, що відповідає нормальному навантаженню секції, ідентифікатор «1». Ділянка від 2,5 В до 3 В і вище відповідає перевантаженню консольної частини секції, ідентифікатор «2».

Відзначивши на отриманих залежностях навантаженого стану консолі значення, відповідні ідентифікатори «0», «1» і «2», можна зробити висновок про те, що при наявності зведення консоль не перебуває під навантаженням, що відповідає значенню нижньої ділянки характеристики, момент «норма»

знаходиться на лінійній ділянці; «перевантаження» відповідає верхній ділянці характеристики.

Отже, обрані три рівня вимірювань давачем навантаження адекватні дійсному навантаженому стану консолі [92]. Рівень може коригуватися для конкретних гірничо-геологічних умов, тому процес дискретизації вихідного сигналу необхідно автоматизувати.

Таким чином, інформація від всіх підсистем контролю стану очисного забою може бути дискретизована на три рівні, і об'єднана для формування керуючого впливу (рис 2.9) [129].

Від усіх підсистем дані надходять в центр збору інформації, де обробляються і приводяться до виду, відповідного єдиному підходу. Це забезпечить уніфікацію різнорідних даних і скоротить час прийняття рішення оператором при виникненні аварійних і передаварійних ситуацій.

Запропонована дискретизація дозволяє використовувати однопровідний інтерфейс, коли на одному проводі присутня інформація тільки від одного джерела інформації, що підвищує надійність системи збору та обробки інформації за рахунок зменшення кількості передавальних елементів в каналі зв'язку.

З огляду на складність реалізації даного методу в реальних умовах, незважаючи на розроблені іскробезпечні засоби контролю параметрів навантаження і безконтактні давачі положення, необхідний пошук альтернативних способів дублювання інформації за допомогою економічно доступних методів. З цією метою доцільно використовувати інформацію від сейсмоакустичної служби для шахти з уточненнями від гірничо-геологічних і маркшейдерських служб.

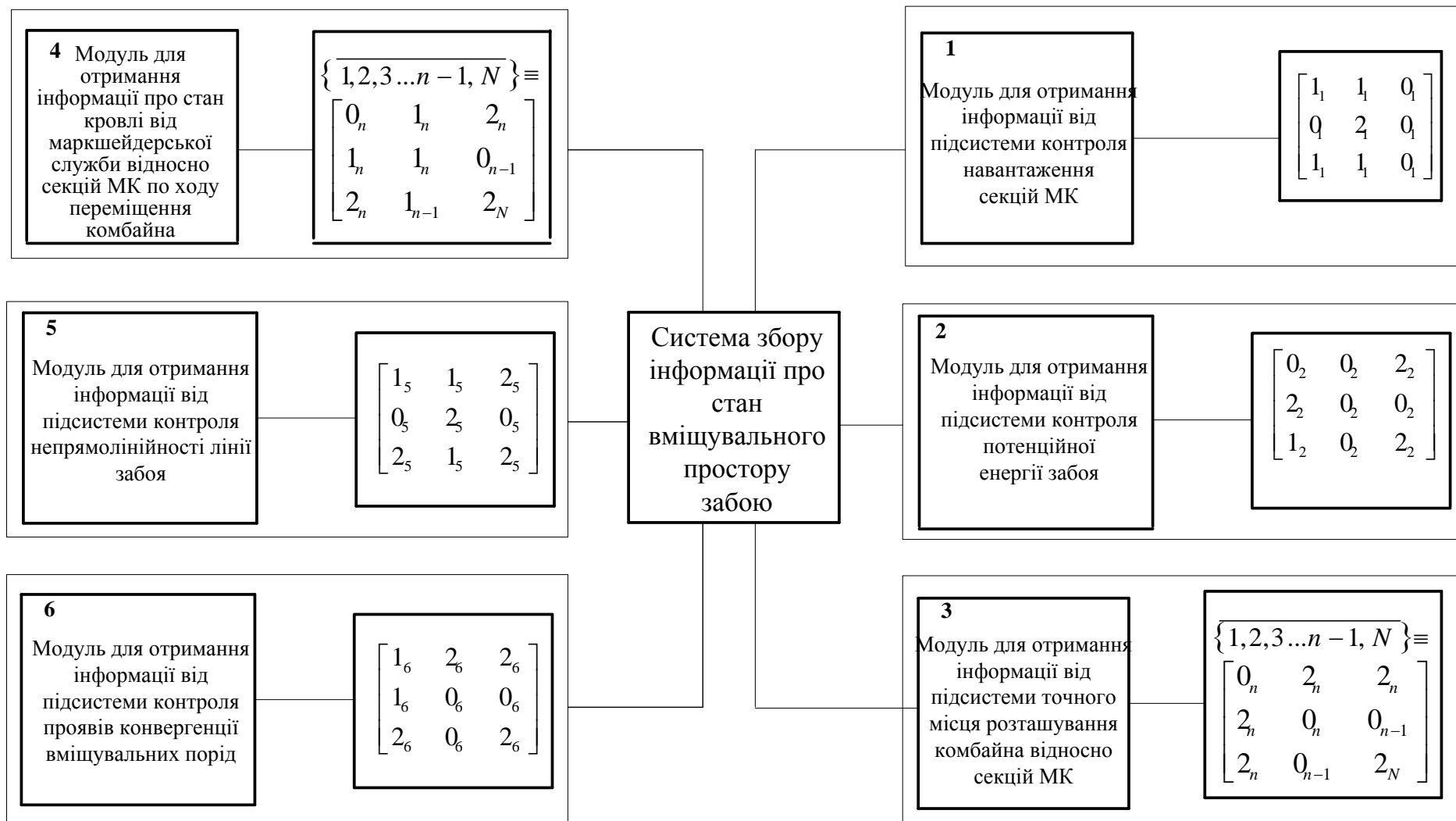


Рис. 2.9. Модулі інформаційної технології керування вугледобувним комбайном

Контроль параметрів стану ВЗ виконується кожною з підсистем в певних одиницях виміру, що ускладнює сприйняття і оцінку одержуваної інформації оператором. Тому дані контролю необхідно за допомогою цифрового перетворення привести до єдиної, інтуїтивно-зрозумілої форми уявлення, що дозволяє якісно оцінити контрольовані величини. Тому аналогічно розглянутому прикладу нерівномірного цифрового кодування інформації, покажемо можливість дискретного представлення інформації для інших підсистем (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Дискретне представлення інформації від підсистем контролю стану**

Підсистеми контролю	Представлення даних відповідно до єдиного підходу	Відповідності кодовим станам
Навантажений стан секції МК	$\begin{bmatrix} 1_1 & 1_1 & 0_1 \\ 1_1 & 2_1 & 0_1 \\ 1_1 & 1_1 & 0_1 \end{bmatrix}$	0 – консоль ненавантажена, 1 – нормальне навантаження; 2 – перевищення навантаження.
Потенційна енергія забою	$\begin{bmatrix} 0_2 & 0_2 & 2_2 \\ 2_2 & 0_2 & 0_2 \\ 1_2 & 0_2 & 2_2 \end{bmatrix}$	0 – підвищена напруга масиву; 1 – нормальний стан масиву; 2 – небезпечна напруга масиву.
Місце розташування комбайна	$\{1,2,3 \dots n - 1, N\} \equiv \begin{bmatrix} 0_n & 2_n & 2_n \\ 2_n & 0_n & 0_{n-1} \\ 2_n & 0_{n-1} & 2_N \end{bmatrix}$ N – кількість секцій МК в забої.	0 – наявність випередження / відставання комбайна; 1 – місце розташування комбайна відповідає номеру секції кріплення; 2 – невідповідність місця розташування комбайна номеру засовуваної секції кріплення.
Дані маркшейдерської і гірничо-геологічної служб	$\begin{bmatrix} 0_4 & 1_4 & 2_4 \\ 1_4 & 1 & 0_4 \\ 2_4 & 1_4 & 2_4 \end{bmatrix}$	0 – небезпечна зона в площині пласта; 1 – відсутність небезпечних зон; 2 – небезпечна зона в кровлі забою.
Прямолінійний рух комбайна вздовж забою	$\begin{bmatrix} 1_5 & 1_5 & 2_5 \\ 0_5 & 2_5 & 0_5 \\ 2_5 & 1_5 & 2_5 \end{bmatrix}$	0 – наявність відхилення від прямолінійності; 1 – лінія забою прямолінійна; 2 – лінія забою непрямолінійна.
Прояв конвергенції	$\begin{bmatrix} 1_6 & 2 & 2_6 \\ 1_6 & 0_6 & 0_6 \\ 2_6 & 0_6 & 2_6 \end{bmatrix}$	0 – жорстка посадка 1/3 кількості секцій з причин конвергенції; 1 – жорстка посадка декількох секцій кріплення з причин утворення тріщин в шарах безпосередньої кровлі; 2 – жорстка посадка всіх секцій кріплення через порушення "фактора часу".

#### **4.2.2 Принципи побудови архітектури комплексної системи контролю стану вугледобувного забою**

Процес вуглевидобування протікає в умовах значної невизначеності стану ВЗ перед очисним комбайном. У зв'язку з цим постійно присутній ризик виникнення і розвитку небезпечних геомеханічних і геодинамічних процесів, що призводять до аварійних ситуацій [121].

Практично кожна шахта має підсистеми забезпечення безпечного процесу вуглевидобування, але число аварій при цьому не знижується.

Однією з головних причин такого становища є відсутність загальносистемного підходу до питань контролю стану ВЗ. Це призводить до утворення зайвих наглядових і контролюючих структур, надмірної диференціації видів потенційних небезпек, використання невимірювальних оцінок для опису стану та проблем безпеки, які не виходять за межі конкретизації типу «більше», «менше», «підняти рівень», «розширити застосування» і т.п. [24].

Вирішення зазначених проблем можливе завдяки впровадженню комплексної системи контролю та керування процесом вуглевидобування, технічний ефект якої полягає в:

- отриманні повної та достовірної інформації про роботу технологічного обладнання в забої;
- виявленні та зниженні технологічних і випадкових втрат;
- визначенні «вузьких» місць в технологічних ланцюжках;
- доступ до інформації в базі даних за будь-який період часу.

Економічний ефект від впровадження комплексної системи контролю та управління станом ВЗ можна отримати за рахунок:

- зменшення часу відпрацювання забою, що досягається шляхом скорочення витраченого часу на заходи з контролю і прогнозу стану робочого простору і ймовірності виникнення газодинамічних явищ та інших

аварійних ситуацій, пов'язаних з роботою технологічного устаткування і / або діями обслуговуючого персоналу;

– виключення витрат, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварій.

Прикладом автоматизованої системи протиаварійного захисту вугільних шахт є УТАС [27], яку впроваджував по англійській ліцензії та модернізував Петровський завод вугільного машинобудування (м. Донецьк). Система УТАС дозволяє здійснювати контроль роботи технологічного обладнання у вугільній шахті і газової ситуації за 8 параметрами. Найбільший інтерес для даної роботи викликає підсистема «Контроль і діагностика справності технічних засобів і цілісності ліній зв'язку в системі», яка надає диспетчеру інформацію про стан технічних засобів системи для трьох випадків: нормальна робота, передаварійний стан, аварійний стан. Однак комплексної функції контролю, з урахуванням взаємного впливу факторів, вона не здійснює. Не передбачено в її роботі також і контроль з людського фактору.

На території вугледобувних країн ближнього і далекого зарубіжжя набули поширення системи фірми «Трансміттон» (Великобританія) [27]. Система дозволяє контролювати стан шахтної атмосфери, функціонування механізованого комплексу і управління електропостачанням. Система являє собою спеціалізований варіант комп'ютерної мережі зі збору та обробки інформації з датчиків, підключених до мікропроцесорним станцій з можливістю перепрограмування. Вироблювані системою керуючі впливи подаються на входи підземних станцій, які з'єднані з виконавчими реле.

Однак вона не може забезпечити виконання вимог Правил безпеки та своєчасно попередити про появу ознак аварії в забої по фактору «обвалення порід кровлі» і «газовому фактору». Це пояснюється відсутністю контролю конвергенції бічних порід, напружено-деформованого стану, ступеня пошкодження вугільного пласта і вміщувальних порід, газоносності і



потужності, а також інших параметрів, контроль яких необхідний для створення цілісної картини стану вміщувального простору очисного забою.

Позиціонування комбайна в ВЗ існуючими системами контролю і керування процесом вуглевидобування виконується побічно або безпосередньо. Побічно розташування визначається по частоті обертання приводної зірочки комбайна, числу ланок тягового ланцюга або кількості сигналів від давачів, розташованих уздовж шляху проходження комбайна. Цей метод дає велику помилку внаслідок витяжки та прослизання ланцюга щодо зірочки, обриву ланцюга, а також похибки самого рахункового пристрою. Всі непрямі методи контролю мають здатність накопичення помилки, тому вимагають виконання регулярного коригування [122].

Безпосередньо розташування комбайна визначається за сигналами від давачів, із зазначенням номера давача або його елемента, відповідного фактично пройденій комбайном відстані. Цей метод не має здатності накопичення помилки, він коригується за допомогою наступного сигналу, але виконати пристрій, що його використовує, важко, оскільки вимагається велика кількість сприймаючих елементів, розташованих уздовж лави, і ліній зв'язку з пультом керування [122].

При підході комбайна до небезпечних зон і їх перетині дана підсистема є дуже важливою, тому необхідно підвищити точність визначення місця розташування комбайна за рахунок нового джерела інформації, що не вимагає додаткових економічних витрат. Крім цього контроль місця розташування комбайна щодо небезпечних зон не має сенсу без підсистеми контролю його руху по прямій лінії.

Складність контролю потенційної енергії забою пов'язана з її нерівномірним розподілом через концентрацію метану у вугільному масиві. Потенційна енергія діє на ріжучий орган комбайна з силою, пропорційною зазначеній потенційній енергії, яка не контролюється. Таким чином, ГРОЗ не захищені від наслідків раптових викидів вугілля і газу в призабійний простір.

Непрямий контроль потенційної енергії на шахтах підвищеної категорійності передбачений тільки технологічно шляхом нагнітання води в пробурені шпури з подальшим «фактором часу», тобто очікуванням протягом 2-х годин поки забій «спітніє», при цьому, потенційна енергія йде вглиб масиву [93].

Контроль зближення порід кровлі і почви (конвергенції) в існуючих системах не виконується, а тільки контролюється розпір стійок секцій кріплення гідроприводом до упору в кровлю без контролю величини розпору. При відсутності відповідної підсистеми контролю прояв конвергенції може призвести до посадки секцій МК «на жорстку» з подальшим захороненням комплексу [92, 93].

У зв'язку з зазначеними особливостями процесу вуглевидобування і широким спектром контрольованих параметрів, систему контролю стану забою визначимо, як складну технічну систему, що складається з закономірно з'єднаних в єдине ціле кінцеве число частин, які можна розглядати як окремі підсистеми.

Таким чином, формування оцінки стану ВЗ пропонується виконувати за допомогою існуючих і додаткових підсистем контролю (рис. 2.10) в тому числі використовуючи інформацію про стан вугільного масиву з геологічної документації:

- підсистеми визначення точного місця розташування комбайна щодо секцій МК;
- підсистеми контролю прямолінійного руху комбайна вздовж забою;
- підсистеми визначення стану вміщувальних порід, на підставі прогностичної документації сейсмозв'язки та маркшейдерських служб;
- підсистеми контролю потенційної енергії забою;
- підсистеми визначення рівня активності конвергенції за «фактором часу»;
- підсистеми контролю навантаженого стану секцій МК.

Отримана інформація від підсистем контролю вимагає подальшого перетворення і обробки.



Рис. 2.10. Функціональна архітектура комплексної системи стану ВЗ

#### 4.2.3 Розробка методика прийняття рішень із застосуванням нечітких когнітивних карт

Розглянуті в попередніх підрозділах методи і методики підвищення ефективності управління процесом вугледобування вимагають аналізу спільного їх застосування з урахуванням наступних характеристик вміщувального простору:

- складність, обумовлена кількістю і різноманітністю факторів впливу на забій;
- взаємозв'язок факторів або сила, з якою зміна одного чинника впливає на зміну інших факторів;
- рухливість, що виражає швидкість змін у зовнішньому середовищі.

Виділення цих характеристик свідчить про застосування системного підходу до керування вугледобувним комбайном у небезпечних зонах, в

рамках якого будь-які об'єкти представляються у вигляді структурованої системи з виділенням її елементів, взаємозв'язків між ними і динаміки розвитку елементів і всієї системи в цілому [130].

Використання нечітких когнітивних карт (НКК) при вирішенні задачі прогнозування аварійних ситуацій у вугледобувному заборі пов'язано з їх можливостями моделювання погано формалізованих процесів, прогнозування і підтримкою прийняття рішень.

При дослідженні слабоструктурованих середовищ, до яких відноситься вміщувальний простір ВЗ, раціонально застосовувати когнітивний підхід до зміни швидкості вугледобувного комбайна, орієнтований на активізацію інтелектуальних процесів оператора і фіксацію його уваги на проблемній ситуації у вигляді формальної моделі.

В якості такої моделі застосовується НКК, яка представляє відомі основні закони і закономірності ситуації, що спостерігається, в вигляді орієнтованого знакового графа, в якому вершини графа – це чинники (концепти, значимі ознаки, характеристики ситуації), а дуги між факторами – причинно-наслідкові зв'язки між факторами [131].

Строго кажучи, нечітка когнітивна карта – це оргграф, що складається з вершин і дуг. Перші являють собою якісні поняття для аналізу, а другі – причинно-наслідкові зв'язки. Кожна вершина має числове значення, яке представляє якісну міру його присутності в предметній області. Таким чином, висока чисельне значення вказує, що поняття в значній мірі важливо, в той час як негативне або нульове значення вказує, що поняття не є в даний час активним або не відноситься до неї [130–132].

Використання НКК при дослідженні вміщувального простору ВЗ, якісно підвищує обґрунтованість прийняття керувальних рішень у швидко мінливих умовах процесу вугледобування, економить час на осмислення та інтерпретацію того, що відбувається. Перевагою НКК в порівнянні з іншими

методами служить можливість формалізації чисельно невимірних факторів, використанні неповної, нечіткої та навіть суперечливої інформації [130].

Як зазначалося вище, при побудові НКК об'єкт дослідження представляють у вигляді знакового орієнтованого графа зі зваженими ребрами. Ключові фактори об'єкта представлені у вершинах графа і називаються концептами. Дуги графа відображають причинно-наслідкові зв'язки між вершинами. Таким чином, НКК є кортеж множин:

$$\text{НКК} = \{C_n, L_{ij}, Sg_{ij}, W_{ij}\}, \quad (2.1)$$

де  $\{C_n\}$  – множина вершин (концептів);

$\{L_{ij}\}$  – множина ребер, що показують причинно-наслідкові зв'язки між концептами;

$\{Sg_{ij}\}$  – множина знаків зв'язків;

$\{W_{ij}\}$  – множина ваг зв'язків.

Кожен концепт  $C_i$  описується змінними стану, що характеризують його стан на якісному або кількісному рівні [130–133].

Зв'язок  $L_{ij}$  показує вплив зміни фактора  $C_i$  на фактор  $C_j$ . Якщо значення змінної стану концепту  $C_j$  зростає або убиває в залежності від того, зростає або убиває концепт  $C_i$ , то зв'язок між ними позитивна ( $Sg_{ij} = +$ ). І навпаки, якщо значення змінної стану концепту  $C_j$  при збільшенні  $C_i$  зменшується, а при зменшенні збільшується, то це негативний зв'язок ( $Sg_{ij} = -$ ) [132, 133].

Вага зв'язку  $W_{ij}$  визначає силу впливу концепту  $C_i$  на концепт  $C_j$  і зазвичай знаходиться в проміжку  $[-1; 1]$  або характеризується такими лінгвістичними термінами як: сильно, середньо, слабо. Варіанти впливу концептів, ваг зв'язків і інтерпретацій ваг наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

## Характер взаємодії концептів

Характер впливу концептів	Залежність зміни концептів від характеру впливу	Лінгвістичний опис	Чисельне значення	Графічне представлення залежності	Лінгвістична інтерпретація зв'язку
Позитивний вплив $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i \rightarrow \langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$	При рівних умовах зростання $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i$ призводить до зростання $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$ і зниження $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i$ призводить до зниження $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$	Зв'язок відсутній	0		<p>а) <math>W_{ij} = 0,8</math> – позитивна, сильна;  б) <math>W_{ij} = 0,6</math> – позитивна, помірна..</p>
		Дуже слабо підсилює	0,1; 0,2		
		Слабо підсилює	0,3; 0,4		
		Помірно підсилює	0,5; 0,6		
		Сильно підсилює	0,7; 0,8		
		Дуже сильно підсилює	0,9; 1,0		
Негативний вплив $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i \rightarrow \langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$	При рівних умовах зростання $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i$ призводить до зниження $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$ і зниження $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_i$ призводить до зростання $\langle \text{ім'я концепту} \rangle_j$	Зв'язок відсутній	0		<p>а) <math>W_{ij} = -0,8</math> – негативна, сильна;  б) <math>W_{ij} = -0,6</math> – негативна, помірна.</p>
		Дуже слабо послаблює	-0,2; -0,1		
		Слабо послаблює	-0,4; -0,3		
		Помірно послаблює	-0,6; -0,5		
		Сильно послаблює	-0,8; -0,7		
		Дуже сильно послаблює	-1,0; -0,9		

Визначення концептів, їх лінгвістичний опис, оцінка зв'язків між ними є завданням, що вимагає високої кваліфікації експерта, який здійснює побудову і аналіз НКК. В основі існуючих підходів до побудови когнітивної моделі лежить експертний метод [134], що дозволяє сформулювати концепти моделі. Крім цього необхідно оцінити сили зв'язку між ними за допомогою розрахункового методу. Таким чином, застосування розрахунково-експертного підходу [135] забезпечує ефективне визначення параметрів.

При цьому створення розрахункової моделі поведінки вміщувального простору слабо формалізоване і структуроване, оскільки знання про нього є нечіткими і неповними.

Застосування когнітивного моделювання в даному випадку підтверджує аналіз робіт [133 – 135], оскільки, аналітичне та статистичне уявлення залежностей між вхідними та вихідними параметрами отримати дуже складно або неможливо. Алгоритм побудови НКК представлений на рис. 2.11.

На етапі формування концептів експерти складають список найбільш значущих концептів для даної задачі. Отримана інформація обробляється для усунення двозначностей і повторень, а також узгодження використовуваної термінології [136].

На етапі виявлення зв'язків визначають напрямки зв'язків і взаємозв'язків між концептами. При визначенні характеру впливу концептів формують матрицю зв'язності, яка встановлює причинно-наслідкові зв'язки між концептами із зазначенням їх знака («+» – підсилює, «-» – послабляє) і інтенсивності [137, 138].

Зменшення впливу суб'єктивного фактора і підвищення обґрунтованості одержуваних оцінок, досягається розбивкою загальної задачі оцінки вагів причинно-наслідкових зв'язків на ряд більш простих підзадач. На цьому етапі здійснюється побудова когнітивної карти в вигляді орієнтованого графа. На етапі визначення сили впливу і взаємовпливу

концептів необхідно вибрати значення для даної сили з інтервалу або виявити її відсутність.

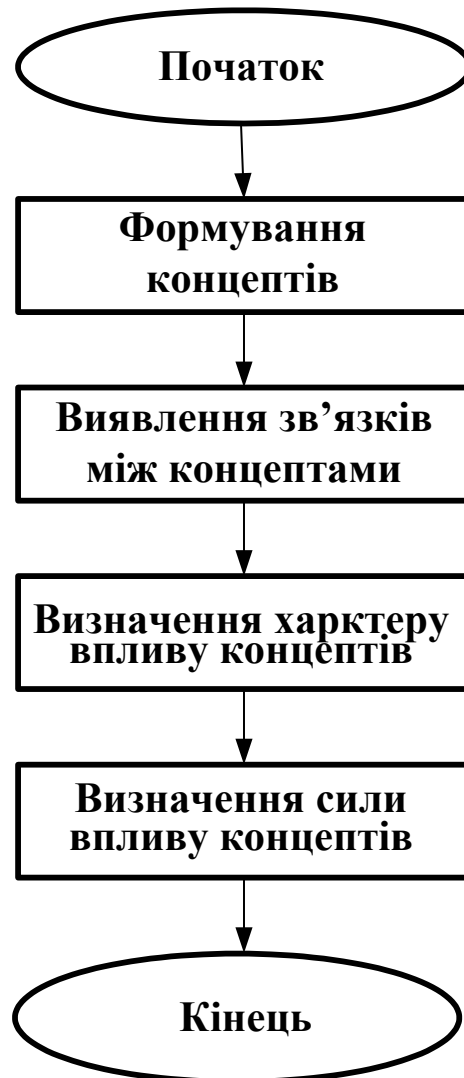


Рис. 2.11. Алгоритм створення НКК

Концепти НКК підрозділяються на концепти-причини і концепти-наслідки. Причинно-наслідковою залежністю є сукупність всіх прямих впливів концептів-причин на концепт-наслідок у вигляді множини вагів (рис. 2.12).



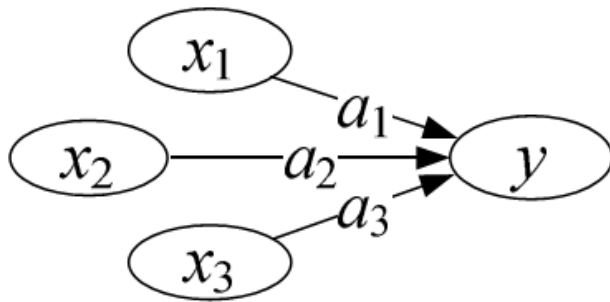


Рис. 2.12. Види концептів НКК

На рис. 2.12 прийняті наступні позначення:

$X_1 - X_3$  – концепти–причини;

$w_1 - w_3$  – ваги впливів;

$y$  – концепт–наслідок.

Функціональна модель вузла запишеться у вигляді (2.2) і (2.3) [135–138]:

$$y = w_1 \cdot K_1 + w_2 \cdot K_2 + w_3 \cdot K_3 + w_0; \quad (2.2)$$

$$K_i, y: [0,1]; w_i, w_0: [0,1]; \sum_{i=1}^n w_i \leq 1. \quad (2.3)$$

У результаті аналізу існуючих підсистем контролю стану ВЗ, виділені найбільш важливі концепти. Для їх опису використані поняття нечіткої і лінгвістичної змінних. Важливим є те, що всі концепти і їх змінні мають кількісне вираження, яке може або об'єктивно вимірюватися, або мати лінгвістичне значення з числовою інтерпретацією.

Для оцінки стану вміщувального простору ВЗ введемо лінгвістичні змінні:

«Рівень потенційної енергії забою». Існуюча підсистема контролю рівня потенційної енергії забою задовольняє вимогам безпечного ведення гірничих робіт. При підвищенні концентрації метану до 2% відбувається

автоматичне відключення всієї апаратури ВЗ і виведення ГРОЗ на поверхню. Крім цього, оператор комбайна також може визначити підвищення рівня потенційної енергії в разі «підстрибування» п'яти комбайна при підході або перетині газової кишені.

«Координати розташування комбайна в ВЗ». Існуюча підсистема контролю місця розташування комбайна вносить незначний внесок в попередження аварійної ситуації, оскільки диференціальні індуктивні давачі переміщення, що застосовуються в системі «Уран» відповідають вимогам шахтного виробництва, але мають похибку  $\Delta=2\text{м}$ . Значення цієї похибки зростає при провисанні каліброваного ланцюга механізму подачі комбайна, через різку зміну його швидкості подачі при зміні міцності вугілля.

«Відсутність контролю прямолінійності лінії забою». Відсутність підсистеми контролю прямолінійності лінії забою підвищує ризик аварійної ситуації. Причинами непрямої лінійності є недосунання секцій МК і неточний контроль місця розташування комбайна. Перевищення допустимого значення недосунання, що встановлюється Правилами ведення гірничих робіт, призводить до відхилення від безпечної траєкторії руху очисного комбайна і виводить його на ділянку з менш стійким вміщувальним простором.

«Оператор комбайна». Ґрунтуючись на інформації від існуючих підсистем контролю стану ВЗ, оператор не може прийняти однозначне рішення, тому для посилення позитивного впливу даного концепту необхідно використовувати накопичений досвід і здійснювати візуальний огляд ВЗ на предмет можливих аварійних ситуацій.

«Аварійна ситуація в ВЗ». На підвищення ризику аварійної ситуації вказує відсутність підсистеми контролю непрямої лінійності лінії забою і неточний контроль місця розташування комбайна, що призводить до зниження ефективності оцінки стану ВЗ існуючими засобами. Дану проблему необхідно вирішити без значних економічних витрат.

У табл. 2.4 представлені розглянуті концепти [139].

Таблиця 2.4

## Концепти розрахункової моделі

Позначення концепту	Найменування концепту	Можливі значення
$K_1$	Рівень потенційної енергії забою	Відсутність перевищення рівня, перевищення, значне перевищення
$K_2$	Навантаження на консольну частину секцій МК	Вивал, нормальне навантаження, перевищення навантаження.
$K_3$	Місцезнаходження комбайна	Точне, відхилення від дійсного, значне відхилення.
$K_4$	Прямолінійність лінії забою	Відсутність відхилення, відхилення, значне відхилення.
$K_5$	Оператор комбайна	Ефективне управління, малоефективне, не ефективне
$K_6$	Аварійна ситуація	Малоймовірно, ймовірно, висока ймовірність.

У результаті проведеного структурного аналізу на рис. 2.11 представлена НКК аварійної ситуації в ВЗ при контролі його стану існуючими підсистемами.

Даній НКК відповідає матриця суміжності  $A_x$  (табл. 2.5). Елемент  $a_{ij}$  матриці  $A_x$ , що стоїть на перетині  $i$ -го рядка і  $j$ -го стовпця, характеризує вплив концепту  $x_i$  на концепт  $x_j$ .

Таблиця 2.5

**Матриця суміжності**

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>
K <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	-0,8
K <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	-0,8
K <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	+0,5
K <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	+0,8
K <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	-0,5
K <sub>6</sub>	-0,8	-0,8	+0,5	+0,8	-0,5	0

На даному етапі з множини концептів виділяються цільові і керуючі підмножини і вектор початкових тенденцій. Керуючі концепти пов'язані з об'єктом керування або з зовнішнім середовищем, можуть перебувати під впливом суб'єкта керування. Цільові концепти максимально характеризують стан об'єкта керування і його цілі.

Для подальшого дослідження структури системи і отримання прогнозів її поведінки при змінних керуючих впливах застосовують методи аналітичної обробки [137–138]. У матриці суміжності виділяють цільові концепти, які необхідно змінити в потрібну сторону. Також виділяють важелі впливу – концепти, які можуть змінюватися в певних межах.

Аналіз зв'язку важелів впливу і цільових концептів показує, як можна управляти ситуацією в ВЗ.

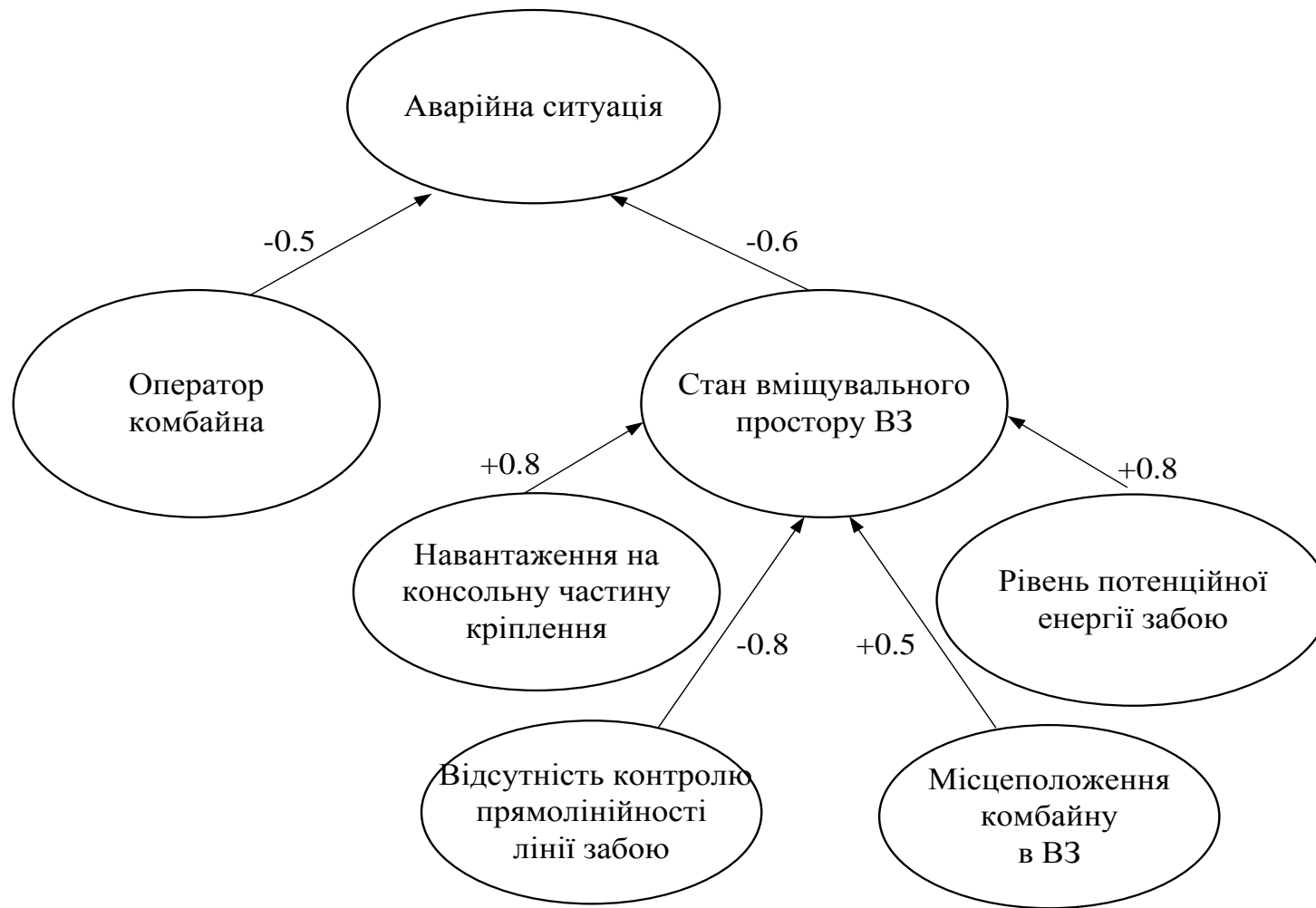


Рис. 2.13. НКК контролю стану та ефективності управління ВЗ існуючими підсистемами

До найбільш поширених методів аналітичної обробки відноситься інтерпретація матриці як перетворення процентних змін причин в процентні зміни наслідків.

Наприклад, в НКК є зв'язок  $K_3 \rightarrow K_6$  з вагою +0,5, що означає, при зростанні  $K_3$  на 10%,  $K_6$  зросте так як знак «+» на:

$$\Delta_{K_6} = 0,5 \cdot 10 \% = 5 \%, \quad (2.4)$$

де  $\Delta K_6$  – приріст концепту  $K_6$ .

Це дозволяє не враховувати різні одиниці виміру концептів на одній моделі [20]. Така оцінка не дуже точна, але дає кількісну оцінку необхідну для якісних висновків, тобто розуміння, вплив якого концепту треба збільшити, а якого зменшити. Це також дозволяє простежити залежність кінцевого результату від різних концептів.

В якості цільового концепту визначено «Аварійна ситуація», а в якості керуючих прийняті концепти «Стан вміщувального простору ВЗ» та «Оператор комбайна». Наприклад, щоб зменшити ризик виникнення аварійної ситуації на 10%, необхідно підвищити точність існуючої системи контролю стану ВЗ на 17% (16,67%). Згодом накопичення досвіду оператора дасть 5% приріст ефективності керування концепту «Оператор комбайна». Зміни даних концептів показані на рис. 2.14.

Для підвищення точності контролю стану ВЗ доповнимо концепт «Стан вміщувального простору ВЗ» складовими «Рівень конвергенції по фактору часу» і «Величина непрямої лінії забою», що включає «Контроль недосування секцій МК», «Точний контроль місця розташування комбайна», «Застосування прогнозних карт гірничо-геологічної служби».



▲ – контроль стану ВЗ існуючими підсистемами; ■ – ризик аварійної ситуації; ● – ефективність управління оператором.

Рис. 2.14. Результати сценарію зниження ризику

Таким чином, сукупність викладених концептів дозволяє представити доповнену НКК (рис. 2.15). Застосування НКК [137,138] знімає необхідність попередньої специфікації концептів і відносин впливу, забезпечує наочне уявлення предметної області всередині системи, конструктивність, наочність і відносну простоту інтерпретації причинно-наслідкових зв'язків між концептами; інтегрованість з методами оцінок результатів аналізу.

Побудова НКК керованої системи фактично означає [138] зняття невизначеності з її структури формуванням моделі знань особи приймаючої рішення. До побудованої мапи застосовуються методи аналітичної обробки, орієнтовані на дослідження структури системи і отримання прогнозу її поведінки при різних керуючих впливах з метою знаходження оптимальних стратегій керування.

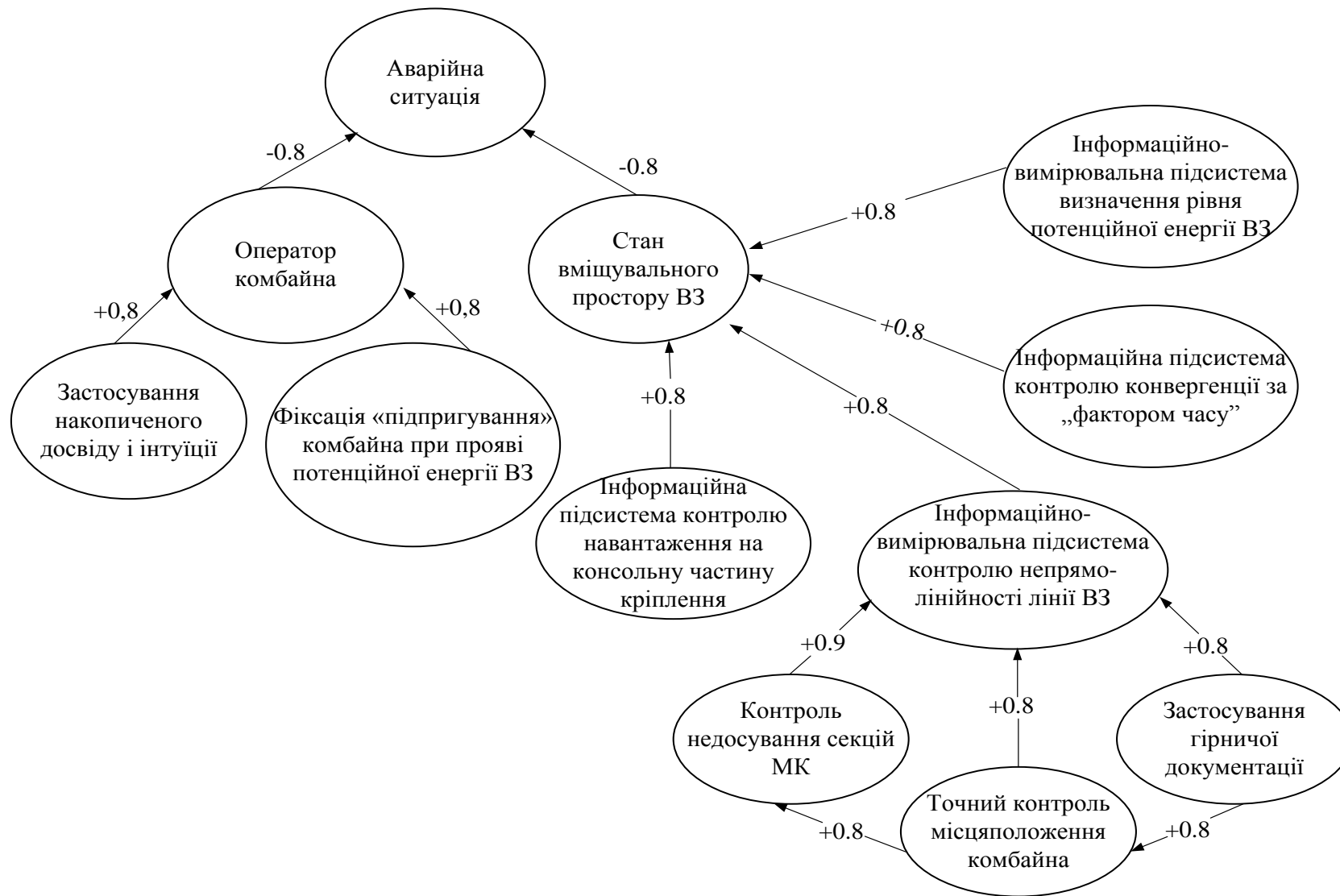


Рис. 2.15. Доповнена НКК контролю стану та ефективності управління ВЗ



#### 4.2.4 Побудова логічних правил вибору уставок на швидкість руху

Необхідність контролю конвергенції обумовлена особливостями гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов ВЗ, що визначають ефективність вуглевидобування.

З огляду на сучасний рівень розвитку приймально-передавальних пристроїв, необхідно інакше забезпечити контроль конвергенції використовуючи систему антен у вимірювальному ланцюзі, розташованих в порожній частині перекриття секцій МК (рис. 3.1) [128].

На рисунку наведено такі позначення: ПП – передавач для контролю зближення кровлі і ґрунту (конвергенції); 1 – лінія забою; 2 – ріжучий орган; 3 – очисний комбайн;  $E$  – потенційна енергія забою;  $l_k$  – параметр контролю конвергенції.

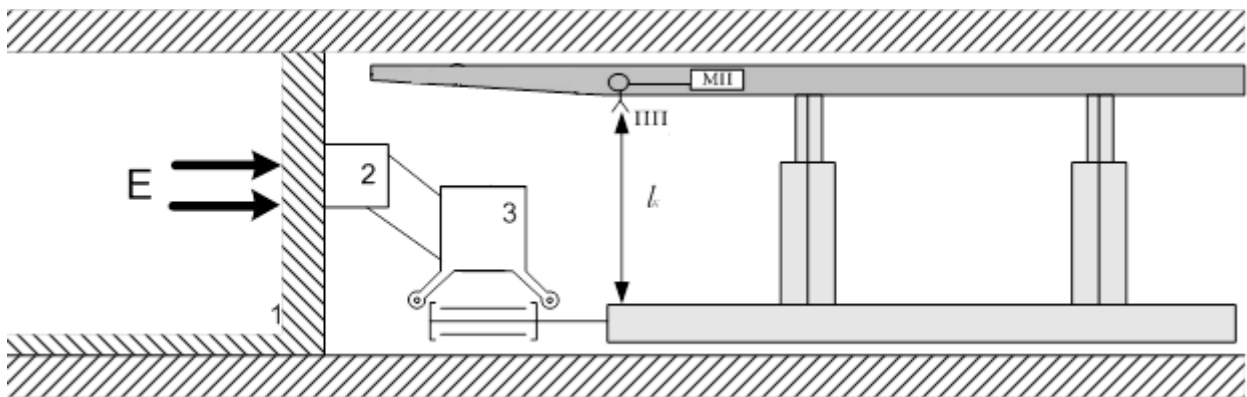


Рис. 3.1. Розташування передавача для контролю конвергенції

Існуючі підсистеми розпору гідравлічних стійок розраховані на постійну величину розпору стійки кріплення, але не враховують запас гідравлічного розсування до повного контакту з кровлею, який становить 3-5 см. Це призводить до утворення куполів в системі «кровля-кріплення».

У роботі запропонований метод контролю конвергенції шляхом вимірювання відстані від основи кріплення до консольної частини за допомогою передавача з джерелом постійного живлення [128].

Для контролю конвергенції обраний ультразвуковий давач (УЗД), що працює за принципом вимірювання часу проходження сигналу і використовує метод безпосереднього виявлення, для якого відбитий від об'єкта сигнал обробляється в точці його випромінювання. Наприклад, інтелектуальний давач UB500018GM755 ... V15. Його відмінність від УЗД з регульованими параметрами, налаштованим контролером в залежності від оточуючих умов, складається в можливості самонавчання. При включенні або при активізації процесу конфігурації цей давач запам'ятовує діаграму відбитого сигналу. Після конфігурації нові відбиті сигнали, що надходять, порівнюються з занесеними в пам'ять. У даному випадку необхідно запам'ятати величину повного розпору стійок, яка дорівнює сумі відстані від основи до верхньої частини МК і величини незакріпленого простору. Під незакріпленим простором розуміють величину додаткового підняття верхняка, яка становить одиниці сантиметрів. Завдяки максимальному використанню можливостей і досягнень мікроелектроніки даний УЗД має дуже малі розміри і встановлюється в корпусах типорозмірів M12 і M18 довжиною 70 і 75 мм. Такі розміри прийнятні при монтажі УЗД в верхняках секцій МК. Незважаючи на малий розмір давача в ньому реалізовані функції синхронізації, температурної компенсації та інші. Вимірювання відстані проводиться в двох діапазонах: 30 ... 400 мм і 50 ... 500 мм.

Контроль найважливішого параметра УЗД – «сліпої» зони здійснюється шляхом відстеження значення порога виявлення. Зону не можна вилучити, знаходиться вона на чутливій поверхні, а розмір зони залежить від частоти перетворювача. Об'єкти, що знаходяться всередині «сліпої» зони, не можуть бути надійно зареєстровані. Взаємовплив давачів, встановлених в межах зони прийому сигналу одного від одного, ефективно усувається методом кодування імпульсу. При цьому різні УЗД випромінюють зондувальні пачки імпульсів в індивідуальній часовій послідовності, що формуються відповідно до строго визначеного коду. Кожен передавач

вибирає «свій» код. Додатковою можливістю виключення взаємного впливу давачів є застосування постійних, але різних тактових частот (частот проходження пачок імпульсів).

На рис. 3.2 приведена функціональна схема УЗД UB500018GM755 ... V15 з наступними умовними позначеннями: ВК – вхід конфігурації; ФПН – формувач порогової напруги; БО – буферний підсилювач.

Зв'язок УЗД з передавачем здійснюється за допомогою аналогового виходу по струму або напрузі.

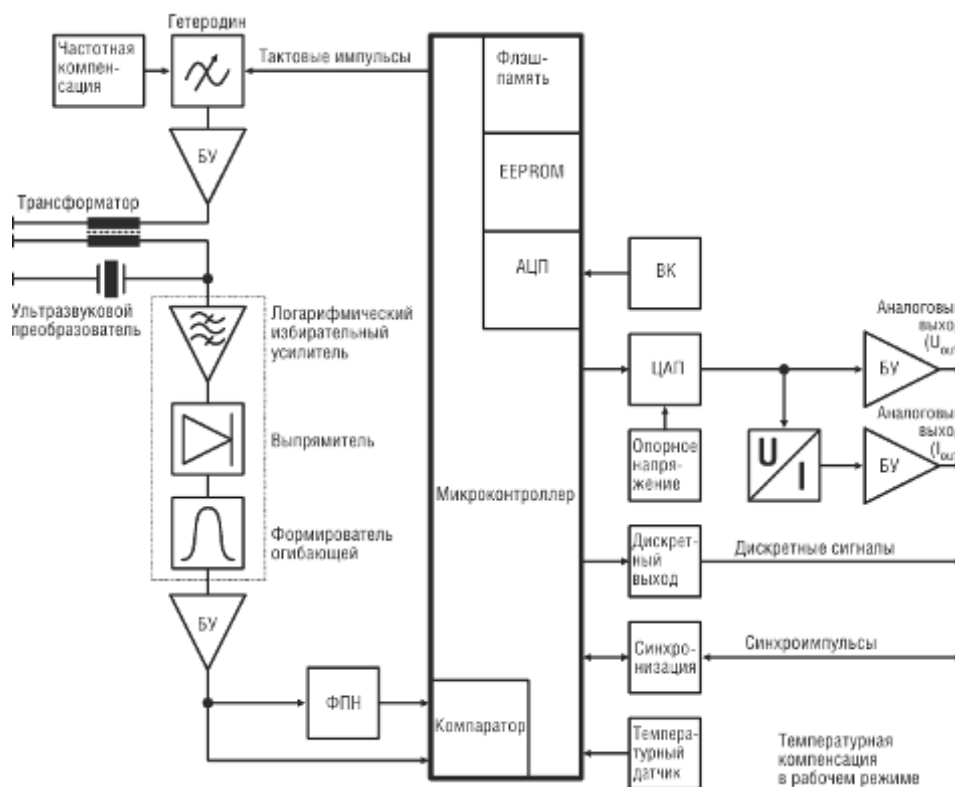


Рис. 3.2. Функціональна схема УЗД UB50018GM755

З огляду на особливості роботи секцій кріплення, збір інформації проводиться при повному розпорі секції, справній роботі машин і механізмів комплексу і швидкості просування лінії забою не нижче 2 м / добу, оскільки при цьому конвергенція не проявляється. Розташування засобів

радіоконтролю наведено на рис. 3.3. На рис. 3.3 позначені: 1 – передавач конвергенції; 2 – пульт керування; 3 – комбайн, 4 – приймач.

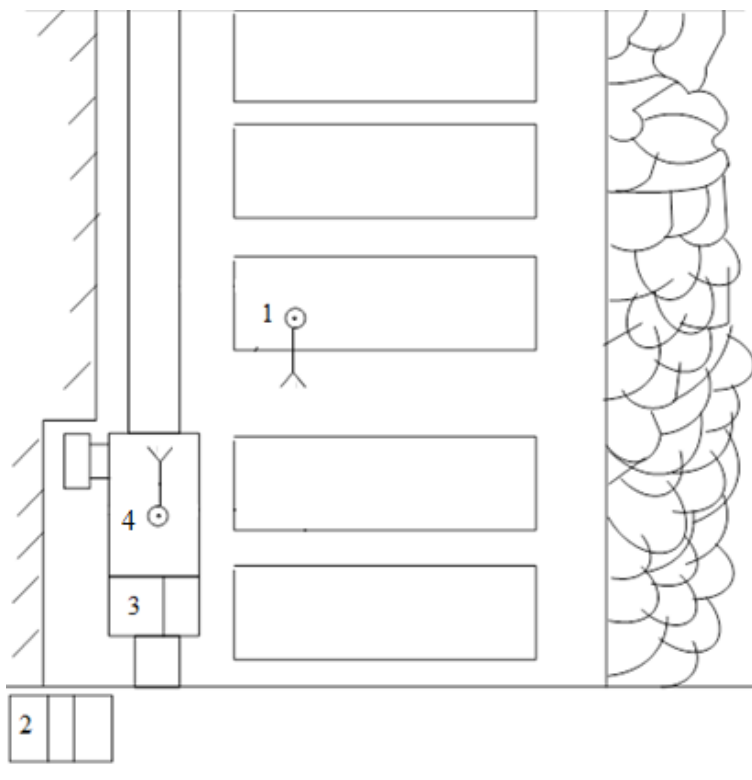


Рис. 3.3. Розташування засобів радіоконтролю на секціях і комбайні

Визначення оптимальної швидкості подачі по ходу руху комбайна виконується за допомогою ЕОМ за результатами опитування давачів, які контролюють стан вміщувальних порід над трьома найближчими попереду комбайна секціями МК згідно з Правилами ведення гірничих робіт.

У такому випадку процес вибору швидкості переміщення вугледобувного комбайна може бути зведений до дотримання формалізованих правил, що характеризують контрольований параметр ВЗ.

Набір правил для прояву різних ступенів конвергенції наведено в табл. 4.1, де  $P_1 - P_3$  – стан кровлі ВЗ над кожною з трьох одночасно опитуваних секцій.

Таблиця 4.1

## Вибір керуючих впливів в залежності від факторів впливу

Номер стану	Стан опитуваних секцій	Діапазон зміни швидкості подачі $V_n$ комбайна, м / хв	Стан середовища та управляючі впливи
1	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0$	$V_n = 0$	Над трьома стійками – вивал, сигнал на зупинку комбайна і попереджувальний сигнал на викладку кострів
2	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 1$	$V_n = 1$	Над першими двома стійками – вивал, над третьою – норма, швидкість перша
3	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 2$	$V_n = 0$	Над першими двома – вивал, над третьою – перевищення допустимого тиску, сигнал на зупинку, попереджувальний сигнал на викладку кострів
4	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 0$	$V_n = 2$	Над першою і третьою – вивал над другою – норма, швидкість друга
5	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 1$	$V_n = 3$	Перша – вивал, друга і третя – норма, швидкість третя
6	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 2$	$V_n = 2$	Перша – вивал, друга – норма, третя – перевищення допустимого тиску, швидкість друга
7	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 2, P_3 = 0$	$V_n = 0$	Вивал, перевищення допустимого тиску, вивал, останов, сигнал на викладку кострів
8	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 1$	$V_n = 1$	Вивал, перевищення допустимого тиску, норма, швидкість перша
9	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 2, P_3 = 2$	$V_n = 0$	Вивал, друга і третя – вище допустимого тиску, зупинка, сигнал на вжиття заходів на викладку багать
10	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 0$	$V_n = 3$	Норма, друга і третя – вивал, швидкість третя
11	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 1$	$V_n = 4$	Норма, вивал, норма, швидкість четверта
12	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 2$	$V_n = 3$	Норма, вивал, перевищення допустимого тиску, швидкість третя
13	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 0$	$V_n = 5$	Норма, норма, вивал, швидкість п'ята
14	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 1$	$V_n = 6$	Норма, норма, норма, швидкість шоста
15	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 2$	$V_n = 5$	Норма, норма, перевищення допустимого тиску, швидкість п'ята

Продовження табл. 3.1

16	Если $P_1 = 1$ , $P_2 = 2, P_3 = 0$	$Vn = 3$	Норма, перевищення тиску, вивал, швидкість третя
17	Если $P_1 = 1$ , $P_2 = 2, P_3 = 1$	$Vn = 4$	Норма, перевищення тиску, норма, швидкість четверта
18	Если $P_1 = 1$ , $P_2 = 2, P_3 = 2$	$Vn = 3$	Норма, друга і третя – перевищення, швидкість третя
19	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 0, P_3 = 0$	$Vn = 0$	Перевищення тиску, вивал, останов, попереджувальний сигнал на викладку кострів
20	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 0, P_3 = 1$	$Vn = 1$	Перевищення тиску, вивал, норма, швидкість перша
21	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 0, P_3 = 2$	$Vn = 0$	Перевищення тиску, вивал, перевищення, останов, попереджувальний сигнал на викладку кострів
22	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 1, P_3 = 0$	$Vn = 2$	Перевищення, норма, вивал, швидкість друга
23	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 1, P_3 = 1$	$Vn = 3$	Перевищення тиску, норма, норма, швидкість третя
24	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 1, P_3 = 2$	$Vn = 2$	Перевищення тиску, норма, перевищення, швидкість друга
25	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 2, P_3 = 0$	$Vn = 1$	Перша і друга – перевищення тиску, третя вивал, останов, попереджувальний сигнал на викладку кострів
26	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 2, P_3 = 1$	$Vn = 1$	Перша і друга перевищення, третя – норма, швидкість перша
27	Если $P_1 = 2$ , $P_2 = 2, P_3 = 2$	$Vn = 0$	Перша, друга і третя – перевищення тиску, сигнал на зупинку, попереджувальний сигнал на проведення робіт попереджувальних посадки секцій «на жорстку»

#### 4.2.5 Методика визначення точного місця розташування

У масиві, де ведуться гірничі роботи, стан порід через всебічний тиск характеризується врівноваженою напругою. Процес вуглевидобування викликає в масиві зміну напруженого стану, у вигляді розвантажень і навантажень гірничого тиску і появи в кровлі, боках і ґрунті забою двохосевого стиснення або розтягуючих зусиль [141]. Процес вуглевидобування супроводжується обваленнями масиву вугільних пластів, що нависають, і вміщувальних порід. У зв'язку з цим стан гірничих порід очисного забою в процесі його просування характеризується трьома режимами [142]:

1. Рівноважний режим. Реалізується при малих швидкостях або слабких породах, в яких швидкості накопичення ушкоджень великі при значній глибині проведених гірничих робіт, що призводить до більш швидкого накопичення пошкоджень. У цьому випадку швидкість накопичення пошкоджень виявляється такою швидкою, що кровля обрушається відразу за просуванням забою.

2. Квазірівноважний режим. У цьому випадку помітні ушкодження встигають накопичуватися разом з просуванням забою, тобто «хвиля» пошкодження рухається приблизно зі швидкістю просування забою, значних і небезпечних зависань кровлі не спостерігається. Перша посадка кровлі становить перші десятки метрів, кроки наступних обвалень кровлі також невеликі.

3. Істотно нерівноважний режим. Забій йде досить далеко, перш ніж в кровлі накопичаться помітні ушкодження. Зависають протяжні ділянки кровлі, крок наступних обвалень також великий.

Механізм обвалення масиву гірничих порід [143] для кожного з режимів підпадає під дію гравітаційних сил. В оголеному масиві вугільних пластів і гірничих порід, що нависають, виникають напруження розтягу.

У разі перевищення межі міцності на розтяг, відбувається відділення породи або вугілля в зоні, прилеглій безпосередньо до оголення, від іншої частини масиву вугільного пласта або гірничих порід. Обвалення вугілля і порід припиниться при досягненні міцних порід, тобто переважання межі міцності масиву гірничих порід на розтяг над розтягувальною напругою в масиві, що виникають під дією гравітаційних сил або при формуванні над зоною зводу природної рівноваги.

Умови виникнення порушень можна записати в такий спосіб [140–143]:

$$\gamma l > [\sigma_{\text{раст}}], \quad (3.1)$$

де  $\gamma$  – об'ємна вага масиву гірничих порід;

$\sigma_{\text{розт}}$  – розтягувальні напруги в масиві гірничих порід, що виникають під дією гравітаційних сил;

$[\Sigma\sigma_{\text{розт}}]$  – межа міцності масиву гірничих порід на розтяг.

До найбільш небезпечних по обваленню зонам [141, 142] відносяться зони геологічних порушень (ГП). Під небезпечною зоною розуміють ділянку надр, в межах якої при веденні гірничих робіт потрібно здійснювати додаткові заходи безпеки, що передбачаються проектом на відпрацювання родовища, а також проектом заходів на ведення гірничих робіт у небезпечній зоні [141–143].

Формування небезпечних зон пов'язане зі складчастими і розривними тектонічними порушеннями; нестійкою кровлею і ґрунтом; ділянками інтенсивного виділення води в зоні тріщинуватих порід або поблизу затоплених гірничих виробок; зонами прояву газу (суфлярний газ); викиднебезпечними зонами вугілля і породи; ударнебезпечними зонами; зонами підвищеного гірничого тиску.



Особливості стану і властивості гірничого масиву порід в районах ГП і близьких до них характеризуються змінами ряду показників [141, 142]. При підвищенні ступеня тектонічної порушеності вугілля, його міцність зменшується, початкова швидкість газовиділення, окислювальна здатність вугілля, газопроникність збільшуються. При підході до розривного порушення приріст максимальних значень початкової швидкості газовиділення підпорядковується залежності:

$$\Delta g_{\text{п}} = 2,18 - 0,45 l, \quad (3.2)$$

де  $l$  – відстань до порушення, м.

При навантаженні від 5 МПа до 7 МПа (марки вугілля К і А) газопроникність зразків вугілля зменшується в сотні разів. В межах ГП міцність вугілля знижується, спостерігається підвищена мінливість його властивостей міцності і структури. Зміна температури вугільного пласта і радіаційної температури в забоях відбувається в бік збільшення, і для радіаційної температури досягає 20%. З наближенням до зони ГП інтенсивність тріщинуватості порід кровлі в лежачому боку зростає і значно збільшується в висячому боку на відстані 20-60 м від розриву. При наближенні до порушення також зростає показник тріщинуватості. Підвищена концентрація напружень проявляється при наближенні до складчастих і розривних тектонічних порушень, представлених різким збільшенням потужності пласта. При підході до потовщення пласта на відстань 4-5 м, вертикальні напруги досягають  $\sigma_{\text{в}} = 63$  МПа, що перевищує геостатичну напругу більш ніж в три рази, а при наближенні на відстань 0,5 м, маємо максимум  $\sigma_{\text{в}} = 113$  МПа. Горизонтальна напруга зі зміною відстані до ГП з 4-5 м до 0,5 м збільшується з 23 до 38 МПа, що становить 1,7 рази. Також різко підвищується тиск газу на вході в 1,5-10 разів, в залежності від положення відносно площини зміщувача.

За даними ДП Держинськвугілля і Артемвугілля швидкість зсуву порід кровлі збільшується в 1,5–2,0 рази по відношенню до інших ділянок.

За ступенем поширеності ГП діляться [143] на площадні і локальні. До площадних порушень відносяться зони різкої зміни потужності пласта, нестійка безпосередня кровля, складнообрушувана основна кровля, зони підвищеної тріщинуватості, зона великої флексури. До локальних порушень відносяться тектонічні порушення (розривні і плікативні), окремі тріщини в кровлі, включення породи стрічковидної форми всередині пласта (розмиви), розщеплення і відщеплення пласта.

Викидонебезпечні зони на небезпечних вугільних пластах мають локальний характер. Середньостатистична площа викидонебезпечних зон становить 5-10% від загальної площі викидонебезпечної пласта [142]. Вид, розташування порожнин викидів вугілля і газу наведені [143] на рис. 3.4.

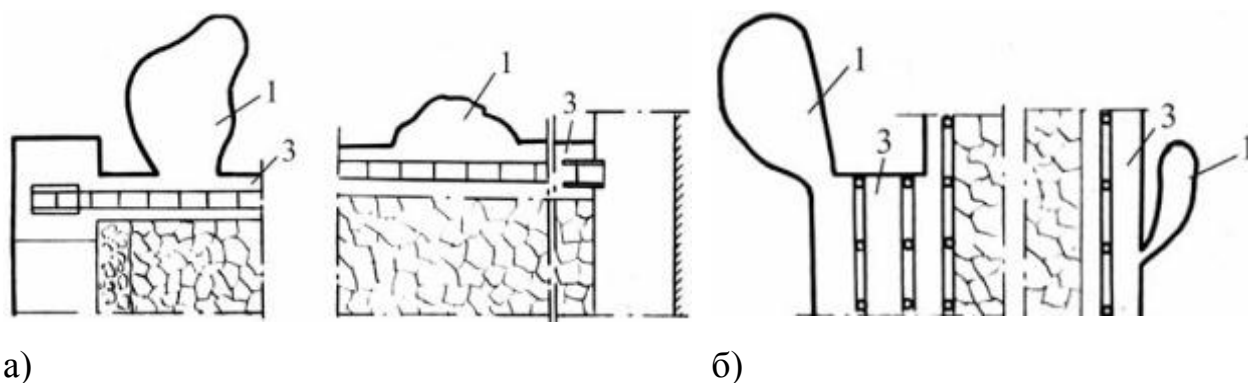


Рис. 3.4. Порожнини викидів вугілля і газу в очисних виробках на пологих (а) і крутих пластах (б)

Раптові викиди вугілля і газу обумовлені наявністю зон ГП. Ускладнення тектонічної будови шахтного поля, розвиток дрібних плікативних і диз'юнктивних порушень призводить до зростання небезпеки викидів. Найбільш небезпечними зонами є ділянки 10-20 метрової ширини [143] по обидва боки від розриву (рис. 3.5).

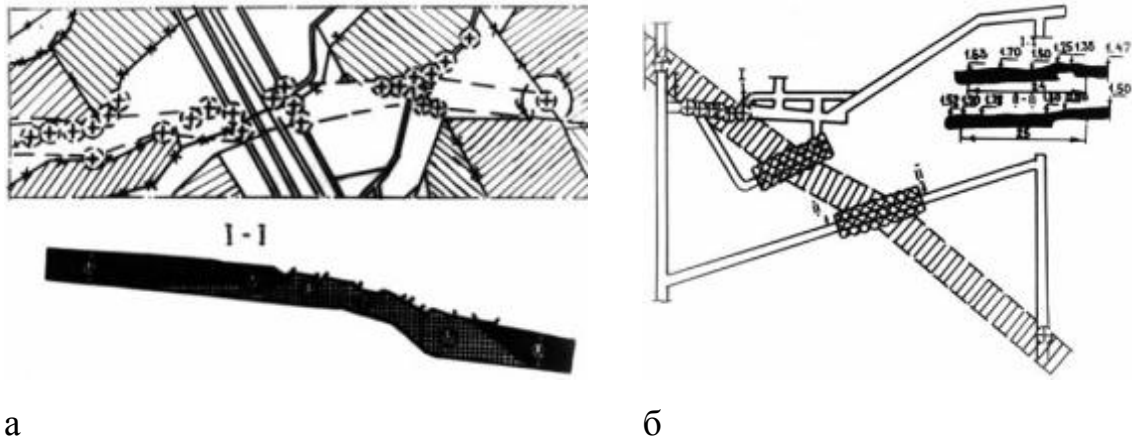


Рис. 3.5. Характер зміни вугільних пластів у викидонебезпечних зонах і їх приуроченість до ГП

На рис. 3.5 прийняті наступні умовні позначення:  $\oplus$  – місця викиду вугілля і газу;  $\#\#\#\#$  – вугілля з порушеною структурою;  $= = =$  – геологічне порушення;  $\text{XXX}$  – зона гідрообробки вугільного пласта.

Основною технологічною причиною обвалення вугілля і вміщувальних порід, є [144] ненадійне кріплення гірничих виробок, що являть небезпеку для людей на ділянках між забоєм і кріпленням. Найбільшу складність запобігання обвалень в очисних виробках представляє похиле і круте залягання вугільних пластів. За обвалюванням вони діляться на небезпечні, схильні і безпечні. У пластах схильних до обвалення вугілля виділяють безпечні, небезпечні і особливо небезпечні зони, в небезпечних пластах – особливо небезпечні зони. Серед пластів схильних до обвалення виділяють: пласти, складені на всьому протязі вугіллям або окремими пачками потужністю 0,1 м і більше III-IV ступеня порушення; пласти, на яких відбувалися раптові обвалення вугілля в зонах ГП. До небезпечних за раптовими обваленнями пластів відносяться: пласти, складені на всьому протязі вугіллям або окремими пачками потужністю 0,1 м і більше IV-V ступеня порушення; пласти, на яких відбувалися раптові обвалення вугілля поза зонами ГП. У пластах небезпечних за обваленнями виділяють особливо небезпечні зони до яких відносяться зони ГП і підвищеного гірничого тиску.

При розробці пластів застосовується комплекс технологічних і спеціальних заходів [144, 145] з метою прогнозування небезпечних за обваленням зон, зниження впливу гравітаційних сил, застосування надійних способів кріплення масиву вугілля, що нависає, і керування гірничим тиском. У цих умовах обвалення вугілля відбувається із забою, який не завжди представляється можливим закріпити. Обвалення вугільного масиву і гірничих порід залежить від їх оголеного положення, міцності, наявності кріплення і щільного контакту кріплення і вугільного масиву з породами.

Причини збільшення ймовірності обвалень і вивалів в очисному забої [146]: проведення робіт до перших посадок безпосередньої і основної кровлі; підхід забою до виробленого простору; підхід забою до ГП і його перетин; знаходження забою під ціликами, залишеними в пласті або шарі, розташованому вище; потрапляння в зону підвищеного гірничого тиску.

Аналіз причин і умов раптових обвалень і вивалів гірничих порід показує [147], що вони найбільш часто відбуваються в результаті:

- запізненої установки кріплення;
- установки кріплення недостатньої стійкості або несучої здатності;
- видалення встановленого кріплення (або його розвантаження) без установки заміни або компенсації;
- несвоєчасного ремонту пологого або деформованого кріплення;
- несвоєчасної або неякісної обробки кровлі та боків забою, залишення заколів, відшарованих плит або брил;
- неякісної посадки кровлі або поганого виконання закладки.

У результаті запізненої установки кріплення збільшується площа оголеної кровлі або зростає час, протягом якого вона не підхоплюється кріпленням.

Недостатня стійкість або несуча здатність кріплення визнається невідповідністю умовам роботи, наявністю пустот між кріпленням і породою, конструктивними недоліками кріплення або браку при їх установці,

збільшенням відстані між рамами або секціями, відсутністю затяжки і поганого розклинювання рами кріплення і т. д. [146].

Комплекс технологічних і спеціальних заходів передбачає [147]:

– прогнозування небезпечних і особливо небезпечних зон за раптовими обваленнями вугілля;

– випереджальну розробку захисних пластів;

– запобігання раптових обвалень вугілля способами, що включають технологічні схеми зниження впливу гравітаційних сил, спеціальні заходи щодо запобігання обваленню вугілля.

Щоб уникнути людських жертв і простоїв в процесі вуглевидобування зони геологічних порушень попередньо прогножуються за матеріалами даних розвідувального буріння (плани, розрізи, справи свердловин) і даними експлуатаційної розвідки [146]. На основі даних матеріалів виконується геологічний прогноз, що включає прогнозні карти потужності, будови, зольності, вмісту шкідливих компонентів вугільного пласта, обрушуваності основної і стійкості безпосередньої і хибної кровлі, тріщинуватості, тектонічних порушень, обводнення, газоносності. Прогнозні карти є основою для паспорта гірничої виробки і технологічних схем по видобувним і підготовчим виробкам. На схемах зазначаються [146, 147]: коливання потужності вугільного пласта для вибору типорозміру кріплення і комбайна; зміни коефіцієнта міцності включень і порід для вибору способу буріння шпурів і виїмки вугілля і порід, небезпечні зони, де очікуються ускладнення гірничих робіт, умовні знаки необхідних заходів щодо зниження шкідливих впливів небезпечних зон. Важливу роль при складанні прогнозних карт грають геологічні зображення гірничих виробок, на яких показують геологічні порушення і пов'язані з ними ускладнення. Оскільки існує висока мінливість вугільного пласта і бічних порід, то геологічне зображення забою і стінок виробки необхідно виконувати або через 10-30м, або частіше. Використовуючи наявні геологічні матеріали, необхідно підготувати точний

геологічний прогноз на основі методу простих і складних аналогій, геолого–генетичного прогнозу, геометризації поверхонь надр і шарів порід із застосуванням комп'ютерних програм та математичної статистики.

Таким чином, прогнозні карти пропонується використовувати для мінімізації кількості і наслідків гірничотехнічних і гірничо–геологічних причин порушень процесу вуглевидобування і як додаткові джерела інформації для керування вугледобувним комбайном в небезпечних зонах.

Це дозволить виробити оптимальний швидкісний режим при підході до небезпечних зон і уникнути простоїв з причин вивалів і обвалень.

Визначення точного положення очисного комбайна необхідно виконувати по всій довжині лави з урахуванням зміни напрямку руху і величини навантаження на двигун. Після цього задається максимальна можлива швидкість руху для гірничо-геологічних умов кожної ділянки ВЗ.

У якості одного з недоліків існуючих інформаційних систем відзначається можлива невідповідність дійсного розташування комбайна і даних, що фіксуються системою. Похибка контролю місця розташування комбайна пояснюється провисанням канату від лебідки до комбайна і способом контролю (герконовим датчиком, який спрацьовує від зірочки, що знаходиться на комбайні). Неточність визначення місця розташування комбайна може привести до помилки входження в небезпечну зону на підвищеній, для даних умов, швидкості.

Складні гірничо–геологічні умови ВЗ обумовлюють повну зупинку комбайна для проведення спеціальних заходів щодо забезпечення контакту консолі перекриття з кровлею шляхом викладення кострів.

Як згадувалося вище при контролі місця розташування вугільного комбайна системою "Уран" [147, 148] використовуються диференціальні герконові датчики положення, розташовані на гідравлічному приводі механізму подачі. Похибка розташування через провисання ланцюга досягає 1,5 ... 2 м.

Давач постійно контролює напрямок руху і величину пройденого шляху. Отже, забезпечення точного місця розташування комбайна по відношенню до небезпечних зон вимагає застосування додаткових технічних засобів контролю і джерел інформації про стан вміщувального простору [148]. В якості нового джерела інформації про стан вміщувальних порід ВЗ у роботі запропонована графічна документація сейсмоакустичної служби для шахти з її уточненням від геолого-маркшейдерської служби. Формування такої документації здійснюється методом сейсмічного аналізу вугленосних формацій. Її наявність обов'язкова на кожному видобувному підприємстві.

Отримані характеристики пласта і порід наносяться у вигляді прогнозних карт із зазначенням небезпечних зон ВЗ. Прогнозна карта очисного забою (рис. 3.6) включає конвеєрний і вентиляційний штреки з відмітками, що вказують відстань від початку виробки, які за допомогою ліній з'єднань утворюють сітку. На карті відображені ділянки очисного забою, що викликають аварійні ситуації: межі зон посадки основної кровлі, зон підвищеної тріщинуватості і небезпечних зон геологорозвідувальних свердловин; місця очікуваних мульд і інші характерні особливості ділянки, виявлені в ході розвідувальних і прохідницьких робіт [148].

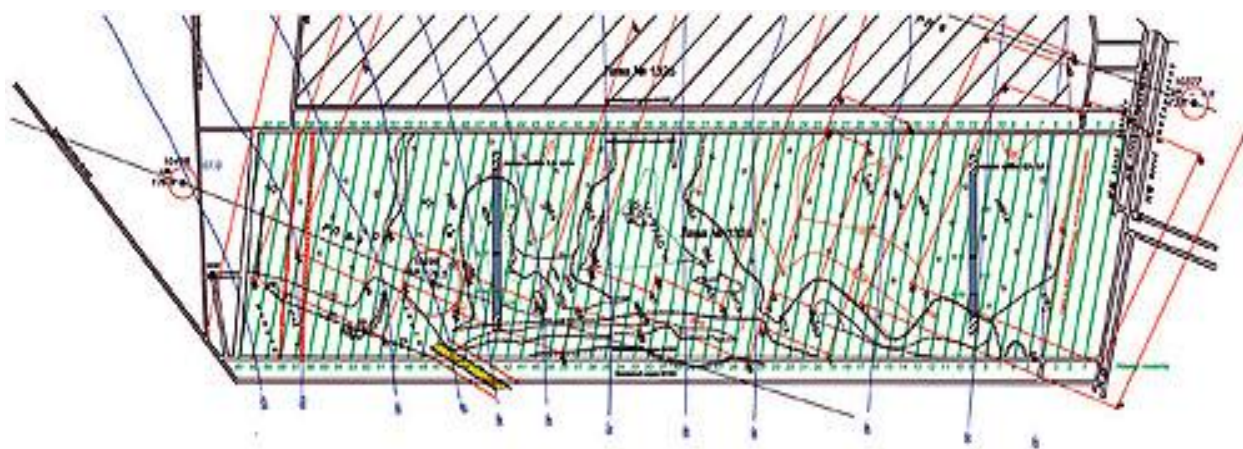


Рис. 3.6. Прогнозна карта вугледобувного забою

На рис. 3.6 прийняті наступні умовні позначення:



Алевроліт дрібнозернистий



Піщаник дрібнозернистий



Небезпечна зона у незатампонованій розвідувальній свердловині



Тріщини кліважа по вугіллю



Тріщини кліважа в породі кровлі



Зона розмиву пласта з впровадженням піщаника в вугілля, небезпечна зона



Зона підвищеного гірничого тиску



Номер розвідувальної лінії



Первинний крок обвалення основної кровлі



Вторинний крок обвалення основної кровлі

Наведена прогнозна карта дозволяє визначити місце розташування небезпечних зон на шляху просування ВЗ. Вимірявши відстань від місця початку вуглевидобування у ВЗ до позначених зон тріщинуватості і зони підвищеного гірничого тиску по прямій, отримаємо ділянку безпечну для роботи на високих швидкостях. Наближаючись до небезпечних зон, оператор повинен знизити швидкість і, на підставі візуального огляду і накопиченого досвіду, перетнути зону або перейти на віддалене керування. Прогнозна карта дає докладне уявлення про небезпечні зони при вигляді на забій зверху.



У площині пласта поширені тектонічні порушення, які фіксуються в геологічному описі бічних порід, і відображають заміщення вугілля породами кровлі або ґрунту, виклинювання, розшарування пласта і ін. Тектонічні порушення відображаються в геологічному розрізі по одній зі стінок виробки, що починається в точці з нормальним станом пласта і проходить до забою (рис. 3.7) [145].

Ділянки бічних порід, що містять піщаник, відносяться до тектонічних порушень, а саме до заміщення вугільного пласта. Наведений розріз отримують по мірі просування виробки з метою представлення характеристики інтенсивності і тенденції розвитку або загасання небажаного явища (наявності піщаника), що може бути використано при складанні прогнозу умов роботи сусідньої лави або нижнього горизонту [145].



Рис. 3.7. Геологічна документація гірничої виробки (розріз по штреку пласта  $k_2$ , шахта «Червона зірка», Торезантрацит)

Згідно єдиного підходу небезпечні зони представлені на прогнозних картах числовим кодом і занесені в пам'ять персонального комп'ютера (ПК). Приклад цифрового коду на прогнозній карті показаний на рис. 3.8.

0,66	0,12	0,044	0,077	0,21	0,07	0,049	0,038	0,033	0,076	0,044	0,111		0,3	0,064	0,048	
0,25	0,12	0,06	0,1	0,065	0,125	0,047	0,044	0,035	0,08	0,049	0,6		0,103	0,042	0,044	
0,55	0,296	0,08	0,25	0,078	0,087	0,067	0,063	0,057	0,095	0,017	0,092		0,1	0,057	0,061	
0,16	0,313	0,113	0,156	0,033	0,1	0,109	0,075	0,057	0,061	0,02	0,069	0,04	0,3	0,049	0,095	
0,44	0,176	0,19	0,089	0,026	0,143	0,21	0,146	0,044	0,091	0,038	0,076	0,1	0,094	0,087	0,095	
1,08	0,737	0,103	0,267	0,048	0,2	0,086	0,08	0,073	0,172	0,038	0,076	0,133	0,075	0,106	0,04	
0,53	0,222	0,189	0,132	0,076	0,189	0,167	0,179	0,122	0,162	0,038	0,19	0,057	0,225	0,106	0,095	
0,69	0,286	0,225	0,222	0,034	0,222	0,237	0,267	0,149	0,3	0,054	0,114	0,313	0,15	0,125	0,21	
0,26	1,3	0,231	0,25	0,067	0,667	0,231	0,25	0,167	0,4	0,114	0,114	0,278	1,143	0,28	0,091	
0,22	0,136	0,429	0,167	0,114	0,3	0,263	0,375	0,227	0,536	0,101	0,122	0,6	0,148	0,333	0,171	
0,41	0,186	0,273	0,3	0,262	0,444	0,167	0,478	0,367	0,6	0,107	0,08	1,333	0,1	0,28	0,222	
0,8	0,306	0,5	0,5	0,409	1	0,476	0,4	0,35	1	0,407	0,273	0,833	0,2	0,406	0,462	
0,71	1,167	0,556	0,571	0,8	0,833	0,571	0,4	1,5	1,2	0,633	0,571	1	0,571	0,789	1,333	
1,14	1,16	1,045	1,089	1,25	1,029	1,111	1,286	1,231	1,167	1,091	1,037	1,2	1,087	1,154	1,261	
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°
ПК4	ПК9	ПК14	ПК19	ПК24	ПК29	ПК34	ПК39	ПК44	ПК49	ПК54	ПК59	ПК64	ПК69	ПК74	ПК79	ПК84

Рис. 3.8. Фрагмент представлення геолого–маркшейдерською службою даних про роботу конвєсрного штреку і пропонований рівень дискретизації

Згідно єдиному підходу до формалізації станів представлені цифрові значення нерівномірної дискретизації, при якій «0» відповідає стану можливих обвалень порід кровлі в призабійний простір і при певному наростанні (первинний, вторинний крок обвалення кровлі і т. д.) необхідно обнулити швидкості подачі і зупинити комбайн для викладки кострів; «1» – сприятливому стану вміщувальних порід і можливості переходу на максимальну швидкість подачі; «2» – попередженню про підвищення напруги масиву і можливої жорсткої посадки секцій кріплення.

Комбінації цих станів забезпечують оптимальне керування швидкісним режимом комбайна і способом кріплення за ним як показано в роботі [128].

На рис. 3.8 прийняті наступні позначення: 0,1-0,5 – нормальний стан масиву – відповідає 1; 0,5-1 – підвищена напруга масиву – відповідає 0; 1 і більше – тріщинуватий стан масиву – відповідає 2.

Зниженню ризику вивалів і обвалень кровлі також сприяють гіпсометричні плани вугільного пласта. Знаючи структуру пласта і потужність порід, що його перетинають, можна розрахувати відстань до

ділянок, схильних до обвалення, і регулювати швидкісний режим комбайна при підході до них і їх перетині. Приклад гіпсометричної карти пласта наведений на рис. 3.9 [146]. Доцільність використання гіпсометричних планів підтверджується різноманіттям гірничо-геологічних умов шахтних пластів Донбасу, наприклад [146], чисто вугільні пласти складають 13%, з прошарками – 34%, з твердими включеннями – 16%, з прошарками і твердими включеннями – 37 % від загальної кількості запасів.

На основі трьох розглянутих планів складені правила зміни швидкості вугледобувного комбайна в залежності від стану вміщувального простору і його особливостей (табл. 3.2).

Задача контролю точного місця розташування комбайна складається з розрахунку пройденої відстані від початку руху і врахуванням непрямолінійності лінії забою.

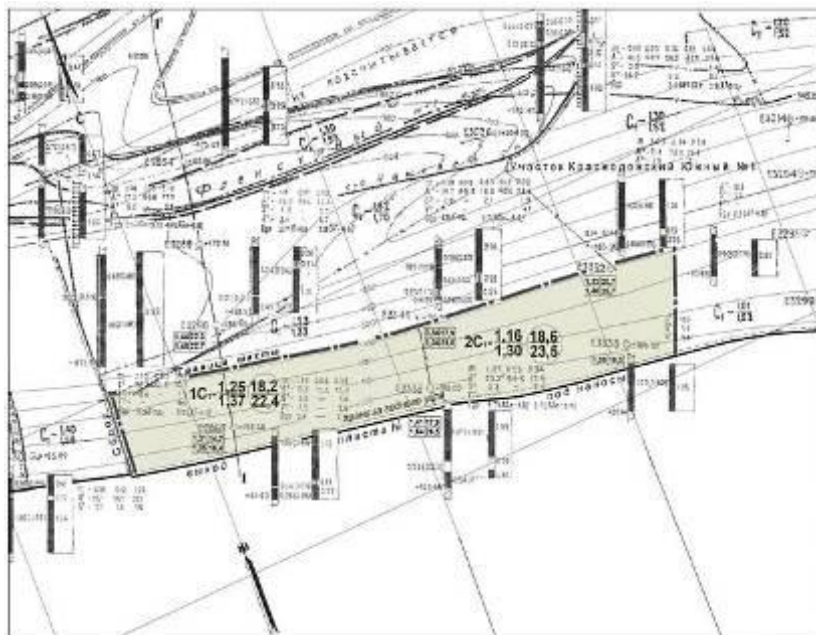


Рис. 3.9. Гіпсометричний план пласта h<sub>7</sub>

Контроль пройденого шляху виконується аналогічно контролю конвергенції описаного раніше за допомогою приймачів, встановлених на кожній секції кріплення. Оскільки відстань між секціями відома, то

пройдений від початку забою шлях розраховується пропорційно їх кількості. Використання передавачів з джерелом постійного живлення усуває складну інформаційно-вимірювальну мережу: давачі положення, давачі навантаження на секції кріплення, кабельну мережу, комутатори для підключення джерел живлення [128].

Таблиця 3.2

**Вибір керувальних впливів в залежності від стану середовища оточення**

Номер стану	Стан вміщувального простору	Діапазон зміни швидкості подачі $V_n$ комбайна, м / хв	Ситуація середовища и керувальний вплив
1	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0$	$V_n = 0$	В розрізі по штреку – порода, прояв гірського тиску – підвищені напруги масиву, на гіпсометричному плані – пласт з прошарками. Сигнал на останов комбайна
2	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 2$	$V_n = 0$	Порода, підвищені напруги масиву, пласт з прошарками і твердими включеннями. Сигнал на останов комбайна
3	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 0$	$V_n = 2$	Порода, проявів гірського тиску немає, пласт з прошарками, швидкість друга
4	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 1, P_3 = 2$	$V_n = 1$	Порода, проявів гірського тиску немає, пласт з прошарками і твердими включеннями швидкість перша
5	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 2, P_3 = 0$	$V_n = 0$	Порода, тріщинуватий стан масиву, пласт з прошарками, сигнал на останов комбайна
6	Якщо $P_1 = 0, P_2 = 2, P_3 = 2$	$V_n = 0$	Порода, тріщинуватий стан масиву, пласт з прошарками і твердими включеннями, останов
7	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 1$	$V_n = 4$	Пласт, підвищені напруги масиву, пласт, швидкість четверта
8	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 2$	$V_n = 3$	Пласт, підвищені напруги масиву, пласт з прошарками і твердими включеннями, швидкість третя
9	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 1$	$V_n = 6$	Пласт, проявів гірського тиску немає, пласт, швидкість шоста
10	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 2$	$V_n = 4$	Пласт, проявів гірського тиску немає, пласт з прошарками і твердими

			включеннями, швидкість п'ята
11	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 2, P_3 = 1$	$Vn = 4$	Пласт, тріщинуватий стан масиву, пласт, швидкість четверта
12	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 2, P_3 = 2$	$Vn = 3$	Пласт, тріщинуватий стан масиву, пласт з прошарками і твердими включеннями, швидкість третя
13	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 0, P_3 = 0$	$Vn = 4$	Пласт, підвищені напруги масиву, пласт з прошарками
14	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 0$	$Vn = 5$	Пласт, проявів гірського тиску немає, пласт з прошарками
15	Якщо $P_1 = 1, P_2 = 2, P_3 = 0$	$Vn = 3$	Пласт, тріщинуватий стан масиву, пласт з прошарками

Таким чином, спільне застосування засобів радіоконтролю і документації сейсмоакустичної служби з уточненням від геолого–маркшейдерської служби визначає місце розташування вугледобувного комбайна щодо небезпечних зон. Алгоритм визначення розташування комбайна щодо небезпечних зон наведено на рис. 3.10.



Рис. 3.10. Алгоритм визначення точного місця розташування

Кількість правил менше ніж при проявах конвергенції, оскільки в розрізі по штреку тільки 2 стану – порода і пласт. Також виключені суперечливі правила, в яких присутні такі поєднання: на гіпсометричних планах – пласт, а на розрізі по штреку – порода.

Для встановлення оптимальних значень швидкостей і максимальної продуктивності на ділянках, оброблені реальні графіки переміщення комбайна в забоях шахти «Калинівка Східна» за 44 робочі зміни. За результатами аналізу встановлено залежності кількості простоїв при різних швидкостях подачі.

Для ділянки № 8 характерні простої, серед яких 39% складають жорстку посадку секцій і обвалень порід кровлі в призабійний простір. Вивали найбільш часто спостерігаються при швидкостях подачі комбайна від 1 до 3 м / хв. Імовірність швидкості подачі понад 2 м/хв дорівнює 0,2, а до 2 м/хв становить 0,8. Вивали найбільш часто спостерігаються при швидкостях подачі комбайна від 1 до 3 м/хв.

Саме на ділянках №№ 8 і 5 комплекс працював не в оптимальному режимі. Підтвердженням цього є низька продуктивність ділянок, що характеризується відсутністю рівномірної роботи комплексу за зміну. Відповідно до графіка диспетчерської служби, оптимальна швидкість  $V_0 = 3 \dots 4$  м / хв.

За характеристиками для ділянок № 1 та № 5 з ідентичними гірничо-геологічними умовами, рівень погодинної продуктивності комплексу протягом зміни хоча і не високий, але має наростаючий характер.

Швидкість подачі комбайна була ближче до оптимальної, при цьому пройдено максимальну відстань, без порушень. Дослідження, виконані на ділянках № 2 і № 5 з ідентичними гірничо-технічними умовами показали, що добова продуктивність ділянки № 2 значно вище. Тут більший час працювали зі швидкістю 3,5 ... 4,5 м / хв, що є оптимальною. Імовірність такої швидкості близька до одиниці, а на ділянці № 5 дорівнює 0,74, максимально можлива  $V_{\max} = 6$  м/хв. Для зазначених ділянок в табл. 2.6 і 2.7 проаналізовані режими їх роботи і причини виникнення передаварійних ситуацій відповідно [128, 129]. Відзначимо, що при збільшенні швидкості спостерігалися вивали в призабійний простір, що призводило до оголення і порушення стійкості кровлі.

Таким чином, конкретним гірничо-геологічним умовам відповідає оптимальна швидкість подачі, при якій не відбуваються аварійні ситуації: обвалення вугільного масиву в призабійний простір, простої, пов'язані з обваленнями.

На підставі сказаного можна рекомендувати для визначення оптимальної швидкості подачі комбайна виконання аналізу результатів роботи механізованих комплексів по кожній лаві з відносно нестійкою кровлею і прийняти до уваги інформацію від маркшейдерської служби, а також гірничо-геологічний прогноз, за яким можна визначати зони можливих обвалів, жорсткої посадки або проявів конвергенції.

Величину оптимальної швидкості, визначену за цими результатами, доцільно ставити оператору в якості уставки регулятора як з місця, так і з пульта, встановленого на штреку.

При аналізі ситуації гірничо-геологічної обстановки в лавах (табл. 3.3, 3.4) також встановлено, що в місцях порушень інтенсивність впливу напруженого стану вміщувальних порід зростає, внаслідок чого відбувається жорстка посадка секцій кріплення, місцеві обвалення кровлі та вивали порід в призабійний простір. Це положення підтверджується результатами дослідження причин простоїв за даними шахти «Калинівка Східна». Так, кількість простоїв, пов'язаних з обваленнями кровлі та жорсткою посадкою секцій становить 79,7% всіх простоїв, що призводить до 54% втрат робочого часу, і відповідно, до можливих аварійних ситуацій. Залежно від величини зони порушень, вони можуть перетинатися лінією забою протягом місяця, а іноді півроку. Найбільш тривалими є причини простоїв через обвалення кровлі і «жорсткої» посадки секцій кріплення.

Для визначення автокореляційного зв'язку кількісних і якісних характеристик гірничо-геологічних порушень скористаємося даними послідовних робочих змін на першій і п'ятій видобувних ділянках. Ці дані оформлені у вигляді матриці:



$$X = \begin{vmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & X_{1,3} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & X_{2,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{44,1} & X_{44,2} & X_{44,3} \end{vmatrix}$$

де:  $X_{i,1}$  – сумарний час простоїв за гірничо-геологічними причинами за дві доби, хв.;

$X_{i,2}$  – видобуток вугілля за  $i$ -у добу, тонн;

$X_{i,3}$  –  $i = 1,44$  – робочий масив, використаний для кореляційного і статистичного аналізу.

Після обробки даних отримані наступні результати: коефіцієнт кореляції  $R_{x1x2}$  значний і дорівнює 0,81, що підтверджує гіпотезу про вирішальний вплив гірничо-геологічних факторів на хід технологічного процесу в лаві; значення автокореляційних моментів складають  $\chi_{x20} = 1$ ;  $\chi_{x21} = 0,44$ ;  $\chi_{x22} = 0,36$ ;  $\chi_{x23} = 0,08$ ; тобто коливання добового навантаження на забій мають інерційність близько 6 робочих змін, а значить можна здійснювати прогноз цієї величини або факторів.

Маркшейдерські служби мають документацію сейсмоакустичної служби, в якій вказані форма залягання пласта (гіпсометрія), позначені координати зон підвищеної концентрації газу метану небезпечних, раптовими викидами вугілля і газу в призабійний простір, якщо зусилля потенційної енергії забою, обумовлене вмістом метану в ньому, перевищує зусилля різання.

Один раз в тиждень маркшейдери проводять заміри гіпсометрії пласта і уточнюють координати небезпечних зон щодо машин і механізмів комплексу. Ці координати заносяться в базу даних мікро-ЕОМ, що знаходиться на пульті керування комбайном, оснащеним дисплеєм, і на пульті диспетчера шахти на поверхні.

Диспетчер пов'язаний з усіма ділянками гучномовним зв'язком. Таким чином, якщо оператор комбайна не помітить, то його попередить диспетчер про необхідність вжиття заходів безпеки.

Однак ділянок на шахтах велика кількість і диспетчер не в змозі відстежувати стан всіх ділянок. Тому в ІТ КК вирішена задача, яка передбачає порівняння реального місця розташування комбайна і координат небезпечних зон. При підході до цих зон оператор комбайна отримує сигнал на вихід із забою і віддалене керування.

У процесі виїмки вугілля комбайном проводиться кріплення призабійного простору за допомогою засування секцій МК до грудей вибою. Оператор МК проводить автоматичне послідовне пересування секцій за допомогою гідравлічної системи керування, перебуваючи під сусідньою секцією, що забезпечує безпеку робіт і покращує спостереження за керованою секцією. Опускання секції при пересуванні становить не більше 100 мм (крім аварійних випадків), з метою уникнення попадання перекриття, що опускається, під перекриття сусідньої секції, утворення вивалів породи, які ведуть до порушення контакту поверхні перекриття з кровлею.

У процесі ведення гірничих робіт необхідно забезпечувати рівномірне просування лінії забою за факторами часу і жорсткої посадки секцій кріплення. Якщо недосування перекриття секції кріплення значне і поширене уздовж забою на велику відстань, то виникають вертикальні тріщини в породах над секцією, що призводить до перевищення допустимого навантаження на секції. Таким чином, порушення прямолінійності лінії забою, призводить до невизначеності стану вміщувального простору і входження комбайна в небезпечну зону на підвищеній швидкості.

Непрямолінійність просування комбайна вздовж забою обумовлено неповним засуванням секцій кріплення до грудей забою в зв'язку з його рельєфом і недоліками автоматизованого механізму.

Існуюча підсистема контролю засування секцій має дискретний давач з двома станами, який фіксує, засунулись секція чи ні. Пропонується замінити цей давач на аналоговий з метою вимірювання точної величини недосування секцій [140].

Використовуючи інженерний науково дослідний комплекс LabVIEW, розглянемо спрощену віртуальну модель підсистеми контролю прямолінійності лінії ВЗ.

До складу даної моделі не входить комбайн, а переміщення секцій МК відбувається послідовно одне за одним. Технологічно недосування перекриттів секцій МК не повинне перевищувати 30 см до грудей забою. Ці величини вводяться до запуску циклу і можуть бути змінені після його закінчення. При наявності таких даних оператор комбайну може контролювати прямолінійність лінії забою і коригувати засування секцій на зворотному ході.

Модель відображає величину недосування кожної секції МК у вікні програми, а також експортує ці дані в Microsoft Excel і записує їх у файл «Расстояния для остановки.xls». Ця операція здійснюється шляхом натискання кнопки «Ок» на панелі експорту (рис. 3.11) [150].

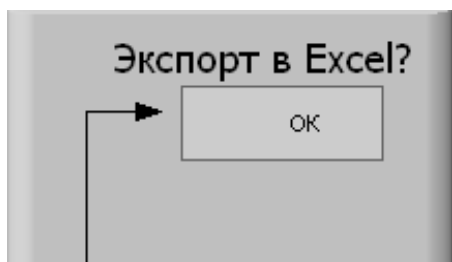
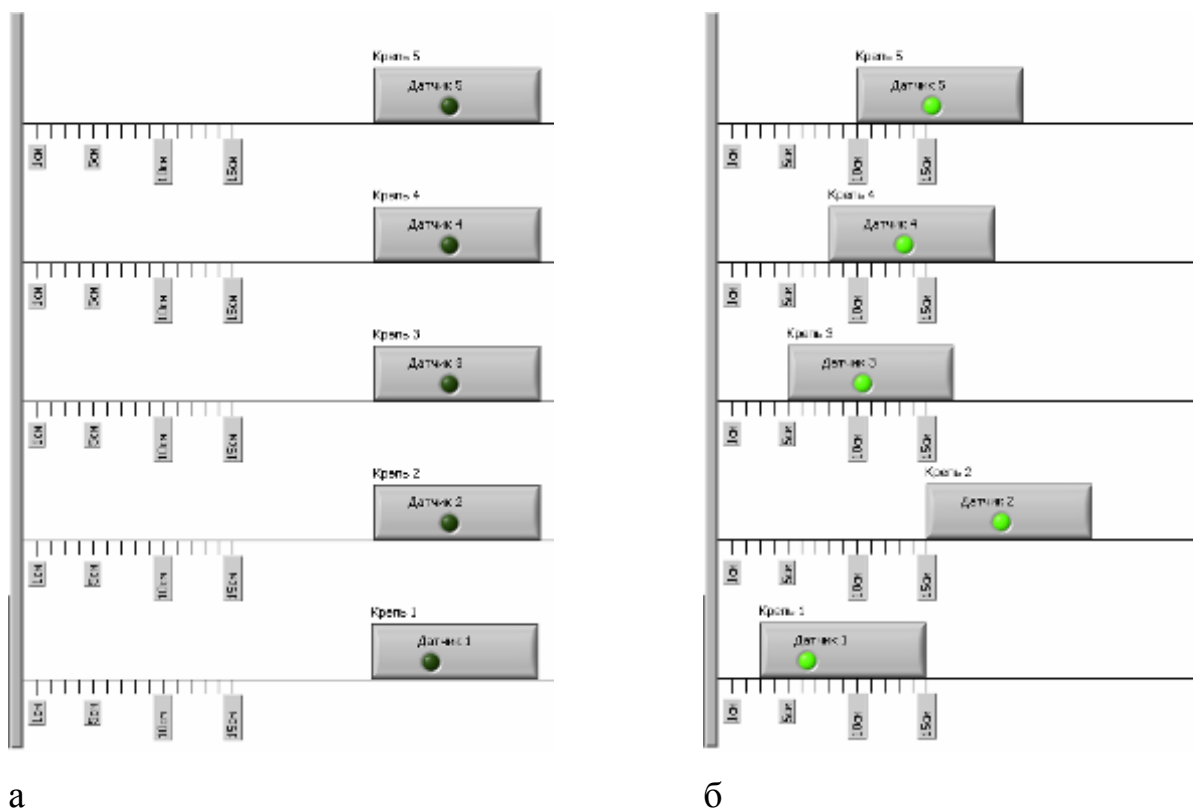


Рис. 3.11. Панель експорту результатів

Віртуальна модель роботи підсистеми і приклад недосування перекриття секцій кріплення до грудей забою наведені на рис. 3.12 (а) і 3.12

(б) відповідно. Приклади відображення величини недосування секцій з номерами 18 – 21 у вікні програми наведені на рис. 3.13.



а – початковий стан системи; б – процес переміщення секцій.

Рис. 3.12. Моделювання процесу засувки секцій МК

Крепль 18	Крепль 19	Крепль 20	Крепль 21
4	5	8	3

Рис. 3.13. Величини недосування секцій МК до грудей забою

Другим етапом програми є запис інформації в файл, де вона зберігається (рис. 3.14). Це дає можливість проаналізувати значення для кожної секції і зберегти результати при необхідності статистичного аналізу [149, 150].

Крепль 11	Крепль 12	Крепль 13	Крепль 14	Крепль 15	Крепль 16	крепль 17	крепль 18	Крепль 19	Крепль 20	Крепль 21
11	7	5	9	3	6	5	4	5	8	3

Рис. 3.14. Відкриття файлу з значеннями недосування перекриття до грудей забою

Для того щоб наочно відобразити характер зміни величини непрямої лінії забою, побудований графік на рис. 3.15. При виконанні кожного циклу відбувається підсумовування значень недосування.

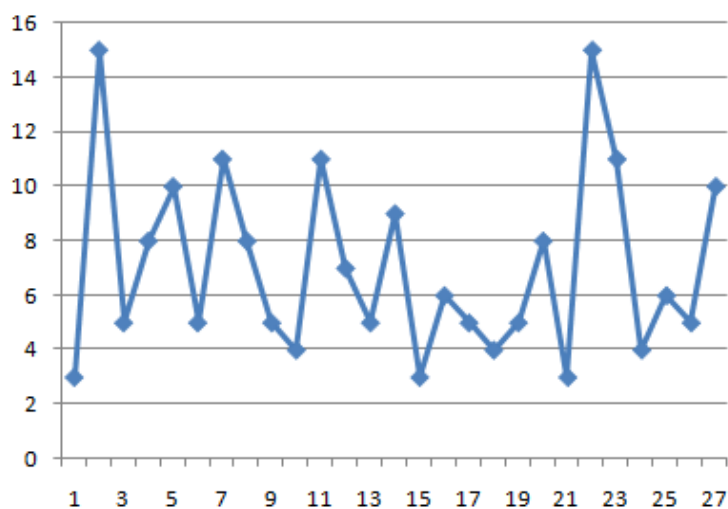


Рис. 3.15. Відображення характеру зміни величини непрямої лінії

Робота програми описана алгоритмом, наведеним у табл. 3.5 [149, 150].

*Таблиця 3.5*

**Послідовність реалізації циклів програми**



нерівномірності просування лінії забою є ефективною, але недостатньо інформативною і зручною для оператора. Реальний забій містить більше сотні секцій МК, тому оператору необхідно переглядати значення недосування для кожної з них. Тут можливий вплив людського фактора, який може привести до вивалів і обвалень. Виключити людський фактор дозволяє проектування бази даних (БД), яка додатково відображає інформацію про стан кровлі над кожною секцією і величиною недосування після коригування на зворотному ході комбайна. Набір правил контролю прямолінійності лінії забою приведений в табл. 3.6, де  $d$  – величина недосування секцій МК, см,  $N$  – число секцій в забої.

Дані значення визначають функціональні умови для проектування БД контролю прямолінійності лінії забою. Структура БД містить чотири поля, з інформацією про номер секції кріплення, величину недосування поточної секції, коригування положення кріплення на зворотному ході комбайна, сумарне недосування кріплення, що обчислюється на підставі попередніх двох полів.

Створення таблиці бази даних здійснювалося за допомогою програми Database Desktop з пакету програм Borland Delphi 7. Таблиця БД відповідає загальноприйнятому стандарту Paradox 7 і, відповідно, може коректно оброблятися всіма існуючими системами управління баз даних. Всі поля бази мають числовий формат і можуть зберігати цілі числа в діапазоні – 2 147 483 648, ... 2 147 483 647, що відповідає розрядності операційної системи.

З метою безпеки даних передбачена процедура установки БД на конкретний комп'ютер, що унеможлиблює її несанкціоноване використання. Для установки даної БД використовується програма BDE Administrator з пакета Inter Base для Borland Delphi 7.

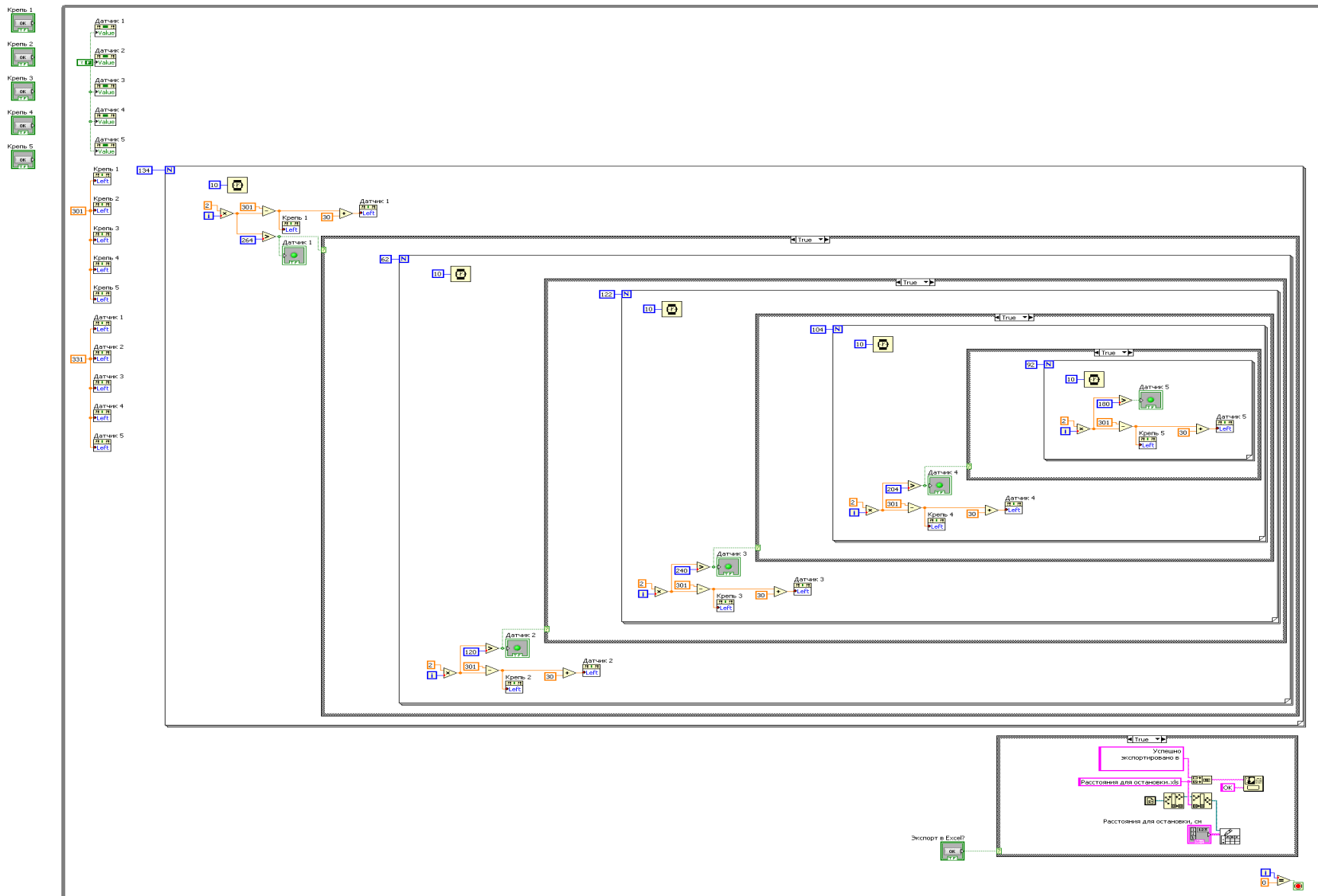


Рис. 3.16. Структурна схема контролю величини недосування секцій МК до грудей забою



## Вплив характеру прямолінійності лінії ВЗ

Правило	Стан кровлі згідно з єдиним підходом	Характер лінії ВЗ
Якщо $d_i \leq 15$ см, $i = \overline{1..N}$	$P = 1$	Лінія забою прямолінійна
Якщо $15 < d_i < 30$ см, $i = \overline{1..N}$	$P = 1$	Недосування секцій не перевищує гранично допустиме значення
Якщо $d_i > 30$ см, $i = \overline{1..N}$	$P = 0$	Прямолінійність лінії ВЗ порушена, є аварійні секції, необхідно провести засування на зворотному ході
Якщо $d_i > 30$ см для $N/3$ секцій	$P = 0$	Лінія забою непрямолінійна, безліч аварійних секцій. Відбувається посадка секцій «на жорстку», необхідно провести викладку кострів
Якщо $d_i > 30$ см для $2N/3$ секцій	$P = 2$	Активний прояв конвергенції. Ситуація аварійна, комплекс буде задавлений

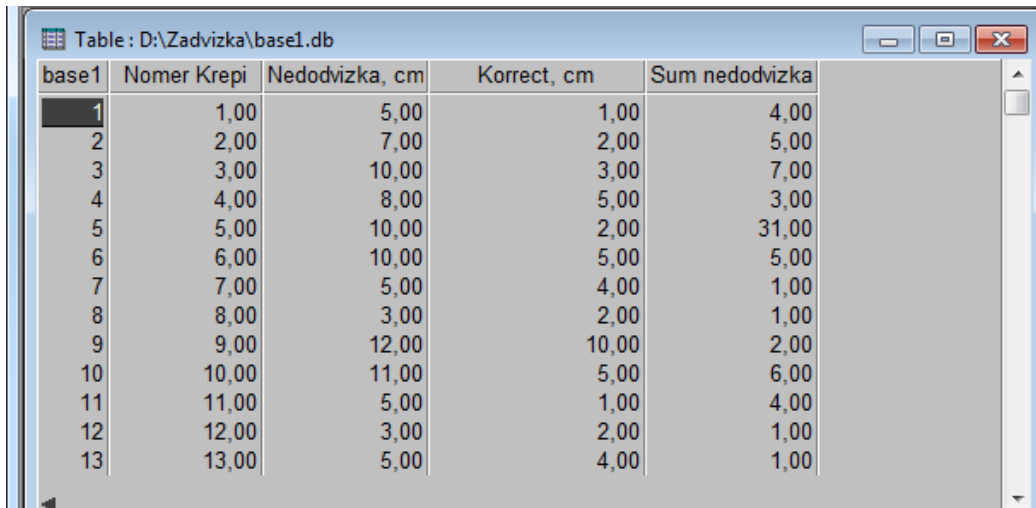
Створювана БД повинна виконувати наступні функції:

- коректно відображати інформацію, що міститься в БД;
- забезпечувати додавання, видалення і зміну даних в полях БД;
- обробляти дані по заданому алгоритму;

– коректно відображати результати.

Для реалізації даного завдання був розроблений алгоритм і програма для роботи з БД. Розробка програми велася засобами об'єктно-орієнтованої мови програмування Borland Delphi 7.

На рис. 3.17 показано вікно розробки БД [149, 150].



The screenshot shows a window titled "Table : D:\Zadvizka\base1.db". The table contains the following data:

base1	Nomer Krepi	Nedodvizka, cm	Korrect, cm	Sum nedodvizka
1	1,00	5,00	1,00	4,00
2	2,00	7,00	2,00	5,00
3	3,00	10,00	3,00	7,00
4	4,00	8,00	5,00	3,00
5	5,00	10,00	2,00	31,00
6	6,00	10,00	5,00	5,00
7	7,00	5,00	4,00	1,00
8	8,00	3,00	2,00	1,00
9	9,00	12,00	10,00	2,00
10	10,00	11,00	5,00	6,00
11	11,00	5,00	1,00	4,00
12	12,00	3,00	2,00	1,00
13	13,00	5,00	4,00	1,00

Рис. 3.17. Вікно розробки таблиці БД

Поле бази «Номер крепи» є ключовим і це дає можливість зв'язати цю таблицю з аналогічними БД, що містять іншу інформацію про стан кріплень (рис. 3.18).

Параметри, що встановлюються в BDE Administrator, для коректної роботи бази показані на рис. 3.19.

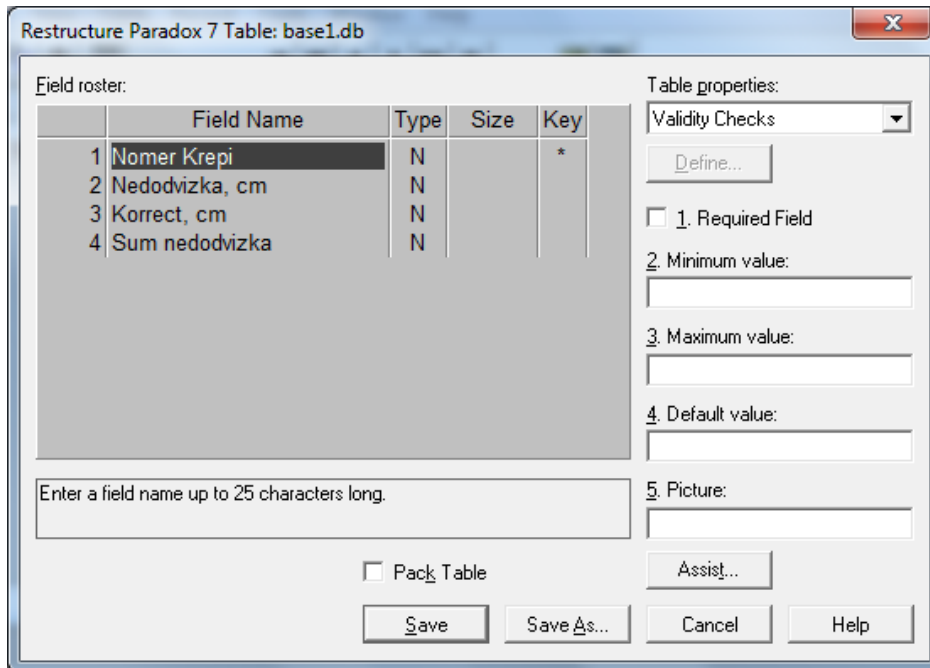


Рис. 3.18. Ключове поле БД і типи даних полів

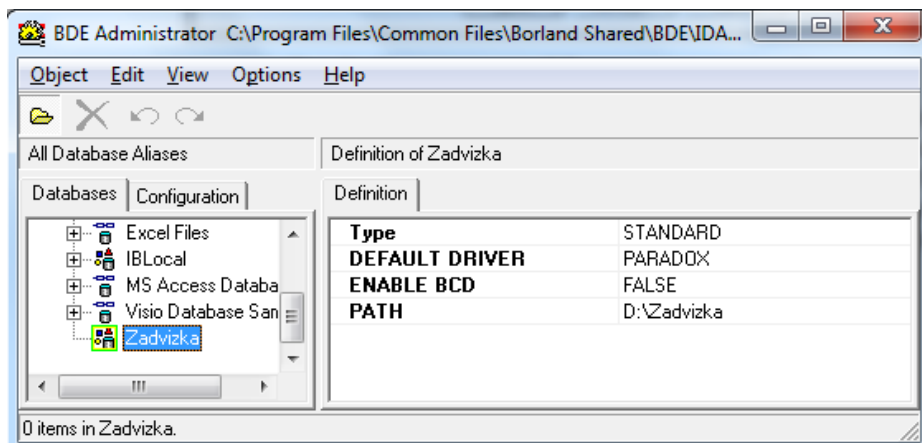


Рис. 3.19. Параметри безпеки БД

Обробка даних ведеться за наступним алгоритмом – на підставі даних, що надходять в поля «Недодвижка» (2) і «Корректировка» (3) система обчислює значення поля «Суммарная недодвижка» (4) як різницю між поточними значеннями полів (3) і (2) і з урахуванням попереднього значення поля (2) накопичує дані про сумарне недосування. У разі якщо сумарне недосування перевищує значення 30 см, програма видає відповідне сповіщення, вказуючи номер аварійної секції кріплення. За результатами обробки даних БД будується поточна лінія забою.

На рис. 3.20-3.25 показані різні варіанти роботи системи в залежності від величини недосування секцій МК [149, 150].

Спроектвана БД оперативно забезпечує оператора комбайна інформацією про виникнення аварійних ситуацій різного ступеня тяжкості в забої. При наявності відомостей про перевищення технологічного значення недосування для однієї або двох секцій МК є можливість уникнути жорсткої посадки і конвергенції, і не допустити раптових вивалів і обвалень кровлі шляхом зміни швидкості вугледобувного комбайна.

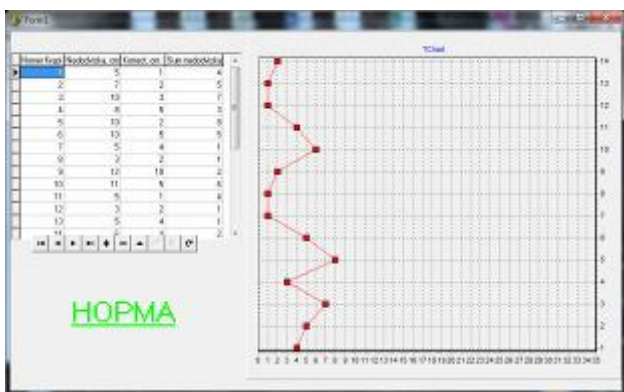


Рис. 3.20. Нормальний стан кровлі

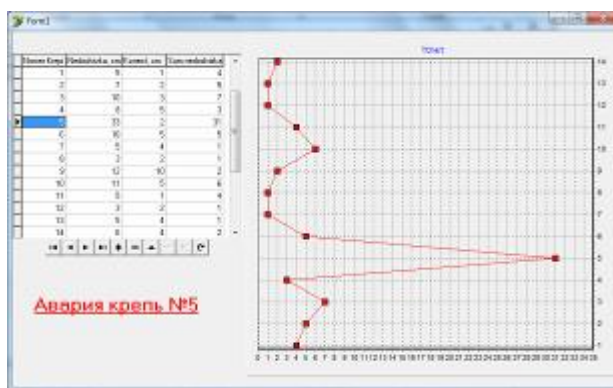


Рис. 3.21. Аварія на п'ятій секції МК

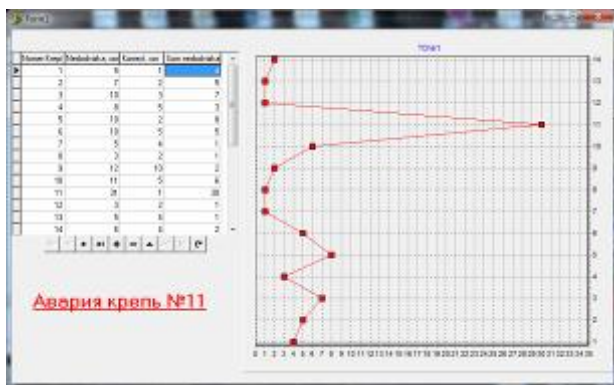


Рис. 3.22. Аварія на одинадцятій секції МК

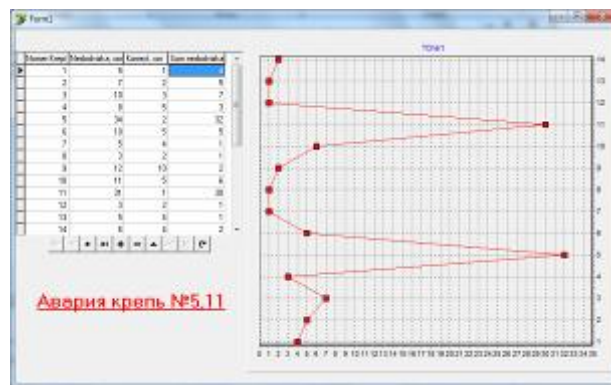


Рис. 3.23. Аварія на п'ятій і одинадцятій секціях МК одночасно

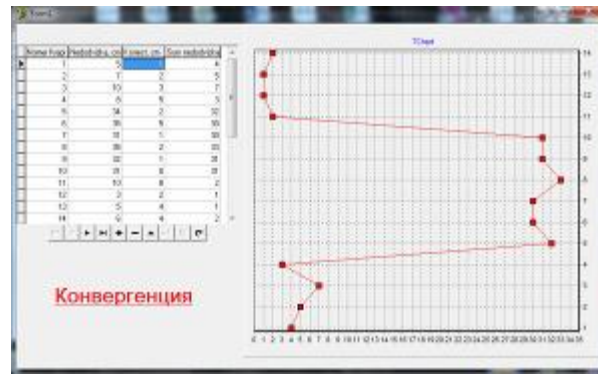
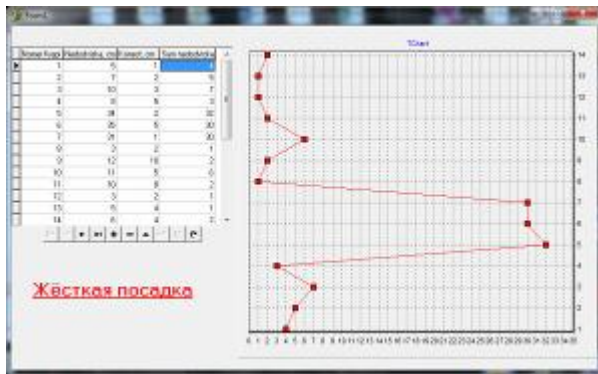


Рис 3.24. Жорстка посадка на секціях МК з номерами 5-7

Рис. 3.25. Конвергенція

Підсумкове рішення на зміну швидкості оператор приймає на основі даних (результатів логічних правил), отриманих від усіх підсистем контролю стану вміщувального простору ВЗ.

### 4.3 Інформаційна технологія керування уставками на швидкість в умовах невизначеності

#### 4.3.1 Теоретичні основи створення підсистеми визначення оптимальної швидкості подачі вугледобувного комбайна

Відомо, що людський мозок легко справляється з рішенням проблем оптимальної поведінки в поточній ситуації. Ніхто крім ГРОЗ: оператора комбайна, і гірничого майстра не орієнтується краще в поточному стані складного вугледобувного комплексу в межах посадових обов'язків. Однак, втома і звикання до небезпеки, а також швидкоплинність динамічних проявів об'єкта керування призводять до аварійних ситуацій. Тому необхідно вирішити задачу керування комбайном без присутності оператора при підході до небезпечних зон і їх перетині.

Підсистема вибору оптимальних керувальних впливів: швидкості подачі очисного комбайна, швидкості кріплення слідом за ріжучим органом

комбайна; математичних і технічних основ вибору оптимальних рішень повинна включати:

- розробку моделі поточної ситуації в системі «комплекс – середовище»;
- постановку задачі вибору поточного оптимального керуючого впливу для досягнення поставленої мети безпечного керування вугледобувним комплексом;
- методика вирішення задачі вибору оптимального керуючого впливу в реальному часі;
- структуру системи керування швидкістю подачі очисного комбайна, заснованої на формалізованих математичних моделях вироблення оптимальних керуючих впливів, реалізованих технічними засобами взаємодії з локальним регулятором.

Очевидно, що слід використовувати поточну інформацію від оператора комбайна та гірничого майстра, як базу знань реального часу. Крім того, необхідно доповнити базу знань допоміжними технічними рішеннями, тим самим запобігти виникненню аварійних ситуацій, що загрожують життю ГРОЗ (раптові викиди вугілля і газу або вивали порід кровлі в призабійний простір) і появі неприпустимих для працездатності комплексу простоїв, наприклад, за фактором конвергенції. Функціональна структура системи керування вугледобувними комбайном і елементами комплексу в умовах невизначеності наведена на рис. 4.1 [129].

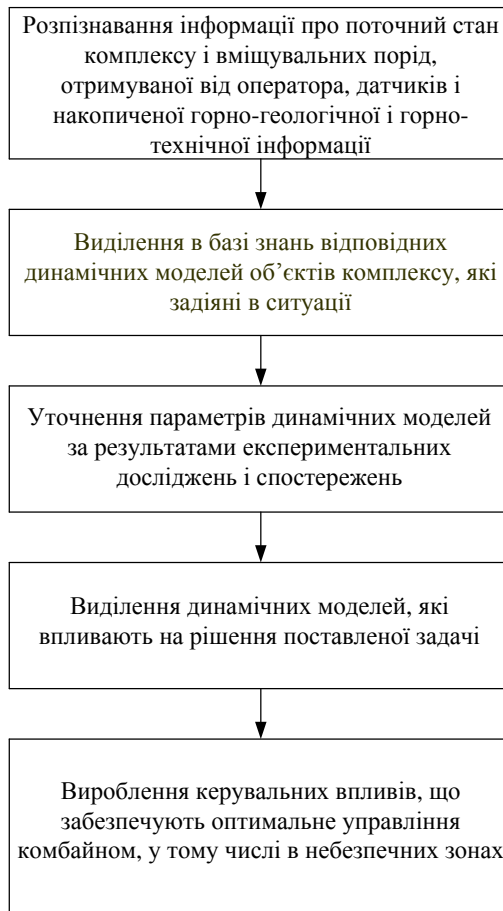


Рис. 4.1. Укрупнений алгоритм керування в умовах невизначеності

Розглянемо процес розробки моделі поточної ситуації в системі «комплекс – середовище» на основі інформації від давачів про поточну ситуацію і накопиченої оператором або відомої раніше гірничо-геологічної інформації про середовище. Під середовищем у даному випадку маються на увазі вміщувальні породи. Зміни в середовищі можуть відбуватися завдяки дії ріжучого органу комбайна, зусилля різання якого залежить від швидкості подачі  $V_{\text{п}}$ . Властивості вміщувальних порід, визначають гірничо-геологічні умови забою і проявляються в дискретному часі, вимірюваному діями вугледобувного комплексу, тобто, гірничо-технічними умовами.

Гірничо-геологічні умови вміщувальних порід визначаються рівнем стійкості безпосередньої кровлі, величиною потенційної енергії  $E_{\text{ум}}$

вугільного масиву, як функції накопиченого газу-метану в ньому:  $E_{\text{ум}} = \varphi (k \text{ CH}_4)$ .

Динамічні властивості вміщувальних порід, проявляються при визначених гірничо-технічних параметрах і залежать від динамічних властивостей комбайна (зусилля різання  $P_r$  як функції швидкості подачі  $V_{\text{п}}$ , тобто,  $P_r = f (V_{\text{п}})$  і динамічних властивостей секцій кріплення, що виявляються при порушенні технічних параметрів, які характеризуються величиною незакріпленого простору  $H_{\text{пр}}$ , непрямолінійністю лінії забою  $S_{\text{Із}}$ , точністю контролю місця розташування комбайна щодо секцій кріплення  $L_{\text{мк}}$ . Дискретний діапазон зміни швидкості подачі очисного комбайна, наприклад, типу 1ГШ68, становить:  $V_{\text{п}} = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)$  м/хв. Оператор комбайна вибирає  $V_{\text{п}}$  в залежності від стану кровлі над секціями кріплення. Крім того, верхня межа  $V_{\text{п}} = 2$  або  $3$  м/хв обмежується умовою опору вугілля різанню для розроблюваного пласта.

У випадках нестійких порід кровлі через вивали над секціями консольної частини перекриття може бути відсутнім контакт кровлі з перекриттям. При наступному ході комбайна і зняття їм стружки вугілля може утворитися купол, що призводить до вивалів порід кровлі в призабійний простір і до простоїв на ліквідацію наслідків цих вивалів.

Гірничий майстер, відповідно до Правил ведення гірничих робіт, при утворенні купола над трьома секціями дає команду на зупинку комбайна ( $V_{\text{п}} = 0$ ) і на викладку кострів для забезпечення контакту системи «кровля–кріплення».

У випадках стійких порід кровлі можливі її зависання у завального кінця секцій. Останнє призводить до перевантаження і як наслідок до ліквідації запасу гідравлічного розсунення  $h_p$  для розвантаження стійок кріплення, тобто до їх посадки «на жорстку». Щоб цього не відбувалося, час пересування лінії забою на нову дорогу не повинен перевищувати  $T_{\text{пр}} \leq 2$  години. В іншому випадку проявляється дія конвергенції (зближення кровлі з



грунтом). Якщо на «жорстку» сяде 1/3 частина секцій – це аварійна ситуація, звільнити вуглевидобувний комплекс для подальшої роботи практично неможливо.

Оскільки  $h_p$  незначний (для пластів потужністю менше 1,0 м приймається рівним 0,03 м, більше 1,0 м – 0,05 м) в залежності від типорозміру гідростійок, то це висуває жорсткі вимоги до точності контролю дій процесів конвергенції або суворого дотримання Правил ведення гірничих робіт. У результаті представимо основні технічні параметри комплексу, що впливають на динамічні процеси (табл. 4.1) [128, 129].

Таблиця 4.1

**Умови, що впливають на динамічні процеси в забої**

Параметри об'єкту	Технічні характеристики, функції, обмеження
$V_n$ – швидкість подачі, м/хв	$V_n = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)$
$E_{um}$ – потенційна енергія вугільного масиву	$E_{um} = \varphi(k \text{ СН4}) \leq P_r$
$P_r$ – зусилля різання	$P_r = f(V_n)$
$H_{np}$ – величина незакріпленого простору, м	$0,003 \leq H_{np} \leq 0,03$
$S_{lz}$ – непрямолінійність лінії забою, м	$0,003 \leq S_{lz} \leq 0,01$
$L_{mk}$ – місце розташування комбайна щодо секцій кріплення, м	$0,01 \leq L_{mk} \leq 0,03$
$h_p$ – запас гідравлічної розсувності для розвантаження стійок кріплення, м	$0,03 \leq h_p \leq 0,05$
$T_{np}$ – безпечний час пересування лінії забою на нову дорогу, при якому не виявляється конвергенція	$T_{np} \leq 2$ години
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коефіцієнти обмеження допустимої $V_p$ , за умовами опору вугілля різанню в залежності від конкретних гірничо-геологічних умов	$\alpha = \left( \sum_{i=1}^3  \alpha_i  \leq 6 \right)$ частковий коефіцієнт максимально можливої швидкості: $V_{nmax} \leq 6$ м/хв.

Використовуючи результати експериментальних досліджень і досвід фахівців, можна завершити формування керуючих впливів. Так, наприклад,

завдяки експериментальним даним, виміряним давачами, встановлена карта навантаження консолі (КНК), в залежності від контакту з породами кровлі (рис. 4.2). Ця ж експериментальна КНК, оброблена статистичними методами, представлена на рис. 4.3.

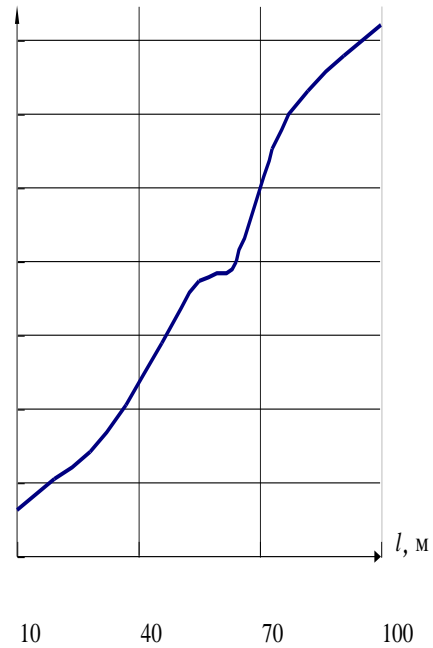
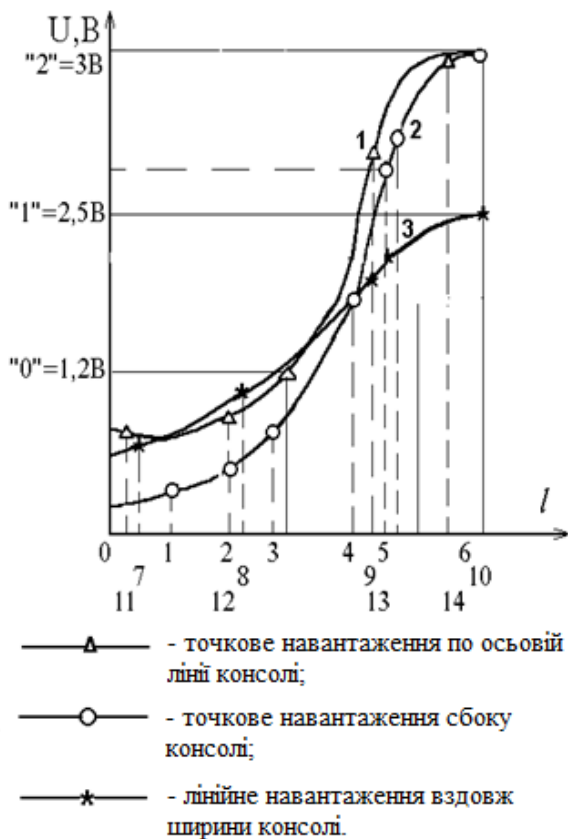


Рис. 4.3. КНК після статистичної обробки даних

рис. 4.2. КНК за даними експерименту

На рис. 4.4 показаний приклад консолі кріплення з встановленим чутливим елементом давача 2 і елементами передачі сили 1 і 3. Як показують результати експерименту сигнали від давачів в межах 0 ... 1,2 В характеризують наявність вивалу, в межах 1,2В ... 2,5 В – нормальне навантаження, а в межах 2,5 ... 3В настає перевищення норми, і дискретизація цих станів буде відповідно «0», «1», «2».

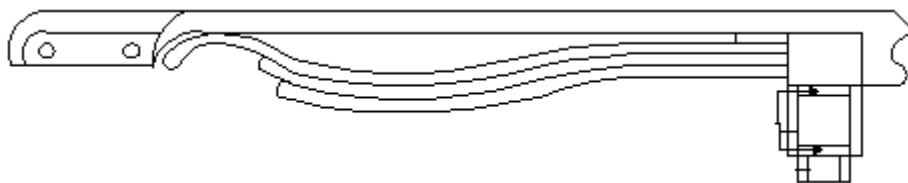


Рис. 4.4. Спосіб експериментального отримання КНК для механізованих кріплень ресорного типу

Запропонована змістовна нерівномірна дискретизація рівнів запобігає надмірності інформації, а значить, не вимагає додаткової фільтрації. Це в значній мірі підвищує надійність технічних рішень і дає підставу замість використання моделей у вигляді детермінованих або диференціальних рівнянь запропонувати нову ієрархічну модель, яка визначає вибір керуючих впливів, представлених в табл. 4.2. і модель поточної ситуації в системі «комплекс – середовище» (табл. 4.3).

Для визначення місця розташування комбайна в забої, прийmemo такі позначення:  $\alpha$  – ширина перекриття секції;  $\ell$  – відстань між секціями;  $d$  – відстань між датчиками положення комбайна відносно секцій механізованого кріплення, яке визначається як:  $d = (\alpha + \ell) k$ ,  $k$  – номер секції.

З огляду на те, що швидкість подачі комбайна контролюється давачем швидкості, вихідний сигнал якого пропорційний переміщенню статора гідроприводу подачі в певних межах  $0 \leq S \leq 9,5$  (мм) і в залежності від цієї величини вихідний сигнал давача швидкості  $u$  змінюється в межах  $0 \leq u \leq 1$  (В), тобто відомі залежності [147].

Таблиця 4.2

## Математичні моделі визначення стану простору

Галузь застосування	Вид математичної моделі	Контрольовані параметри	Супутні параметри	Визначувані параметри	Уставки взаємної адаптації
1	2	3	4	5	6
Точний контроль місця розташування комбайна щодо секцій кріплення	<p>Модель визначення точного місця розташування комбайна</p> $l = (k - 1)d + 6 \int_{t_0}^t U(t) dt, \quad k = 1, 2, \dots, m;$ $d = (a + b)k \quad \forall 0 \leq l \leq L.$	$t_0, 0 \leq U \leq 1$ – сигнал давача швидкості руху комбайна, що належить регулятору УРАН	<p>a – ширина перекриття, b – відстань між секціями, d – відстань між стійками</p>	<p>n-1 і n – номери секцій з урахуванням місця розташування комбайна</p>	
Вибір оптимальної швидкості	<p>Модель обліку стану кровлі в призабійному просторі</p> $V_{p2} = (2 - P_4) \cdot \left( \frac{1 - P_4}{2} + \frac{\alpha_4 P_4}{V_{p \max}} \right) \cdot V_{p1}$ $P_u = \begin{cases} 0 & V_{p2} = V \\ 1 & V_{p2} = \frac{V}{V_{\max}} \quad \alpha_4 \leq \alpha_4 \\ 2 & V_{p2} = 0 \end{cases}$	$P_1, P_2, P_3$ – дані від гірничого майстра на 1–3 секціях	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коефіцієнти визначення V граничного	$l$	$V_{p1}$ – уставка на обмеження швидкості по фактору стану кровлі

$$S = \psi(u), V = f(S), \quad (4.1)$$

$$\ell = (k-1)d + \int_{t_0}^t V(t)dt = (k-1)d + \int_{t_0}^t f(S)dt = (k-1)d + \int_{t_0}^t f(\psi(u))dt$$

де  $V$  – швидкість подачі комбайна;

$t_0$  – момент спрацьовування давача положення при проходженні комбайном  $k$ -ої секції.

З огляду на те, що характеристика давача, в зазначених межах зміни, лінійна, тобто  $S = au$  з умови, що при  $u = 1$ ;  $S = 9,5$  мм знаходимо  $a = 9,5$  мм, тоді маємо [147]:

$$S = 9,5u. \quad (4.2)$$

Залежність також прямопропорційна:  $V = bS$ ,  $V_{max} = 6$  м/хв, знаходимо з умови при  $S = 9,5$  мм,  $\ell = 6/9,5$  і отримаємо:

$$V = \frac{6}{9,5} S \quad (4.3)$$

Підставляючи вираз для  $S$  в рівність, отримуємо:

$$V = \frac{6}{9,5} \cdot 9,5u = 6u \quad (4.4)$$

Тоді розташування комбайна щодо секції кріплення:

$$\ell = (k-1)d + 6 \int_{t_0}^t u(t)dt \quad (4.5)$$

Величина похибки точного місця знаходження комбайна буде визначатися, крім основної та допустимої величини похибки давача положення, оціненої характеристиками точності, вибором проміжку часу ( $t_0$ ,  $t$ ), через який необхідно проводити вимірювання швидкості подачі.

Якщо за проміжок часу ( $t_0$ ,  $t$ ) проводити виміри  $u(t)$  через кожні  $\Delta t$  секунд, то представляючи інтеграл сумою для спрощеної апаратурної

реалізації, маємо:  $\int_{t_0}^t u(t) dt = \sum_{i=0}^n u(t_i) \Delta t$ , де  $n$  – число вимірювань.

Або остаточно:  $\ell = (K - 1)d + 6 \Delta t \sum_{i=0}^n u(t_i)$ , де  $t_i$  – моменти вимірювання сигналу в  $i$ -ті проміжки часу.

Для ділянок нестійких кривель, де вплив вміщувальних порід змінюється непередбаченим способом, швидкість подачі комбайна визначається за допомогою давачів навантаження, які оцінюють характер взаємодії комбайна з вміщувальними породами. Одночасно визначається абсолютно точне місце розташування комбайна для здійснення кріплення забою слідом за ріжучим органом [147]:

$$V_{pr} = \alpha_1(2 - p_1) p_1 + \alpha_2(2 - p_2) p_2 + \alpha_3(2 - p_3) p_3, \quad (4.6)$$

$$p_i \in \{0, 1, 2\}, \quad p_i \in M, \quad i = \overline{1, 3}, \quad M = \{0, 1, 2\};$$

$$\alpha_i \in \{0, 0,5, 1, \dots, 3\}, \quad \alpha_i \in \Omega, \quad i = \overline{1, 3}, \quad \Omega = \{0, 0,5, 1, \dots, 3\},$$

де  $P_1, P_2, P_3$  – показники давачів навантаження відповідно на першій, другій і третій секціях кріплення у напрямку руху комбайна, дискретизовані на значення 0, 1, 2;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коефіцієнти, відповідно до яких обмежується зверху швидкість подачі комбайна для конкретних гірничо-геологічних умов.

Наведемо математичну постановку задачі і цільову функцію оптимального та безпечного керування комплексом в реальному

динамічному середовищі. Стан вугледобувного комплексу загальноприйнятим чином можна описати набором  $Q$  параметрів  $q_1, q_2, \dots, q_m$ . Вугільний комплекс функціонує в певних гірничо-геологічних умовах, які можна описати відповідним набором  $G$  параметрів  $g_1, g_2, \dots, g_h$  і гірничо-технічних умов з набором  $V$  параметрів  $v_1, v_2, \dots, v_r$ , що впливають на результат роботи комплексу. Цей вплив може бути описаний рішеннями диференціальних рівнянь виду:

$$\dot{S}_i = f_i(s_1, \dots, s_n; d_1, \dots, d_l), \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (4.7)$$

де  $s_1, \dots, s_n$  змінні стану системи «комплекс – середовище», є об'єднанням параметрів  $q_1, \dots, q_m; g_1, \dots, g_h; v_1, \dots, v_r$

$f_i(s_1, \dots, s_n; d_1, \dots, d_l) = f_i(S, D)$  – нелінійні функції змінних станів системи «комплекс – середовище».

Очевидно,  $n = m + h + r$ . У підсумку на можливі стани системи «комплекс – середовище», а також на можливість застосування того чи іншого керуючого впливу в конкретних умовах повинні накладатися обмеження.

Мету функціонування представимо як перетворення системи «комплекс – середовище» з поточного стану  $S_0 = (Q_0, G_0, V_0)$  в цільовий стан  $S_k = (Q_k, G_k, V_k)$ . Різних варіантів такого перетворення може бути безліч. Критерій оптимізації представимо у вигляді функціоналу:

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f_0(S, D) dt \quad (4.8)$$

де  $t_0$  – поточний момент часу,

$t_k$  – момент досягнення системою «комплекс – середовище» цільового стану  $S_k$ , при якому керуючий вплив матиме екстремальне

значення. При цьому  $f_0(S, D) = f_0(s_1, \dots, s_n; d_1, \dots, d_l)$  – деяка нелінійна функція своїх змінних.

Однак оцінку стану функціонування системи «комплекс – середовище» шляхом вирішення диференціальних рівнянь зробити дуже складно, оскільки це вимагає паралельної обробки інформації в просторі і часі на багатопроцесорних системах. Складність даного вуглевидобувного комплексу визначається складністю реалізації таких технічних рішень, пов'язаних з особливостями об'єкта [128,129, 151]:

- великою кількістю однотипних механізмів кріплення до 350 штук, відповідно довжині лави, наприклад, в Донбасі: 35, 50, 250, 350 м;

- складністю комутації джерел напруги, що живлять іскробезпечні вимірювальні засоби: за вимогами МакНДІ до джерела живлення не допускається підключення більше 3–х давачів;

- мінімізацією кабельних ліній зв'язку;

- невирішеною проблемою використання бездротового зв'язку;

- недостатньою точністю контролю місця розташування комбайна щодо секцій кріплення, що не забезпечує пересування секцій кріплення слідом за ріжучим органом;

- відсутністю реалізації відомих систем і способів контролю: навантажень на консольну частину секцій кріплення, точного місця розташування комбайна, зусилля різання і потенційної енергії забою;

- відсутністю контролю непрямої лінії забою, що заважає використовувати відомі гірничо-геологічні та маркшейдерські відомості для вибору оптимальних керуючих рішень.

З огляду на складність економічної реалізації відомих систем, ускладнення процесу вуглевидобування зі збільшенням глибини розробок і приток ґрунтових вод із закритих копалень, а також необхідність підвищення безпеки ГРОЗ за умов обвалення порід кровлі і раптових викидів вугілля і



газу, першочерговим завданням є створення системи керування без присутності оператора в небезпечних зонах [152].

Вирішення цього завдання може бути реалізовано за допомогою систем керування, що використовують бази знань з наявними відомостями про характеристику розроблюваного пласта, маркшейдерськими відомостями, що доповнюються поточною інформацією від гірничого майстра, операторів комбайна і кріплень і мінімально необхідною кількістю технічних рішень.

Для вирішення такої постановки завдання обов'язковий точний контроль і забезпечення прямолінійності лінії забою, обчислювальні пристрої визначення точного місця розташування системи «комбайн-секція» з когнітивним відображенням номера секції для орієнтації, як оператора, так і гірничого майстра з метою занесення ними видимої інформації в базу знань. Укрупнена структура такої підсистеми з обов'язковими технічними засобами для реалізації керуючих впливів показана на рис. 4.5.

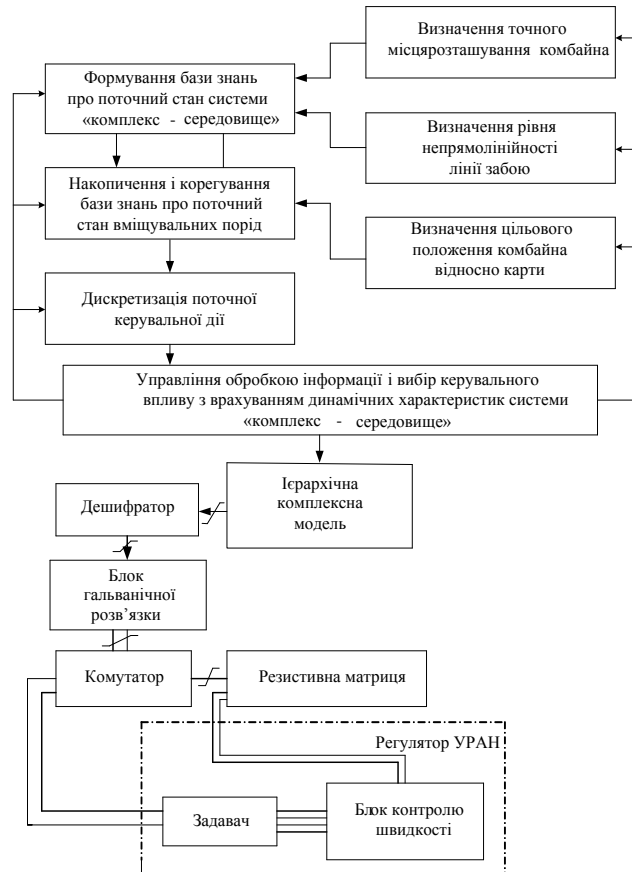


Рис. 4.5. Функціональна схема підсистеми вироблення оптимальної швидкості подачі вугледобувного комбайна

### 4.3.2 Принцип побудови і структура ієрархічної комплексної моделі підтримки прийняття рішень по вибору швидкості вугледобувного комбайна

На даний час актуальною є розробка систем, призначених для ідентифікації об'єктів, що працюють в умовах невизначеності. Сучасні методи визначення місця розташування вугледобувного комбайну щодо небезпечних зон мають низьку ймовірність ідентифікації через неточне визначення його координат відносно небезпечних зон, непрямої лінії забою або вимагають багато часу для навчання і великої кількості навчальних даних.

Для підвищення точності ідентифікації стану об'єкта, збільшення швидкості навчання і автоматизації процесу необхідно розробити структуру моделі, що базується на підходах штучного інтелекту.

Визначення стану вугледобувного забою передбачає:

- формалізацію ознак стану кровлі;
- формалізацію ознак стану вугільного масиву за фактором накопичення газу-метану в ньому;
- створення структури підсистеми ідентифікації;
- визначення цільової функції.

Комплекс завдань, що вирішуються за допомогою підсистеми ідентифікації, наведений на рис. 4.6. Основні завдання комплексу – це обробка інформації за результатами вимірювань сейсмоакустичним методом і формування бази знань у вигляді прогностичної карти, накопичення і коригування бази знань про стан кровлі забою, вибір оптимальної швидкості переміщення на основі сформованої в базі знань до поточного моменту часу моделі ситуації, прийняття рішення про коригування швидкості переміщення до входу в небезпечну зону.

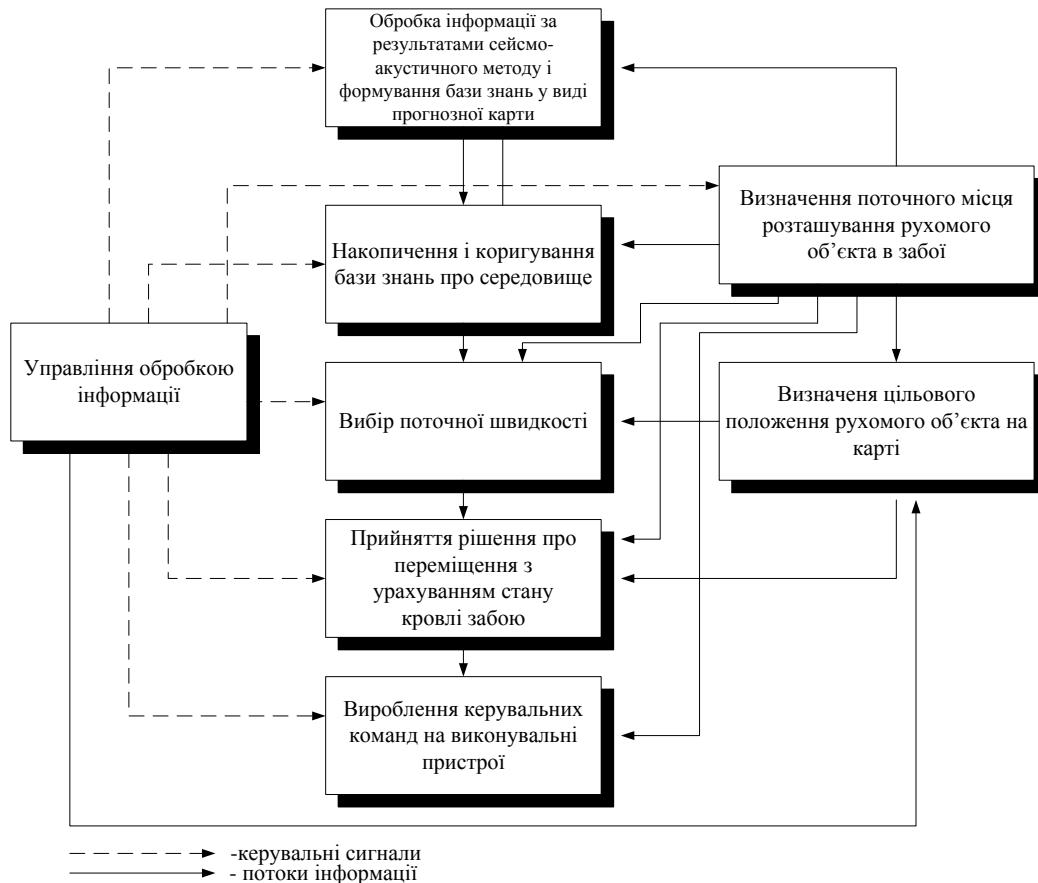


Рис. 4.6. Структура комплексу задач по виробленню оптимальної швидкості

Модель ідентифікації має такі переваги:

- можливість використання апріорної інформації – даних сейсмоакустичної розвідки;
- уявлення знань у вигляді правил, легко доступних для розуміння людиною;
- можливість швидкого навчання та адаптації;
- паралельна обробка інформації, яка підвищує обчислювальну потужність;
- відсутні труднощі з визначенням структури мережі.

В основу формування бази логічних правил покладені дані про стан кровлі від підсистеми контролю конвергенції і діапазону зміни швидкостей подачі очисного комбайна 1ГШ68. Згідно єдиного підходу до представлення

даних від підсистеми контролю конвергенції можливі наступні стани кровлі: 0 – вивал; 1 – норма; 2 – перевищення тиску допустимого значення. Діапазон зміни швидкості подачі очисного комбайна 1ГШ68 становить 0-6 м/хв. Оператор регулює швидкість в залежності від інформаційного сигналу про стан кровлі над секціями кріплення. Відповідно до Правил ведення гірничих робіт, інформаційний сигнал може одночасно поступати від трьох давачів контролю конвергенції.

Число всіх комбінацій станів кровлі над трьома секціями дорівнює:

$$N_{\text{комб}} = (N_{\text{д}})^n = 3^3 = 27, \quad (4.9)$$

де  $N_{\text{д}}$  – число давачів, одночасно контролюючих стан кровлі;

$n$  – число станів кровлі відповідно до єдиного підходу;

$N_{\text{комб}}$  – число всіх можливих комбінацій станів кровлі над секціями від трьох давачів.

Отримане значення  $N_{\text{комб}}$  відповідає числу керуючих впливів. На їх основі формується база правил, представлена в табл. 4.3.

Кожне правило визначає максимальну швидкість подачі очисного комбайна відповідну до гірничо-геологічних умов його проходження. Формуються правила за допомогою операції кон'юнкції над інформаційними сигналами про стан кровлі, представленими відповідно до єдиного підходу. Застосування кон'юнкції обумовлено одночасною роботою трьох давачів. По мірі просування оператор має можливість коригувати швидкість подачі в залежності від гірничо-геологічних умов.

Розглянемо принцип формування кожного з шарів. Вхідний або нульовий шар складають елементи, що несуть інформацію про кількість працюючих одночасно давачів контролю стану кровлі ВЗ. Їх число дорівнює  $N^{(0)} = 3$ . Опорним зразкам, що складаються з трьох можливих кодових станів кровлі ВЗ для кожного з трьох давачів, відповідають елементи першого шару,  $N^{(1)} = 9$ .

Таблиця 4.3

## Формування бази правил ієрархічної моделі прийняття рішень

Правило	Швидкість подачі комбайна, м/хв	Правило	Швидкість подачі комбайна, м/хв
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 0$	0	$x_1 = 0 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 2$	2
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 2$	0	$x_1 = 2 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 0$	2
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 0$	0	$x_1 = 2 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 2$	2
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 2$	0	$x_1 = 0 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 1$	3
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 0$	0	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 0$	3
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 2$	0	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 2$	3
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 2$	0	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 0$	3
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 1$	1	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 2$	3
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 1$	1	$x_1 = 2 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 1$	3
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 1$	1	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 1$	4
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 0$	1	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 1$	4
$x_1 = 2 \wedge x_2 = 2 \wedge x_3 = 1$	1	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 0$	5
$x_1 = 0 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 0$	2	$x_1 = 1 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 2$	5
$x_1 = 1 \wedge x_2 = 1 \wedge x_3 = 1$	6		

Опорні зразки, що представляють комбінації станів кровлі від трьох давачів відповідають елементам другого шару,  $N^{(2)} = 27$ . Опорним зразкам, що формують швидкості подачі очисного комбайна в результаті виконання операцій кон'юнкції відповідають елемент третього шару. Їх кількість

визначається швидкісним діапазоном комбайна,  $N^{(3)} = 7$ . Вихідний шар формує опорний зразок, відповідний виробленій швидкості,  $N^{(4)} = 1$ .

Таким чином, отримуємо структуру з чотирьох шарів – трьох прихованих і вихідного (рис. 4.7) [129, 151]. Вхідний шар при підрахунку шарів не враховується. Опис опорних зразків, які формують структуру підсистеми, показує, що кожен елемент на даному рівні ієрархії приймає і обробляє сигнали від кожного елемента нижчого рівня. Приховані шари призначені для навчання вирішенню завдань шляхом послідовного вилучення найбільш важливих ознак з вхідного шару.

Після того як визначено число шарів і число елементів в кожному з них, необхідно знайти за допомогою процедури навчання, значення всіх вагових коефіцієнтів зв'язків для кожної складової елемента, які б мінімізували помилку прогнозу.

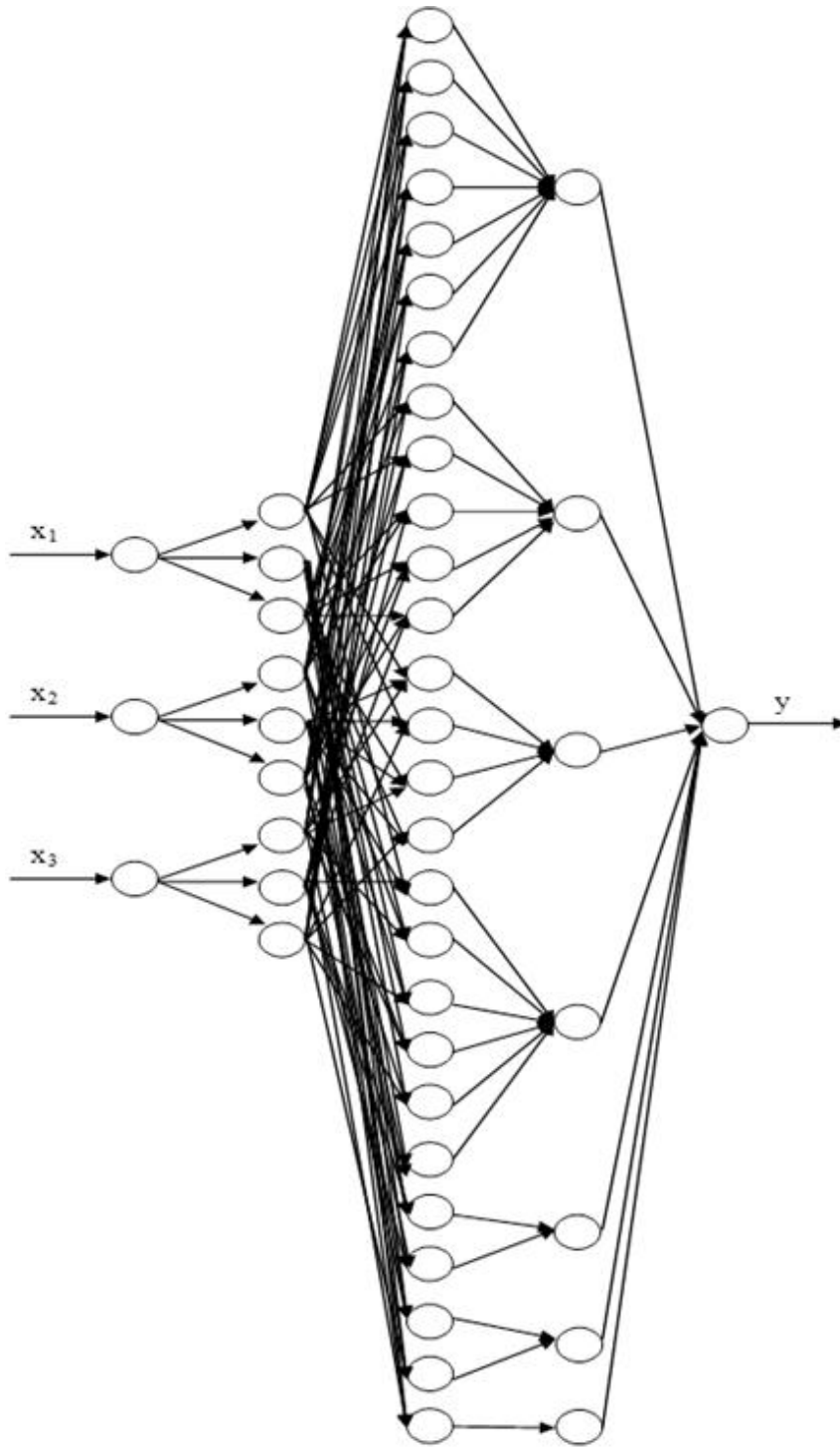
Серед алгоритмів навчання розрізняють три основні типи:

- алгоритми ініціалізації, який відносяться до методів ініціалізації вагів до початку навчання;

- контрольоване навчання (з учителем), при якому ваги змінюються, використовуючи набори навчальних вибірок, що включають вхідні значення і відомі значення виходів;

- неконтрольоване навчання (без вчителя), при якому ваги змінюються, використовуючи набори входів (значення виходів не потрібні).

Використаємо алгоритм навчання з ініціалізацією вагів до його початку. Попередньо всім вихідним значенням вхідного шару присвоюємо значення, що відповідають трьом станам кровлі відповідно до єдиного підходу.



Шар 0 Шар 1 Шар 2 Шар 3 Шар 4

Рис. 4.7. Структура моделі підтримки прийняття рішень по визначенню швидкості



### 4.3.3 Реалізація моделі підтримки і прийняття рішень з вибору швидкості

Для отримання вихідного сигналу елементів першого шару множимо різниця виходів елементів вхідного шару на відповідні вагові коефіцієнти [129, 151]:

$$y_i^{(0)} = x_i, \quad i \in \{1, \dots, N^{(0)}\}, \quad (4.10)$$

$$y_j^{(1)} = f_1\left(\prod_{i=1}^{N^{(0)}} (y_i^{(0)} - w_{ij}^{(1)})\right), \quad j \in \{1, \dots, N^{(1)}\}, \quad (4.11)$$

Перетворення значень вхідних змінних до бінарних ваг здійснюється за допомогою функції активації:

$$f_1(x) = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}, \quad (4.12)$$

Визначення ваг, що показують наявність або відсутність зв'язків між елементами вхідного і першого прихованого шару, проводиться відповідно до (4.4). Відсутності зв'язку відповідає значення ваги  $w_{ij}^{(1)} = -1$ , наявності  $w_{ij}^{(1)} = 1$ .

Якщо

$$\sum_{k=1}^{i-1} |X_k| < j < \sum_{k=1}^i |X_k| + 1, \quad \text{то } w_{ij}^{(1)} \in X_i, \quad (4.13)$$

$$\text{інакше } w_{ij}^{(1)} = -1,$$

де  $X_i$  – множина значень  $i$ -ої вхідної змінної;

$|X_k|$  – кількість значень  $i$ -ої вхідної змінної;

$w_{ij}^{(1)}$  – вага зв'язку  $i$ -го елемента вхідного шару і  $j$ -го елемента першого шару.

Процедура перетворення значень вхідних змінних до бінарного виду в середовищі пакету прикладних програм Matlab має наступний вигляд:

```
for j=1:N1
    prod=1;
    for i=1:N0
        prod=prod*(y0(i)-w1(i,j));
    end
    if prod==0
        y1(j)=1;
    else
        y1(j)=0;
    end
end
end
```

На наступному етапі в другому прихованому шарі проводиться агрегування підумови. Шар містить всі можливі інформаційні стану системи, на підставі яких будуть формуватися висновки.

Вихідний сигнал  $y_j^{(2)}$  отримаємо з виразу:

$$y_j^{(2)} = f_2 \left( \bigwedge_{i=1}^{N^{(1)}} y_i^{(1)} w_{ij}^{(2)} \right), \quad j \in \{1, \dots, N^{(2)}\}, \quad (4.14)$$

Вихідний сигнал  $j$ -го елемента другого шару  $y_j^{(2)}$  отриманий шляхом агрегації за допомогою логічного «і» виходів елементів першого шару, помножених на відповідний ваговий коефіцієнт.

Запишемо функцію активації для другого шару:

$$f_2(x) = x \quad (4.15)$$

Ваговий коефіцієнт в залежності від наявності або відсутності зв'язків елементів другого шару з елементами першого шару визначиться з системи:

$$w_{ij}^{(2)} = \begin{cases} 1, & i \in A_j \\ 0, & i \notin A_j \end{cases}, A_j \subset \{1, \dots, N^{(1)}\}, (4.16)$$

де  $A^j$  – підмножина множини номерів елементів першого шару;

$w_{ij}^{(2)}$  – вага зв'язку  $i$ -го елемента першого шару і  $j$ -го елемента другого шару.

Запишемо процедуру для розрахунку ваг  $w_{ij}^{(2)}$ :

```
for i=1:N1
    for j=1:N2
        if(length(find(A(j,:)==i))>0)
            w2(i,j)=1;
        else
            w2(i,j)=0;
        end
    end
end
```

Процедуру агрегування підумови представимо у вигляді:

```
for j=1:N2
```

```

logprod=1;
for i=1:N1
    logprod=and(logprod, and(or(not(y1(i)),w2(i,j)),
or(y1(i),not(w2(i,j))))));
end
y2(j)=logprod;
end

```

Об'єднання всіх  $A_j$  відповідає множині номерів елементів першого шару:

$$\bigcup_{j=1}^{N^{(2)}} A_j = \{1, \dots, N^{(1)}\}, \quad (4.17)$$

де  $A_j$  містить номери елементів першого шару, пов'язаних з  $j$ -им елементом другого шару.

Агрегування однакових висновків в третьому прихованому шарі утворюють вихідний сигнал  $j$ -го елемента шляхом агрегації за допомогою логічного «або» виходів елементів другого шару, помножених на відповідний ваговий коефіцієнт:

$$y_j^{(3)} = f_3\left(\bigvee_{i=1}^{N^{(2)}} y_i^{(2)} w_{ij}^{(3)}\right), \quad j \in \{1, \dots, N^{(3)}\}, \quad (4.18)$$

Функцію активації третього шару і значення вагових коефіцієнтів запишемо у виді:

$$f_3(x) = x, \quad (4.19)$$

$$w_{ij}^{(3)} = \begin{cases} 1, & i \in B_j \\ 0, & i \notin B_j \end{cases}, (4.20)$$

де  $w_{ij}^{(3)}$  – вага зв'язку  $i$ -го елемента другого шару і  $j$ -го елемента третього шару;

$B$  – підмножина множини номерів елементів другого шару.

Дану множину можна записати як:

$$B_j \subset \{1, \dots, N^{(2)}\}, B_j \cap B_k = \emptyset \quad (4.21)$$

Об'єднання всіх  $B_j$  відповідає множині номерів елементів другого шару:

$$\bigcup_{j=1}^{N^{(3)}} B_j = \{1, \dots, N^{(2)}\} \quad (4.22)$$

Виходячи з поєднання формул 4.20-4.21, множина елементів другого шару розбивається на множини  $B_j$ , що містять номери елементів другого шару, пов'язаних з  $j$ -им елементом третього шару.

Наведемо процедуру для розрахунку ваг  $w_{ij}^{(3)}$ :

```

for i=1:N2
  for j=1:N3
    if(length(find(B(j,:)==i))>0)
      w3(i,j)=1;
    else
      w3(i,j)=0;
    end
  end
end
end

```

Процедуру агрегування однакових висновків запишемо так:

```
for j=1:N3
    logsum=0;
    for i=1:N2
        logsum=or(logsum,and(y2(i),w3(i,j)));
    end
    y3(j)=logsum;
end
```

У вихідному шарі бінарне значення вихідної змінної перетворюється в цілочислове. Вихідний сигнал елемента четвертого (вихідного) шару отриманий шляхом підсумовування виходів елементів третього шару, помножених на відповідні вагові коефіцієнти [129]:

$$y = f_4 \left( \sum_{i=1}^{N^{(3)}} y_i^{(3)} w_{i1}^{(4)} \right) \quad (4.23)$$

Функція активації четвертого шару і значення вагових коефіцієнтів мають вид:

$$f_4(x) = x, \quad (4.24)$$

$$w_{ij}^{(4)} \in Y, \quad (4.25)$$

де  $Y$  – множина значень вихідних змінних, що визначає швидкість подачі очисного комбайна;

$w_{ij}^{(4)}$  – вага зв'язку  $i$ -го елемента третього шару і  $j$ -го елемента вихідного шару.

Процедура перетворення бінарного значення вихідної змінної в цілочислове має вигляд:

```
sum=0;
for i=1:N3
    sum=sum+(y3(i)*w4(i,1));
end
y=sum;
% разрушение массивов
w1=[]; w2=[]; w3=[]; w4=[];
A=[]; B=[];
y0=[]; y1=[]; y2=[]; y3=[];
```

Функція для визначення швидкісного режиму очисного комбайна, що використовує прогнозу документацию сейсмоакустичної служби із зазначенням небезпечних зон ВЗ має вид:

$$Y = f(X_i) = f_4(f_3(f_2(f_1((X_i))))), \quad (4.26)$$

де  $f_1 - f_4$  – функції активації для кожного з шарів відповідно;

$X_i$  – стан кровлі ВЗ над  $i$ -ою секцією згідно єдиного підходу;

$Y$  – вихідне значення швидкості подачі очисного комбайна.

Ініціалізуємо параметри структури, що реалізує механізм логічного висновку, на основі сформованих раніше правил:

$N^{(0)} = N = 3$  – число елементів вхідного шару, отримання інформації від трьох секцій кріплення;

$X_1 = \{0,1,2\}$ ,  $X_2 = \{0,1,2\}$ ,  $X_3 = \{0,1,2\}$  – множина можливих варіантів стану кровлі над секціями кріплення, які формують перший прихований шар;

$N^{(1)} = 9$  – число елементів першого прихованого шару, загальне число всіх можливих станів кровлі над секціями кріплення;

$N^{(2)} = 27$  – число елементів другого прихованого шару, можливі комбінації станів кровлі над секціями кріплення;

$N^{(3)} = 7$  – число елементів третього прихованого шару, кількість значень швидкостей очисного комбайна;

$N^{(4)} = 1$  – число елементів у вихідному шарі, отримання прогнозу швидкості очисного комбайна;

$Y = \{0,1,2,3,4,5,6\}$  – множина можливих швидкостей очисного комбайна, які формують вихідний шар;

$w_{11}^{(1)} = 0, w_{12}^{(1)} = 1, w_{13}^{(1)} = 2, w_{14}^{(1)} = w_{15}^{(1)} = w_{16}^{(1)} = w_{17}^{(1)} = w_{18}^{(1)} = w_{19}^{(1)} = -1$  – вагові коефіцієнти першого шару, що визначають стан кровлі над першою секцією кріплення і відсутність зв'язків між іншими елементами першого шару;

$w_{21}^{(1)} = w_{22}^{(1)} = w_{23}^{(1)} = -1, w_{24}^{(1)} = 0, w_{25}^{(1)} = 1, w_{26}^{(1)} = 2, w_{27}^{(1)} = w_{28}^{(1)} = w_{29}^{(1)} = -1$  – вагові коефіцієнти першого шару, що визначають стан кровлі над другою секцією кріплення і відсутність зв'язків між іншими елементами першого шару;

$w_{31}^{(1)} = w_{32}^{(1)} = w_{33}^{(1)} = w_{34}^{(1)} = w_{35}^{(1)} = w_{36}^{(1)} = -1, w_{37}^{(1)} = 0, w_{38}^{(1)} = 1, w_{39}^{(1)} = 2,$  – вагові коефіцієнти першого шару, що визначають стан кровлі над третьою секцією кріплення і відсутність зв'язків між іншими елементами першого шару;

$w_{11}^{(4)} = 0, w_{21}^{(4)} = 1, w_{31}^{(4)} = 2, w_{41}^{(4)} = 3, w_{51}^{(4)} = 4, w_{61}^{(4)} = 5, w_{71}^{(4)} = 6$  – значення вагових коефіцієнтів вихідного шару.

Множини  $A_i$  і  $B_j$  служать для фіксації структури. Множина  $A_i$  представляє підмножини елементів, кожна з яких містить номери елементів



першого прихованого шару, що фіксують стан кровлі над секціями кріплення відповідно до правил бази.

Наприклад, підмножині  $A_1 = \{1, 4, 7\}$  відповідають елементи з номерами 1, 4, 7. Перший елемент характеризує стан «0» над першою секцією, четвертий – стан «0» над другою секцією, сьомий – стан «0» над третьою секцією. Таким чином, дана підмножина відповідає стану «вивал над трьома секціями» і такому правилу:  $x_1 = 0 \wedge x_2 = 0 \wedge x_3 = 0$ .

Випишемо всі підмножини множини  $A_i$ :  $A_1 = \{1,4,7\}$ ,  $A_2 = \{1,4,9\}$ ,  $A_3 = \{1,6,7\}$ ,  $A_4 = \{1,6,9\}$ ,  $A_5 = \{3,4,7\}$ ,  $A_6 = \{3,4,9\}$ ,  $A_7 = \{3,6,9\}$ ,  $A_8 = \{1,4,8\}$ ,  $A_9 = \{1,6,8\}$ ,  $A_{10} = \{3,4,8\}$ ,  $A_{11} = \{3,6,7\}$ ,  $A_{12} = \{3,6,8\}$ ,  $A_{13} = \{1,5,7\}$ ,  $A_{14} = \{1,5,9\}$ ,  $A_{15} = \{3,5,7\}$ ,  $A_{16} = \{3,5,9\}$ ,  $A_{17} = \{1,5,8\}$ ,  $A_{18} = \{2,4,7\}$ ,  $A_{19} = \{2,4,9\}$ ,  $A_{20} = \{2,6,7\}$ ,  $A_{21} = \{2,6,9\}$ ,  $A_{22} = \{3,5,8\}$ ,  $A_{23} = \{2,4,8\}$ ,  $A_{24} = \{2,6,8\}$ ,  $A_{25} = \{2,5,7\}$ ,  $A_{26} = \{2,5,9\}$ ,  $A_{27} = \{2,5,8\}$ .

Множина  $B_j$  містить підмножини елементів другого прихованого шару, число елементів в кожному з яких відповідає кількості правил бази, яка формує швидкість подачі очисного комбайна.

Наприклад, підмножина містить сім елементів, що відповідає семи правилам бази даних, яка формує нульову швидкість подачі комбайна. Аналогічно описуються інші підмножини множини  $B_j$ .

Випишемо всі підмножини множини  $B_j$ :  $B_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ ,  $B_2 = \{8, 9, 10, 11, 12\}$ ,  $B_3 = \{13, 14, 15, 16\}$ ,  $B_4 = \{17, 18, 19, 20, 21, 22\}$ ,  $B_5 = \{23, 24\}$ ,  $B_6 = \{25, 26\}$ ,  $B_7 = \{27\}$ .

Завершальним етапом побудови є тестування, для якого необхідно сформулювати тестову вибірку. Необхідною умовою формування вибірки є наявність в ній відомих значень вихідних параметрів, які будуть порівнюватися з результатами тестування. Якщо результати тестування

відповідають значенням вихідних параметрів (для тестових вибірок) з малою величиною помилки, то побудови адекватні і можуть використовуватися для вирішення завдання прогнозування.

#### **4.4 Перелік використаних джерел до глави 4**

1. Бондаренко В.И. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / В.И. Бондаренко [и др.]. Днепропетровск, 2013. 708 с.
2. Кияшко И.А. Процессы подземных горных работ. К.: Вища школа, 1992. 334 с.
3. Егоров И.В. Основы горного дела: учебник для вузов. / И.В. Егоров [и др.]. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2000. 408 с.
4. Киктев н.а. Методика построения системы отображения процесса автоматизации участкового конвейерного транспорта / Н. А. Киктев, Я. А. Савицкая, Н. И. Чичикало // [Енергетика і автоматика](#). 2014. № 1. С. 65-74.
5. Емельянов Б.И., Макишин В.Н. Геомеханика: учеб. пособие. Владивосток: ДВГТУ, 2008. 339 с.
6. Васючков В.Ф. Горное дело: уч. для техникум. М.:Недра, 1990. 512 с.
7. Емельянов Б.И., Нисковский Ю. И., Макишин В.Н. Геомеханика: учеб. пособие. Владивосток: ДВГТУ, 2006. 40 с.
8. Казикаев Д. М. Геомеханика подземной разработки руд: учеб. для вузов. М.: МГГУ, 2005. 542 с.

9. Геомеханика: учеб. т.2. / Баклашов И. В. [ и др.]. М.: МГГУ, 2004. 249 с.
10. Моделирование обрушения кровли над выработанным пространством / П.В. Макаров [и др.] // Физическая мезомеханика. 2008. № 11. С. 44-50.
11. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. М.: Недра, 1991. 363 с.
12. Газодинамические явления в шахтах: коллективная монография / М.И. Волюнецкий, Б.А. Лысиков, А.А. Каплюхин. Севастополь: «Вебер», 2003. 284 с.
13. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / С.М. Минеев [и др.]. Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2010. 603 с.
14. Типизация геологических нарушений угольных пластов при их прогнозе методами шахтной геофизики / А. Л. Майборода, М. Г. Тиркель. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. 2011. №9 (частина 1). С. 394-404.
15. Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса / В.Б. Забигаило [и др.]. Киев: Наук. думка, 1980. 192 с.
16. Окулесский В. А. Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процессного подхода. М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. 247 с.
17. Бахтизин В. В., Глухова Л. А. Методология функционального проектирования IDEF0: учеб. пособие по курсу «Технология разработки программного обеспечения» для студ. спец. 40 01 01 “Программное обеспечение информационных технологий дневной формы обучения”. Минск: БГУИР, 2003. 24 с.

18. Шахтные исследования вывалообрисований и их классификация / В.Д. Рябичев, Б.А. Перепелица. // Науковий вісник НГУ. 2004. Т.10. С. 12-17.
19. Правила пересечения горными выработками зон геологических нарушений на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа: СОУ  
– П 10.1.00174088.017:2009. К.: Минуглепром Украины, 2009. 49с.
20. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния массива / В. С.Кулинич, Г. А. Шевелев, С. И. Егоров. Донецк: Центр. б-ка науч. техн. информ., 1992. 202 с.
21. Горбатов Л.А., Петрушкин Г.В., Лысенко Н.М. Горные машины и оборудование: учеб. пособие для вузов в 2-х т. Т. I. Донецк: РВА ДонНТУ, 2003. 295 с.
22. Горные машины и оборудование: лабораторные работы: в 2 ч. / сост.: Г.А. Басалай. Г.В. Казаченко. Г.И. Лютко. Минск: ВИТУ, 2011. Ч. 2: Анализ параметров горных машин. 46 с.
23. Овсянников Ю.А., Кораблев А.А., Топорков Л.Л. Автоматизация подземного оборудования: справочник рабочего. М.: Недра, 1990. 287 с. ил.
24. Мещанинов С.К. Научные основы обеспечения надежности функционирования очистного забоя как управляемого геомеханического объекта: монография. Днепропетровск: РИК НГУ, 2011. 230 с.
25. Повышение эффективности технологических схем очистных работ на шахтах / Муров В.М. М.: Недра, 1988. 182с.
26. Основы теории определения состояния добычных объектов в процессе их функционирования / Зборщик М.П., Чичикало Н.И. Донецк: РИА ДонГТУ, 1998. 117 с.

27. Мещанинов С.К. Методы моделирования и управления надежностью функционирования горных выработок: моногр. / С.К. Мещанинов. Д.: Национальный горный университет, 2011. 360 с.
28. О готовности шахт к применению оборудования нового технического уровня / Н.С. Сургай, В.В. Виноградов, Ю.И. Кияшко // Уголь Украины. 2001. №6. С. 3-5.
29. Распределители импульсов для систем управления гидрофицированной крепью / А.М. Голубчиков, А.В. Коломийцев, Е.Ф. Лагунович // Научно – исследовательские и проектно – конструкторские работы по автоматизации угольных шахт. М.: Недра. 1980. С. 164-180.
30. Обеспечение пошагового контроля движения распределителей в системах централизованного управления крепью / А.И. Левин [и др.] // Автоматизация горных машин. 1972. №4. С. 105-166.
31. А.С. № 362145 СССР. Устройство автоматического управления гидрофицированной шахтной крепью / Жердоновский П.В., Коваленко Ю.К., Левин А.И., Старовацкой С. В. – 1970. Бюл. № 3.
32. Определение основных параметров системы с гибкой связью для дистанционного управления механизированной крепью / Л.З. Богданова // Сб. трудов КузНИУИ. 1970. № 20. С. 105-114.
33. Исследование динамики системы с гибкой связью для дистанционного гидрораспределителя / Ю.В. Богданов [и др.] // Сб. трудов КузНИУИ. 1971. № 33. С. 169-174.
34. Определение основных параметров системы с гибкой связью для дистанционного управления механизированной крепью / Л.З. Богданова // Сб. трудов КузНИУИ. 1970. №20. С. 105-114.
35. Исследование динамики системы с гибкой связью для дистанционного гидрораспределителя / Ю.В. Богданов [и др.] // Сб. трудов КузНИУИ. 1971. № 33. С. 169-174.

36. Пат. № 64773 ПНР. Устройство для управления передвижной механизированной крепью. Изобретения стран мира. 1971. № 1.
37. Пат. № 1303307 ФРГ. Устройство для дистанционного управления перемещающейся забойной крепью. Изобретения стран мира. 1973. № 1.
38. Пневматическая система управления щитовыми агрегатами для выемки угля на пластах крутого падения / Киклевич Ю.П., Вольберт Б.М. // В сб.: Пневмоавтоматика. 1974. С. 43-46.
39. Установление взрывоопасных ситуаций на основании маркшейдерских данных / Я.А. Савицкая [и др.] // Съом мїжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК–2014)» / Національний авіаційний університет, 19-20 травня 2014 р. С. 260-262.
40. Пат. № 1261110 Великобритания. Усовершенствование гидросистем управления шахтных механизированных крепей / Купер К. Кл. – IP. Опубл. в 1972 г.
41. Магнитные датчики контроля положения шахтных гидрофицированных крепей / В.О. Денисенко, В.П. Хвостов // Автоматизация горных машин. №3. 1971. С. 43-47.
42. Совершенствование магнитогерконовых датчиков контроля положения крепи М–87 / А.В. Зарница, А.П. Хвостов // Автоматизация горных машин. 1976. С. 77-81.
43. А. с. № 275952 СССР. Датчик наклона для механизированных крепей./ Цыплаков Е.В., Попов В.А., Палевский А.А. Опубл. в 1970, Бюл. № 30.
44. Основные элементы для систем автоматизации горных машин / А.М. Бартанянц [и др.] // Машины и оборудование для механизации и автоматизации трудоемких процессов в угольной промышленности. 1972. №5. С. 111-120.

45. Малогабаритная специализированная машина для автоматического управления угледобывающими комплексами / К.Ф. Жданов, А.В. Злодеев // Автоматизация горных машин. 1972. №6. С. 2-14.
46. Камынин Ю.Н. Унифицированный параметрический ряд дискретных устройств шахтной автоматики: автореф. дисс. на соиск. учен. степени докт. техн. наук / Камынин Ю.Н. М. 1975. 43 с.
47. Сравнительная оценка различных способов дистанционного управления гидрофицированным комплексом из лавы / В.Н. Морговский, О.Д. Тараненко // Научно – исследовательские работы по автоматизации угольных шахт. 1969. №2. С. 16-19.
48. Влияние числа одновременно работающих насосных станций и секций крепи при их автоматизации на скорость крепления лавы. / Н.А. Мищенко, А.А. Фоменко // Автоматизация горных машин. 1975. С. 85-88.
49. О взаимосвязке режимов работы автоматизированной крепи и комбайна / Н.А. Мищенко // Автоматизация горных машин. 1972. №4 С. 145-148.
50. Исследование переходных режимов гидросистем механизмов перемещения очистных комплексов и агрегатов / Ю.Н. Казак, А.П. Фадеев, В.Н. Гурьянов // Механизация горных работ на угольных шахтах. 1973. С. 174-182.
51. Оценка надежности очистного забоя, оборудованного механизированной крепью КГУ / О.В. Колоколов, Е.Л. Иванов // Горный журнал. 1988. № 4. С. 25-28.
52. Стабилизация движения проходческих и добычных машин с помощью радиоактивных методов / В.Г. Сегалин, А.А. Рудановский // Атомная энергия. 1988. т.4, №1. С. 100.

53. А.с. № 286910 СССР, МПК Е 21 с 38/08. Способ контроля расстояния до контакта “порода – уголь” пласта / Казаков В.В., Квочко А.П., Рудановский А.А., Черняк З.А., Баканов К.Ф. № 1347739/22–3; Заявлено 09.07.69. Опубл. в 1970, Бюл. № 35.
54. Учет взаимодействия воздушных потоков с локальными скоплениями метана в шахтных выработках / Я.А. Савицкая [и др.] // Съом міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК–2014)» / Національний авіаційний університет, 19-20 травня 2014. С. 258-259.
55. Малогабаритный радиоизотопный датчик порода – уголь для пускового исполнительного органа угольного комбайна / А.А. Рудановский, З.А. Черняк, Ю.Г. Коровин // Научные сообщения ИГД им. А.А. Скочинского. 1974. №117. С. 121-124.
56. А.с. № 310044 СССР, Е 21 с 27/00, Устройство для автоматической ориентации угледобывающих комбайнов / Кордонский Р.И., Рудановский А.А., Смиттем М.К., Черняк З.А. – № 1380398/22–3. Опубл. 1971, Бюл. № 23.
57. Подготовка и исполнение на шахте № 5 шнекового комбайна, оборудованного системой автоматического управления в профиле пласта. / О.К. Бархэм // Горное дело. 1971. № 127 С. 437-450.
58. А.с. № 306260 СССР, Е 21 с 27/00, Устройство для ориентации выемочных комплексов / Крез Д.П., Рудановский А.А., Смолин В.А., Казаков В.В., Черняк З.А. № 1129099/22–3; Заявлено 26.01.67. Опубл. в 1971. Бюл. № 19.
59. Система автоматического вождения по пласту стругового агрегата АК–3 / В.Г. Храпов, З.А. Черняк // Совершенствование технологии и средств комплексной механизации при разработке угля. Тезисы докладов на IV Моск. научн. – техн. конференциимолодых ученых и специалистов угольной промышленности. 1974. С. 84-85.



60. Система автоматического управления буровыми работами, снарядом шнеко-буровой машины в продольной плоскости пласта / С.А. Дранников, М.М. Смиттен., В.Г. Субботин // Научные сообщения ИГД им. А.А. Скочинского. 1979. № 113. С. 148-153.
61. Принципы использования радиоактивных изотопов для контроля и управления угледобывающими машинами. / И. Гринленд // Уголь. 1961. №52 С. 64-66.
62. Результаты выборочного обследования пластов Донбасса датчиков породы – уголь / А.А. Рудановский, А.А. Светлаков // Научные сообщения ИГД им. А.А. Скочинского. 1971. №89. С. 77- 81.
63. Радиационная автоматика и контроль в горном деле / В.Г. Сагалин. М, 1966. 400 с.
64. Рудаковский А. А. Основы автоматического управления очистными комбайнами в профиле пласта: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук / Рудаковский А. А. М, 1972. 24 с.
65. Черняк З.А. Исследование способов построения систем автоматического регулирования высоты захвата режущего органа угледобывающих машин по мощности пласта: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Черняк З.А. М, 1967, 21 с.
66. Нунупаров Г.М. Исследование и разработка бесконтактных изотопных датчиков породы – уголь для автоматизации шнековых очистных комбайнов : автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Нунупаров Г.М. М, 1977, 18 с.
67. Цветков А.А. Исследование и разработка радиоактивных средств контроля границы породы – уголь для управления выемочными агрегатами : автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Цветков А.А. М, 1981, 24 с.
68. Столяров Л.П. Исследование естественной радиоактивности углей и вмещающих его пород с целью использования ее для разработки

- методов и средств контроля и автоматизации некоторых технологических процессов: дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, М., 1977, 182 с.
69. Радиоизотопный датчик порода – уголь, нечувствительный к колебаниям воздушного зазора / З.А. Черняк, А.М. Онищенко, В.Н. Шилов // Горный журнал, 1977. №2. С. 3-5.
  70. Выборочные исследования естественной радиоактивности углей и пород / А.В. Докукин, З.А. Черняк, В.И. Шилов // ФТИРПМ. 1978. №1. С. 92-95.
  71. Ультразвуковой датчик “порода – уголь” с магнитострикционными преобразователями / М.В. Гуманюк // Уголь Украины. 1981. № 11. С. 12-13.
  72. Разработка ультразвукового датчика для опознавания угля и породы автоматизированными горными машинами / М.В. Гуманюк, А.В. Ильюша, П.В. Купда // Автоматизация производственных процессов в угольной и горнорудной промышленности. 1964. С. 125-148.
  73. А.с. № 333272 СССР Е 21 с 27/00. Способ контроля открытой границы уголь – порода / Цесаренко Н.П., Алехин А.В. № 1469919/22–3, Заявлено 17.08.70. Опубл. в 1972, Бюл. № 11.
  74. Контроль границы уголь – порода упругими колебаниями / В.Н. Волобан, Н.П. Песаренко // ФТИРПМ. №5. С. 124-128.
  75. Конструкция и результаты испытаний систем автоматизации комбайнов для выемки крутых пластов / Ю.Н. Киклевич [и др.] // Машины и оборудование для механизации и автоматизации трудоемких процессов в угольной промышленности. 1972. №5. С. 137-145.
  76. Краус Л.А. Исследование и разработка механоакустического метода и аппаратуры контроля открытой границы уголь – порода: автореферат

- дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Краус Л.А. Караганда, 1970, 20 с.
77. А.с. № 302423 СССР. Способ контроля границы “уголь – порода” . Ярыгин Г.В., Левитин К.К., Ларин Н.Д. № 1242255/28–12; Заявлено 12.05.68. Оpubл. в 1971, Бюл. № 16.
78. Автоматическое управление угледобывающими комбайнами в профильной плоскости пласта / Б.Е. Ярыгин, Л.Б. Мальцев // Шахтная автоматика. 1975. С. 2-7.
79. Савицкая Я.А. Критериальный анализ параметров системы управления добычным комбайном в условиях неопределенности / Я.А. Савицкая // Десятая международная научно-практическая конференция «Научная мысль информационного века» / Пшемысль, 7-15 марта 2014 г. – С. 50-56.
80. Голосовое управление очистным комбайном / Я.А. Савицкая, Н.И. Чичикало, Горбовский И.В. // Съома міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ПРТК–2014)» / Національний авіаційний університет, 19-20 травня 2014. С. 198-200.
81. А.с. № 367243 СССР, Е 21 с 27/00, Устройство для управления струговым агрегатом в профиле пласта. № 1632325/22-3; Заявлено 09.03.71. Оpubл. в 1973, Бюл. № 8.
82. А.с. № 128948 СССР. Устройство для обнаружения границы уголь – порода между пластом и вмещающими породами / Соляник Л.В. Оpubл. в БИ, № 11, 1980.
83. Пат. № 1458672 ФРГ. Способ управления передвижной гидравлической забойной крепью. Оpubл. Изобретения стран мира. 1974. № 1.

84. Выбор рационального способа управления механизированной крепью в условиях слабых боковых пород / С.В. Карпинский // Труды ИГД им. А.А. Скочинского. 1977. №19. С. 71-74.
85. А.С. № 266362 СССР. Способ управления секциями механизированной шахтной крепи / Найда В.Л., Михайлов В.А., Коробов М.С., Попов М.Т., Алексеев М.С., Соколов С.И. Оpubл. в 1970, Бюл. № 14.
86. Пат. № 61964 ПНР. Способ управления перемещением крепей и устройств для его осуществления. Оpubл. в 1970.
87. Пат. № 58556 ПНР. Автоматическое управление механизированной крепью. Оpubл. в № 12, № 38, 1972.
88. А.С. № 371350 СССР, Е 21 23/00. Способ управления секциями шахтной крепи / Левин А.И., Старовицкий С.Н. / Заявлено 21.04.69, Оpubл. 1973, Бюл. № 12.
89. Разработки способов и средств дистанционного, программного и автоматического управления комплексами оборудования с механизированными крепями и угледобывающими агрегатами / Отчет ВНИУИ. Новомосковск. 1966. 380 с.
90. Пат. № 1783063 ФРГ. Устройство для ошупывания препятствий на пути передвигающейся крепи. К 21. С. 4. Оpubл. 1974.
91. Автоматизация забойной крепи для поддержания кровли / О. Якоби. М: Наука, 1966. 260 с.
92. Пат № 1273593 СССР. Способ контроля состояния секций механизированной крепи / Н.И. Чичикало, Н.Г. Винниченко, Е.И. Пипка, И.М. Кубрак, В.П. Блощицкий, В.И. Ватис, Н.В. Соогубов. / Заявлено 18.07.84, Оpubл. 30.11.86 Бюл. №44.
93. А.С. 231750 Способ регулирования скорости подачи комбайна / Н.И. Чичикало, Н.Г. Винниченко, И.М. Кубрак, В.П. Блощицкий, В.И. Ватис, Е.А. Бидзинашвили, Е.Л. Лукашевич / Заявлено 04.06.86, Оpubл. 23.04.88 Бюл. № 15.

94. Способы телеуправления – телесигнализаций в искробезопасных бесконтактных системах с инерционными исполнительными элементами / А.М. Голубчиков, А.К. Коломийцев, Е.Ф. Лагунович // Шахтная автоматика. 1972. С. 34-37.
95. Особенности автоматизации шахтной механизированной крепи / Н.Ф. Лагунович // Автоматизация горных машин. 1971. № 3. С. 29- 34.
96. А.С. № 259784 СССР, МПК Е21. Способ передвижки секций гидравлической механизированной крепи при обработке лавы / Мартынов Б.В., Макаров Н.И., Белов Н.П., Ротерс Э.Э., Пекер Л.И., Полей Л.С., Янин Б.Н., Сидоркина Е.Н. –№ 931421/22–3; Заявлено 30.10.64; Оpubл.1970, Бюл. № 3. 2 с.
97. Пат. № 1458672 ФРГ. Способ управления передвижной гидравлической забойной крепью. Оpubл. Изобретения стран мира. 1974. №1.
98. Выбор рационального способа управления механизированной крепью в условиях слабых боковых пород / С.В. Карпинский // Труды ИГД им. А.А. Скочинского. 1977. № 19. С. 71-74.
99. А.С. № 266362 СССР. Способ управления секциями механизированной шахтной крепи / Найда В.Л., Михайлов В.А., Коробов М.С., Попов М.Т., Алексеев М.С., Соколов С.И. Оpubл. в 1970, Бюл. № 14.
100. Пат. № 61964 ПНР. Способ управления перемещением крепей и устройств для его осуществления. Оpubл. в 1970.
101. Пат. № 58556 ПНР. Автоматическое управление механизированной крепью. Оpubл. в № 12, № 38, 1972.
102. А.С. № 371350 СССР, Е 21 23/00. Способ управления секциями шахтной крепи / Левин А.И., Старовицкий С.Н. / Заявлено 21.04.69, Оpubл. 1973, Бюл. № 12.
103. Разработки способов и средств дистанционного, программного и автоматического управления комплексами оборудования с

- механизированными крепями и угледобывающими агрегатами. / Отчет ВНИУИ. Новомосковск. 1966. 380 с.
104. Пат. № 1783063 ФРГ. Устройство для ощупывания препятствий на пути передвигающейся крепи. К 21. С. 4. Опубл. 1974.
  105. Пат. № 1564784 ФРГ. Управление гидравлической передвижкой забойной крепью. Изобретения стран мира. 1972. № 3.
  106. А.С. № 145464 СССР. Способ контроля полноты передвижки секций механизированной шахтной крепи / Снаговский Е.С., Бухгольд В.П. 1962., Бюл. № 5.
  107. А.С. № 258436 СССР. Система телемеханики ближнего действия. / Городецкий А.Ю., Левин А.И., Левитан И.К., Мищенко И.Е., Озерянский Г.И., Остапенко В.А., Рабинович В.С., Старовацкой С., Туткевич В.С. 1970. Бюл. № 1.
  108. А.С. № 362145 СССР. Устройство автоматического управления гидрофицированной шахтной крепью / Жердоновский П.В., Коваленко Ю.К., Левин А.И., Старовацкой С. В. 1970. Бюл. № 3.
  109. Пат. № 281624 Великобр. Шахтная аппаратура. Изобретения стран мира. 1975. № 1.
  110. Распределители импульсов для систем управления гидрофицированной крепью / А.М. Голубчиков, А.В. Коломийцев, Е.Ф. Лагунович // Научно – исследовательские и проектно – конструкторские работы по автоматизации угольных шахт. 1980. С. 164-180.
  111. А.С. № 272342 СССР. Программное устройство управления передвижной гидрофицированной крепью и изгибающимся конвейером угледобывающего комплекса / Левин А.И., Коломийцев А.К., Лагунович Е.Ф. 1970., Бюл. № 19.
  112. Обеспечение пошагового контроля движения распределителей в системах централизованного управления крепью / А.И. Левин [и др.] // Автоматизация горных машин. 1972. № 4. С. 105-116.

113. Комплекс Рольф – 2 на угольной шахте “Орлеанд” // Уголь. 1964. № 53. С. 153-155.
114. А.С. № 505886, GdF 11/10 “ Устройство для дозирования сыпучих и кусковых материалов” / Рабинович Е.М., Шахдин Э.С. опубл. в 1976, Бюл. № 9.
115. А.С. № 492743, G01F 11/100 “Измеритель объемной насыпной массы” / Левицкий В.Д., Райновский В.Я., Цвилик М.А., Парахин В.Г., опубл. в 1976, Бюл № 43.
116. Савицкая Я.А. Метод минимизации составляющих погрешностей при идентификации сигналов аппаратными средствами / Я.А. Савицкая, В. Ю Ларин, Е. Ю. Ларина // Всеукраїнська науково–технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical using of measurement – 2015» / Академія метрології України, 2-6 лютого 2015. С. 59-61.
117. А.С. № 537257, G01G 23/14 “Устройство для дозирования дискретного действия”, Астахов А.А., Шлемович Я.А., опубл. в 1976, Бюл. № 44.
118. А.С. № 488989, G01F 11/00 “Дозатор совмещенных функций” / опубл. в 1976, Бюл № 39.
119. О создании автоматизированных средств ведения очистных работ / В.С. Верин // Уголь. 1988. № 3. С. 41-43.
120. Системы и средства автоматизации забойного оборудования / В.А. Антипов [и др.]. К: Техника, 2004. 216 с.
121. Харкевич А. А. Спектры и анализ. М: ЛКИ, 2007. 89 с.
122. Гольденберг Л.М. [и др.]. Цифровая обработка сигналов: справочник. М.: Радио и связь, 1985. 312 с.
123. Гольденберг Л.М. [и др.]. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1990. 256 с.

124. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1989. 319 с.
125. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях / Ж. Макс. М.: Мир, 1983. 260 с.
126. Методология создания нейроподобных структур системы оптимального управления угледобывающим комплексом в условиях неопределенности / Я.А. Савицкая, Н.И. Чичикало, В.Ю. Ларин // Уголь Украины. 2014. №9. С. 5-12.
127. Информационная технология безопасного управления угледобывающим комплексом на основе модели нейросетевого прогнозирования / В. Ю. Ларин [и др.] // Уголь Украины №3–4, 2015. С. 63-71.
128. V. Kharchenko, The methodic of signal type identification accuracy with hardware tools / V. Kharchenko, V. Larin, I. Savitskaya // Proceedings of the National Aviation University, Kyiv. – 2014. – №3 (60). p. 22-27.
129. V. Kharchenko, The accuracy measurement of hardware tools metrological characteristics for spectral fractions signal identification / V. Kharchenko, V. Larin, I. Savitskaya // Proceedings of the National Aviation University, Kyiv. – 2014. – № 4(61). p. 76-81.
130. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В. Б. Силов. М.: ИНПРО–РЕС. 1995. 228 с.
131. Кулинич А.А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» // Программные продукты и системы. 2002. № 3. С. 25-28. [Электронный ресурс] – режим доступа: [www.raai.org/about/persons/kulinich/pages/kanva2003.doc](http://www.raai.org/about/persons/kulinich/pages/kanva2003.doc) (дата обращения 28.10.2013)
132. Лагереv Д.Г. Автоматизация разработки управленческих решений в социально–экономических системах на основе применения нечетких когнитивных моделей: автореф. дис. канд. техн. наук. Брянск, 2007. 20 с.



133. Макаренко Д.И. Модели и методы стратегического управления оборонно–промышленным комплексом: автореф. дис. канд. экон. наук / Макаренко Д.И. М. 2006. 24 с.
134. Курьян А. Система измерения показателей эффективности // Ресурсы. Минск, 1997. 7 с. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.trizminsk.Org/r/430003.htm> (дата обращения 24.12.2013).
135. Warning Systems for Natural Threats / H.H. Einstein, R. Sousa // Proc: ECI Conference on Geohazards. Lillehammer, Norway. 2006. P. 39.
136. Когнитивные карты [Электронный ресурс] // Образовательный портал ООО «Организация Времени» Режим доступа: URL: <http://www.improvement.ru/zametki/cognitive/> (дата обращения 16.01.2014).
137. Model verification and validation / J.S. Carson // Proc. of the 2002 Winter Simulation Conference. 2002. P. 52-58.
138. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люггер. М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 864 с.
139. Применение методики когнитивного моделирования к прогнозированию предаварийных ситуаций в угледобывающем забое / [Е. Ю. Ларина](#), Я. А. Савицкая // Збірник матеріалів III Міжнародної науково–практичної конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні –2015». 2015 р., НУБіП України, Київ. С. 122-125.
140. Построение виртуальной модели для экспериментальных исследований поведения кровли в призабойном пространстве / Я.А. Савицкая, Н.И. Чичикало, В.Ю. Ларин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Обчислювальна техніка та автоматизація. 2013. №1(24). С. 275-280.

141. Геологические условия выбросоопасных угольных пластов Донбасса / В.Е. Забигаило. Киев: Наук. думка, 1980. 192 с.
142. Шахтные исследования вывалообразований и их классификации / В.Д. Рябичев, Б.А. Перепелица // Науковий вісник НГУ. 2009. № 10. С.12-17.
143. Правила пересечения горными выработками зон геологических нарушений на пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа: СОУ– 1110.1 ОСИ 74088.017:2009. К.: Минуглепром Украины. 2009. 49 с.
144. Шахтная геология угольных месторождений / В.М. Омелянович М: Недра, 1966. 222 с.
145. Шаклеин С.В. Построение гипсометрических планов угольных пластов: учеб. пособие. Кемерово: КПИ. 1992. 67 с.
- 146.** Савицкая Я.А. Применение статистических критериев качества для принятия решений в условиях добычного участка / Я.А. Савицкая // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку» / Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 17-21 березня 2014 р. С. 23-26.
147. Основы теории определения состояния добычных объектов в процессе их функционирования / М.П. Зборщик, Н.И. Чичикало. Донецк: РИАДонГТУ, 1998. 117 с.
148. Аварии легче предупредить, чем ликвидировать / Д.Ф. Син, В.В. Аксёнов // Горная Промышленность. 2010. №2 (90), С. 26.
149. Методика оптимального или субоптимального решения задачи равномерного продвижения линии забоя / Я.А. Савицкая, Н.И. Чичикало // Восточно–европейский журнал передовых технологий.

2013. Вып. 65, № 5/9: Информационно–управляющие системы. С. 17-21.
150. Савицкая Я.А. Ларин В.Ю. Определение оптимального или субоптимального решения задачи равномерного продвижения линии забоя. Динамика современной науки – 2013: девятая международ. наук.–практ. конф., София, 17–25 июля, 2013: тез.докл., 2013. С. 22-26.
151. Савицкая Я.А. Моделирование процессов управления на основе нечетких когнитивных карт / Концепции профессионального проектирования приборов и систем: коллективный учебник в 2-х книгах. Книга 1. // под редакцией Н.А. Перинской. К.: Кафедра. 2016. С. 74-105.
152. Савицкая Я.А. Информационная технология управления сложным комплексом без непосредственного присутствия оператора в опасных зонах / Я.А. Савицкая // Перша Міжнародна конференція «Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення оточуючого середовища» / Славутицька філія НТУУ КПІ, 25-27 квітня 2016 р. С. 185-187.

## ВИСНОВКИ

Наведені матеріали, хоча і не вирішують усіх виявлених проблем, вказують на кілька результатів, основним з яких є підтвердження можливості створення комплексної інтегрованої системи управління аграрним підприємством на основі запропонованої концепції.

З точки зору практичної реалізації, показано можливість досягнення позитивного як економічного так і технічного результату при використанні типових серійних апаратних компонентів при створенні гнучкої масштабованої платформи для системи управління і в цілому, і для окремих її компонентів. При цьому, завдання автоматизації аграрного виробництва на підприємстві можна вирішувати поступово, впроваджуючи нові компоненти.

Застосування запропонованих моделей, методів, програмного забезпечення та апаратних засобів дозволить фермерам як у малих так і великих господарствах, здійснювати контроль за виробництвом на всіх рівнях, підвищуючи не тільки ефективність системи організаційного управління, а й керованість і контрольованість усіма складовими підприємства, навіть, до рівня окремих працівників та одиниць обладнання.

Подальші перспективи полягають у розробці теоретичних питань з побудови низки моделей для представлення як бізнес-логіки управління підприємством, так і моделей з представлення окремих технологічних операцій, а також, системи зв'язків між ними. У сьогоденні, у галузі інформаційних технологій є визначення «фреймворку», як гнучкої основи для створення споріднених інструментів з різними функціональними можливостями та структурою. Застосування цього підходу та сучасних.

Іншим, також безперечно позитивним результатом, є втілення практики сумісної роботи фахівців академічної установи та спеціалістів-практиків з фермерського господарства, та процес генерації у ній нових теоретичних ідей та практичних рішень на стику різних сфер діяльності.