

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Л.М. Посунько  
В.О. Расцветаєв  
А.Л. Ширін

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ  
ПРОВЕДЕННЯ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗШИРЕННІ МЕЖ  
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Монографія

Дніпро  
НГУ  
2017

УДК 622.272.6:622.625.5  
ББК 33.21  
П 61

Рекомендовано до друку вченою радою Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (протокол № 15 від 15.11.2016 р.).

Рецензенти:

**В.І. Бузило**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»;

**К.К. Софійський**, д-р техн. наук, професор, завідувач відділу проблем технології підземної розробки вугільних родовищ Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпро).

**Посунько Л.М.**

П 61 Удосконалення транспортно-технологічних схем проведення дільничних виробок при розширенні меж вугільних шахт : монографія / Л.М. Посунько, В.О. Расцветаєв, А.Л. Ширін ; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 137 с.

**ISBN 978-966-350-630-2**

Розглянуто питання щодо підвищення ефективності роботи надгрунтових канатних доріг для вдосконалення транспортно-технологічних схем проведення дільничних виробок при розширенні меж вугільних шахт Західного Донбасу. Запропоновано інноваційні технологічні схеми комплексного застосування надгрунтових канатних доріг нового технічного рівня для інтенсифікації підготовчих робіт і підвищення темпів підготовки та відпрацювання виїмкових стовпів у складних гірничо-геологічних умовах при розробці тонких вугільних пластів.

Для студентів, науково-педагогічних та науково-технічних співробітників вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів та проектних організацій, а також для інженерно-технічних працівників вуглевидобувних підприємств.

Іл. 30. Бібліогр: 118 назв.

УДК 622.272.6:622.625.5  
ББК 33.21

© Л.М. Посунько, В.О. Расцветаєв, А.Л. Ширін, 2017  
© Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2017

**ISBN 978-966-350-630-2**

## ВСТУП

Розвиток гірничих робіт на діючих шахтах України пов'язаний зі збільшенням глибини розробки вугільних пластів і доробки розвіданих запасів. Проблема доробки запасів біля меж шахтних полів особливо актуальна для шахт Західного Донбасу, де виробничі потужності обмежені порівняно малою вугленосністю родовища, нерівномірним розповсюдженням робочих потужностей пластів, значною кількістю води, а також наявністю великих порушень та інтенсивним здиманням гірських порід у підготовчих виробках. З урахуванням складних гірничо-геологічних умов, залягання пластів відпрацювання запасів відбувається переважно довгими стовпами за підняттям та падінням пластів.

Обраний спосіб підготовки виїмкових стовпів базується на проведенні великого об'єму протяжних похилих виробок (бортових і збірних хідників). В умовах високого припливу води та інтенсивного здимання порід підосви забезпечення прохідницьких вибоїв обладнанням і матеріалами є первинним завданням. За традицією підтримка проектних перерізів та експлуатаційних показників транспортних виробок здійснюється шляхом періодичного піддирання підосви та перекріплювання виробок.

У подібних умовах експлуатації системи підземного транспорту, які спроектовані більше 50 років тому і відрізняються великою кількістю ланок, є найбільш енергоємними підсистемами шахт і на цей час не забезпечують високопродуктивну роботу очисних і прохідницьких вибоїв. Ефективність їх роботи значною мірою знижується через складності розмежування вантажопотоків вугілля та породи і недосконалість ланцюгів основного і допоміжного транспорту.

На сучасному етапі розвитку гірничої техніки і технології очисні вибої діючих шахт оснащуються вітчизняними і зарубіжними механізованими комплексами нового покоління. В зв'язку з цим для своєчасного забезпечення фронту очисних робіт на шахтах Західного Донбасу необхідно щорічно проводити більше ста кілометрів дільничних підготовчих виробок із складним профілем шляху і змінним кутом нахилу. Проте засоби і схеми допоміжного транспорту, які використовуються при цьому, не забезпечують необхідні темпи комбайнового проведення виробок і безпеку робіт. Більше того, впроваджуючи високопродуктивні прохідницькі комбайни нового технічного рівня, шахти Західного Донбасу, як і раніше, орієнтуються на традиційні види допоміжного транспорту – електровози і канатну кінцеву відкатку для переміщення гірської маси і доставки вантажів у підготовчі вибої. Шахтними дослідженнями встановлено, що сфера застосування електровозного транспорту обмежується ухилами до 50 %, а кінцеву канатну відкатку неможливо використати при знакозмінному профілі рейкового шляху.

Недосконалість діючих схем транспорту особливо відчувається на шахтах, що дороблюють розвідані запаси вугілля біля кордонів шахтних полів. Зазначимо, що останнім часом для стабільно працюючих шахт Західного Донбасу проблеми, які пов'язані з доробкою запасів вугілля, вирішуються

шляхом продовження життєвого циклу шахт за рахунок розширення меж шахтного поля або об'єднання декількох шахт у шахтоуправління для спільного відпрацювання запасів вугілля, що залишилися. Проте з віддаленням гірничих робіт до меж шахтних полів значно знижується надійність технологічних схем транспортування вугілля і породи по дільничних підготовчих виробках.

У результаті шахтних досліджень встановлено, що на формування вантажопотоків вугілля і породи з очисних та підготовчих вибоїв стохастично впливають безліч гірничо-геологічних, технічних, технологічних і організаційних чинників, які суттєво впливають на характер і величину вантажопотоків. Доведено також, що сучасні системи підземного транспорту повинні враховувати будь-які зміни технологічних процесів видобутку вугілля, бути високоадаптованими й орієнтованими на зниження енерговитрат і збереження якості вантажів, які транспортуються по гірничих виробках.

Досягається це шляхом оптимізації параметрів існуючих підземних транспортних установок і процесів формування шахтних вантажопотоків, розробкою адаптивних транспортно-технологічних схем на базі створення транспортного обладнання високого технічного рівня і техніко-економічного обґрунтування доцільності його застосування в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу.

Зниження шкідливого впливу чинників, які характерні при проведенні виробок у заскидних частинах шахтних полів Західного Донбасу, може бути досягнуте різними способами. Найбільш ефективним і технічно здійсненим на цей період є збільшення перерізу підготовчих виробок.

Слід зазначити, що при проведенні пластових виробок збільшення площі поперечного їх перерізу зумовлює підвищення коефіцієнта підривання порід підшви і покрівлі. У свою чергу, виробки більшого перерізу вимагають підвищення щільності установа арочного кріплення та його характеристик. В умовах активного здимання порід підшви це призводить до підвищених витрат кріпильних і допоміжних матеріалів, вимагає збільшення вантажопотоків по дільничних підготовчих виробках, а також перегляд схем організації праці в прохідницьких бригадах і узгодження параметрів транспортно-технологічних процесів.

Аналіз роботи 88-ми прохідницьких бригад шахт Західного Донбасу показав, що в умовах діючих технологічних схем проведення підготовчих виробок для виконання непродуктивних ручних робіт з обслуговування транспортних операцій, зазвичай, додатково залучаються з прохідницьких вибоїв гірники високої кваліфікації, що зрештою призводить до порушення графіків організації робіт і зниження темпів проведення виробок. Особливо це стосується дільничних підготовчих виробок, які споруджуються в умовах інтенсивного здимання ґрунтів, де продуктивність локомотивного транспорту знижується до мінімуму та використання його іноді стає неможливим. Досвід упровадження на шахтах Західного Донбасу надґрунтових канатних доріг нового покоління вимагає науково-технічного обґрунтування їх конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Незважаючи на широке впровадження високопродуктивних очисних комплексів, на більшості шахт регіону відзначається зниження темпів проведення виробок. На думку фахівців галузі, досягнуті сьогодні темпи посування очисних вибоїв у 130...150 м/міс при стовпових системах розробки вимагають застосування надійної прохідницької техніки для проведення виробок темпами 200 м/міс або більше.

Установлено також, що резервами зниження непродуктивних трудовитрат і високої питомої ваги простоїв у сумарній тривалості робіт прохідницького циклу є малодосліджені процеси взаємодії технологічного і транспортного обладнання у привибійному просторі виробки, що споруджується. Тому обґрунтування і розробка нових технологічних схем і методів організації проведення підготовчих виробок на базі вдосконалення транспортно-технологічних схем підтверджує важливість наукового напрямку та актуальність його для вугільної промисловості України.

# 1. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗШИРЕННІ МЕЖ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

## 1.1. Особливості експлуатації транспортно-технологічних схем при доопрацюванні запасів біля меж вугільних шахт

Особливістю геологічного складу вугільних покладів Західного Донбасу є наявність потужних (від 50 до 140 м) обводнених наносів, великих порушень (скидів з амплітудою зміщення до 400 м), відносно нерівномірна промислова вугленосність, а також інтенсивний розвиток порушень та наявність тектоніки з дрібною амплітудою, що важко піддається виявленню розвідувальними роботами. У подібних умовах на невеликій глибині (200...400 м) залягають тонкі (0,7...1,2 м) пологі (2...5°) зближені пласти вугілля, які розробляють практично всі шахти Західного Донбасу [1].

Зазначені особливості родовища зумовили існуючий порядок відпрацювання запасів, спосіб підготовки та систему розробки. На шахтах прийнята схема суцільної конвеєризації вантажопотоку вугілля від очисних вибоїв до головного стовпа шахти, комбінований транспорт для відкатки породи та рейковий для доставки матеріалів, обладнання та пересування персоналу [2].

Незважаючи на складні гірничо-геологічні умови залягання вугільних пластів, більшість шахт Західного Донбасу на цей час інтенсивно ведуть очисні роботи. Шахти орієнтовані на застосування в очисних вибоях високопродуктивних механізованих комплексів, які у поєднанні з системою розробки пластів довгими стовпами за підняттям та падінням забезпечують високі темпи посування лінії очисних вибоїв та збільшення навантажень на пласт. Однак складні умови підтримки і низькі темпи проведення збірних та бортових штреків у сукупності з недосконалими схемами і засобами допоміжного транспорту в похилих виробках, ускладнюють ведення гірничих робіт зі своєчасної підготовки лінії очисних вибоїв.

Проблеми функціонування внутрішньошахтного транспорту в системі гірничого виробництва більшості шахт Західного Донбасу можна класифікувати за характерними для регіону групами з такими чинниками:

- відпрацюванням залишених промислових запасів вугілля у геологічних порушеннях та межах шахтних полів;
- низькими темпами проведення підготовчих виробок;
- нестійким станом збірних та бортових хідників;
- знакозмінними профілями рейкових колій у результаті активного здимання порід підосви у виробках, що пройдені по пластах [3].

Вирішення зазначених проблем здійснюють такі технологічні підсистеми шахти: очисні роботи (ОР), підготовчі роботи (ПР), підтримка та ремонт виробок (ПРВ), підземний транспорт вантажів (ПТВ). При цьому підсистема (ПТВ) є складовим елементом технологічних процесів вищезазначених підсистем і одночасно з'єднуючою ланкою всіх підсистем гірничого

виробництва. Незважаючи на цей важливий факт, в умовах інтенсифікації гірничих робіт серед наведених підсистем найбільш ненадійною ланкою у технологічній системі видобутку вугілля виявилися традиційні схеми транспорту основного та допоміжного вантажопотоків [4]. До проблем транспорту також треба віднести той факт, що невитримані по потужності й площині розповсюдження зближені пласти вугілля та раніше розвідані запаси вугілля в умовах сьогодення відпрацьовуються біля меж шахтних полів та геологічних порушень.

Відзначені проблеми реально відображають ситуаційний план розташування виїмкових стовпів у межах шахтних полів шахт Павлоградського регіону Західного Донбасу (рис. 1.1).

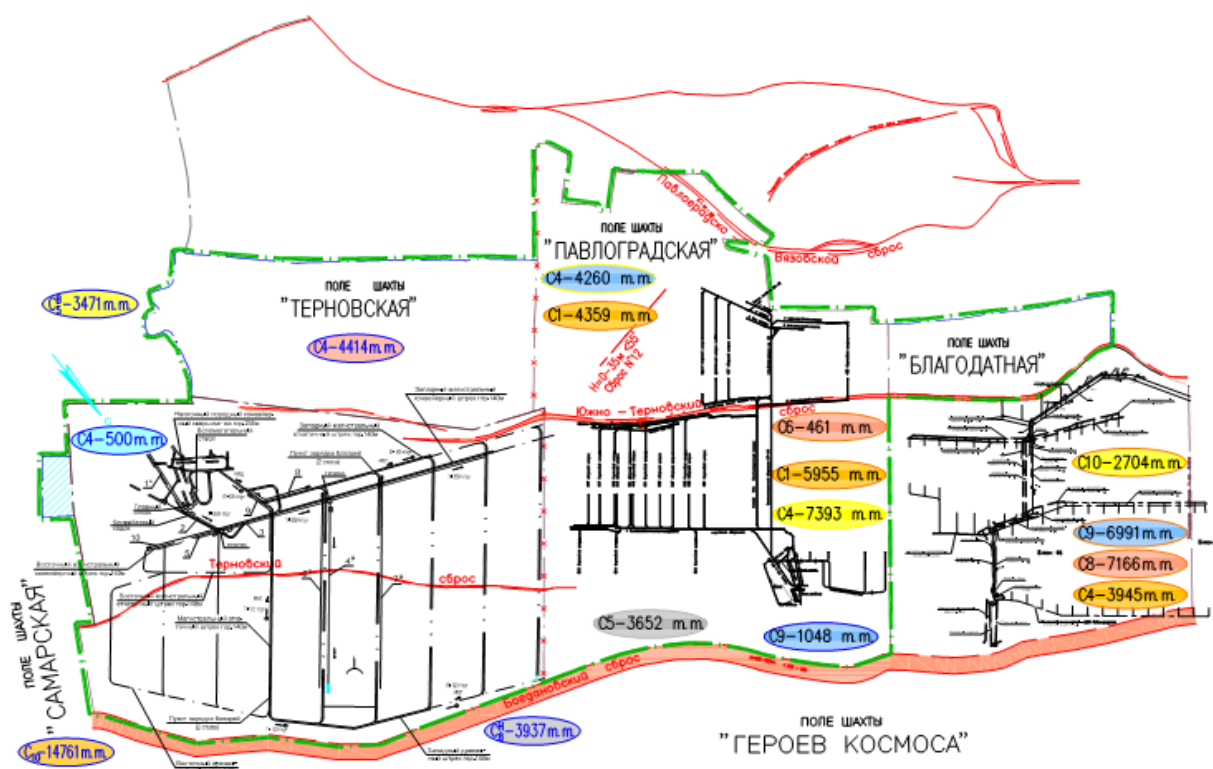


Рис. 1.1. Ситуаційний план формування вантажопотоків у межах шахтних полів шахт Павлоградського регіону Західного Донбасу

Важкі умови виконання гірничопрохідницьких робіт зумовлені, перш за все, збільшенням до 6...7 км довжини транспортування вантажів, а також тим, що на діючих ділянках шахтних полів основні технологічні процеси проведення похилих виїмкових виробок піддаються негативному впливу зовнішнього середовища, тому що виконуються в зонах дії тектонічних порушень.

Результати такого впливу на стан вентиляційного хідника шахти «Тернівська» відображені на профілі плану його маркшейдерської зйомки (рис.1.2). Шахтними дослідженнями встановлено, що внаслідок інтенсивного здимання порід підосви та значних припливів води на 25 – 40 % зменшується переріз транспортних виробок, утворюється знакомінний профіль рейкового шляху та порушується його баластний шар.

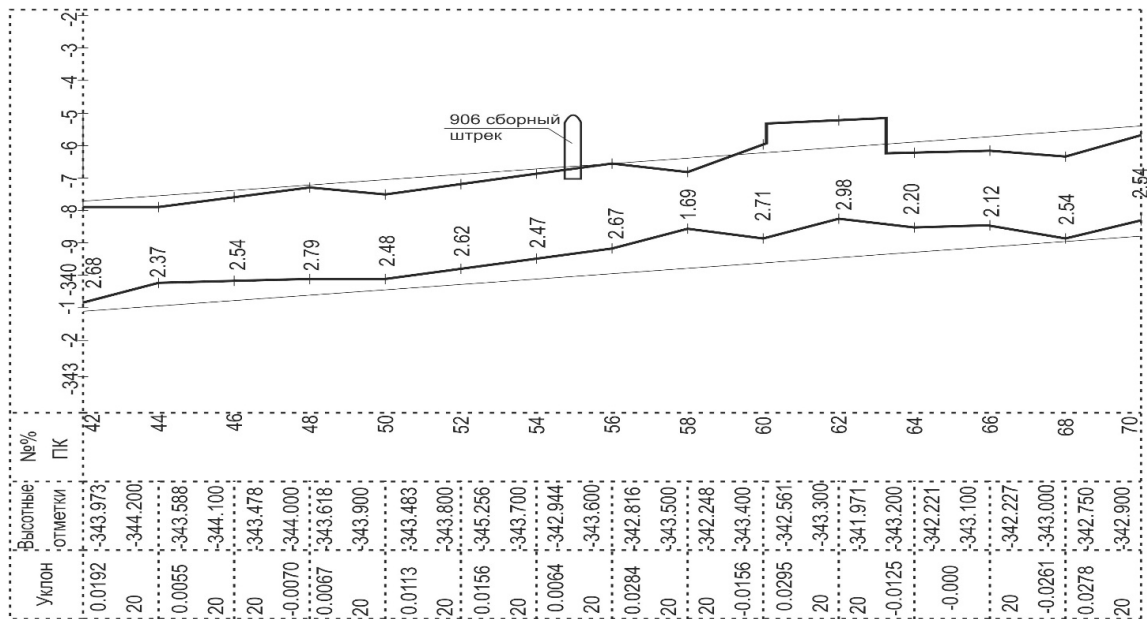


Рис. 1.2. Характерний профіль виїмкового хідника в зоні негативного впливу зовнішнього середовища

При наявності непрямолінійних ділянок шляху в подібних ситуаціях у ланцюзі основного вантажопотоку значно збільшується кількість конвеєрних установок, а при виконанні гірничопідготовчих робіт традиційні засоби допоміжного транспорту експлуатуються за межами ефективного їх застосування, бо практично вичерпали можливість свого подальшого вдосконалення.

Останнє зумовлено парадоксальною ситуацією, яка склалася в системі вугільного машинобудування – значне підвищення навантажень на транспортні виробки і повна відсутність високопродуктивного та надійного транспортного устаткування з високою адаптивною спроможністю [5].

Зазначимо, що найбільш адаптованою до змін умов експлуатації на цей час виявилася підсистема ОР, орієнтована на впровадження високопродуктивних щитових агрегатів нового покоління – механізованих кріплень типу КДД, ДМ, 1КД-99, які працюють у комплексі з комбайнами високої енергоозброєності УКД-300 та конвеєрами СПЦ-26У.

Однак при підготовці нових виїмкових стовпів у процесі переходу дрібноамплітудних тектонічних порушень утворюються скривлені в профілі та плані дільничні підготовчі виробки, тому на відміну від проектних рішень у збірних дільничних транспортних виробках встановлюють по два, а в деяких випадках по три стрічкових конвеєра. Разом з громіздким і складним у керуванні перевантажувачем ПТК вони утворюють багатоланцюгову дільничну стрічкову лінію, яка характеризується високою енергоємністю та малою надійністю [6].

Більш складна ситуація спостерігається у виробничій діяльності підсистеми ПР, де за останні десять – п'ятнадцять років дуже скоротилися темпи проведення підготовчих виробок [7]. Хронометражними спостереженнями встановлено, що підготовчі вибої, які оснащені



енергоємними прохідницькими комбайнами, значний час не працюють через відсутність взаємної ув'язки параметрів принципів транспортних схем з гірничо-геологічними умовами родовища, що розробляється, та гірничотехнічними особливостями експлуатації гірничотранспортних машин і прохідницького обладнання.

Зумовлено це тим, що для доставки матеріалів і устаткування, а також для вивезення гірської маси з прохідницьких вибоїв і виробок, що ремонтуються, в типових проектних рішеннях, як правило, передбачаються рейкові види транспорту – локомотивна або однокінцева канатна відкатки.

Рекомендовані нормативними документами [8, 9, 10] технологічні схеми і засоби допоміжного транспорту не адаптовані до умов експлуатації у виробках зі знакозмінним профілем шляху, характерним для шахт Західного Донбасу. Більше того, шахтні локомотиви АМ-8Д, що традиційно застосовуються на шахтах регіону, практично зняті з виробництва, тому за відсутності альтернативи проблема своєчасного забезпечення очисних і підготовчих вибоїв допоміжними матеріалами й устаткуванням стає дуже важливою.

Необхідність коригування системи внутрішньошахтного транспорту стала особливо відчутною в умовах доопрацювання запасів вугілля біля меж діючих шахт [84].

Зазначимо, що для стабільно працюючих шахт Західного Донбасу проблеми, пов'язані з доопрацюванням запасів вугілля, вирішуються шляхом продовження їх життєвого циклу за рахунок об'єднання шахт у шахтоуправління для спільного відпрацювання запасів, що залишилися (або тих, що додатково прирізуються), або розташованих у заскидних частинах родовища. Характерним прикладом можна вважати виробничу діяльність шахт Павлоградського району Західного Донбасу. Наприклад, для шахти «Павлоградська» технологічно доцільними варіантами продовження життєвого циклу є відпрацювання запасів вугілля малорозвіданого пласта С<sub>9</sub>, розташованого за Богданівським скидом, або пласта С<sub>8</sub> у межах шахтного поля шахти «Тернівська» [11].

Детальний аналіз умов відпрацювання пластів у межах полів цих шахт показав, що застосований у регіоні погоризонтний спосіб підготовки розвіданих запасів і його параметри не в повному обсязі відповідають фактичним гірничо-геологічним умовам розробки аналогічних пластів у заскидних частинах родовища. При цьому в загальній системі розвитку гірничих робіт діючих шахт менш адаптованими до подібних умов виявилися технологічні схеми транспорту, які використовуються при проведенні дільничних виробок [12].

Необхідно також зазначити, що неодноразові спроби впровадження високоефективного прохідницького устаткування на базі комбайнів нового покоління типу КСП-32 і ПК-110 не забезпечили запроєктовані показники проведення виробок через відсутність взаємозв'язків з діючими схемами внутрішньошахтного транспорту, які вичерпали можливості свого вдосконалення при підготовці додатково прирізаних запасів вугілля. Зумовлено це тим, що згідно з чинними нормативними документами типові технологічні схеми комбайнового проведення підготовчих виробок являють собою схему розміщення обладнання і людей відповідно до планування робіт, яка визначає послідовність і тривалість

виконання основних та допоміжних процесів і операцій. Таким чином, при обґрунтуванні темпів проведення виробок основні гірничопрохідницькі операції у привибійному просторі підготовчого вибою традиційно розглядаються відособлено від транспортних процесів і операцій.

У той же час згідно з рекомендаціями [13, 14, 15, 16, 17] основними технологічними завданнями внутрішньошахтного транспорту при проведенні підготовчих виробок є забезпечення прийому гірської маси від засобів завантаження і транспортування її за межі виробки (транспортування гірської маси), що проводиться, а також своєчасне постачання підготовчих вибоїв необхідними матеріалами та устаткуванням для конструктивного оформлення виробки (допоміжний транспорт). До транспортних операцій із забезпечення підготовчих вибоїв матеріалами та устаткуванням належить також завантаження, перевантаження і розвантаження вантажів [18]. Більше того, при веденні гірничопідготовчих робіт біля меж шахт допоміжний транспорт включає перевезення людей від пристовбурного двору шахти до підготовчих вибоїв і назад на початку і в кінці змін, а також перевезення ремонтних робітників по шахті впродовж зміни.

У зв'язку з цим процеси комбайнового проведення дільничних виробок пропонується розглядати у взаємодії з процесами транспортування вантажів у привибійній зоні й по виробці, тобто як транспортно-технологічну систему.

Проте особливості транспортних і технологічних процесів у дільничних підготовчих виробках шахт Західного Донбасу характеризуються специфікою ведення гірничих робіт в умовах інтенсивного здимання порід підшоши, слабкої стійкості бічних порід і покрівлі, а також великою кількістю води [19, 20, 21]. У зв'язку з цим діючі транспортно-технологічні схеми проведення пластових виробок включають не лише розміщення машин і механізмів для забезпечення гірничопрохідницьких робіт у привибійній зоні, але і комплекс взаємопов'язаних у часі й просторі допоміжних процесів (рис. 1.3) із забезпечення пропускної здатності виробок (відновлення проектного перерізу виробки, що проводиться, періодичне піддирання порід підшоши виробки, баластування розмитих порід ґрунту для вирівнювання профілю рейкового шляху). З урахуванням вищевикладеного основними транспортно-технологічними процесами комбайнового проведення виробок по пластах з інтенсивним здиманням порід підшоши слід вважати таке: руйнування масиву гірських порід з одночасним навантаженням гірської маси (вугілля і породи) в транспортні засоби; транспортування гірської маси в привибійній частині та по виробці; зведення постійного кріплення; настилення рейкового шляху або нарощування привибійного конвеєра, а також забезпечення пропускної здатності виробок [22].

Необхідно зазначити, що спосіб руйнування масиву і технологія зведення постійного кріплення можуть коригуватися в процесі проведення виробки залежно від гірничо-геологічних умов. Схеми ж привибійного транспорту визначаються на весь термін проведення виробки і практично не підлягають коригуванню.

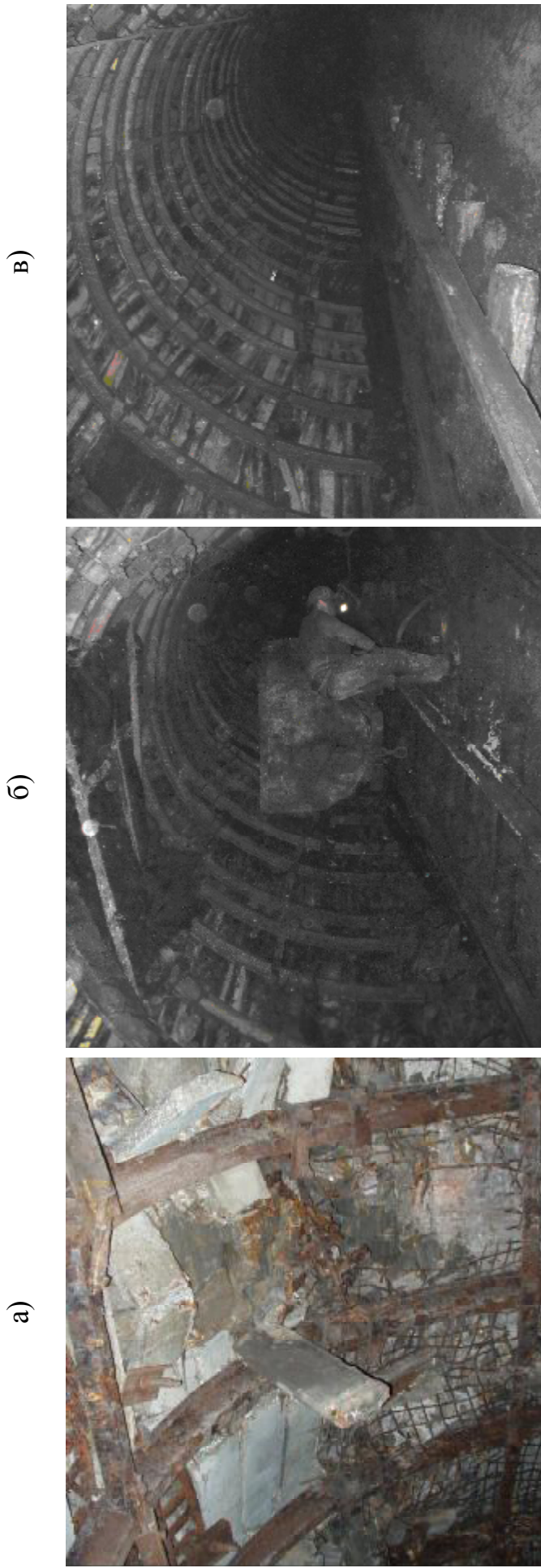


Рис. 1.3. Забезпечення пропускної здатності транспортних виробок:  
відновлення проектного перерізу виробок, що проводяться (а);  
періодичне піддирання порід підшоши (б);  
баластування розмитих порід ґрунту для вирівнювання профілю рейкового шляху (в)

За результатами аналізу особливостей експлуатації транспортно-технологічних схем при розширенні меж шахт встановлено, що причинами низьких темпів спорудження гірничих виробок із застосуванням рейкових видів переміщення вантажів досить часто є неприйнятні технологічні схеми їх проведення, а саме:

- недостатньо чітка організація навантажувально-транспортних робіт у привибійному просторі підготовчих виробок;
- несвоєчасне забезпечення вибоїв порожніми вагонетками для завантаження гірської маси;
- простої прохідницького устаткування, що пов'язано з тривалістю маневрових робіт з обміну навантажених поїздів на порожні;
- зрив графіку доставки кріпильних матеріалів;
- непродуктивні пробіги порожніх вагонеток до підготовчого вибою і завантажених у зворотному напрямку;
- неритмічне настилення рейкового шляху та ін.

Таким чином, транспортно-технологічні процеси комбайнового проведення дільничних пластових виробок необхідно розглядати як багатопараметричний об'єкт, що непередбачено змінюється в часі та вимагає постійної адаптації гірничо-прохідницького і транспортного устаткування до складних гірничо-геологічних умов.

## **1.2. Оцінка факторів, які визначають стан гірничопідготовчих робіт при проведенні дільничних виробок біля меж шахтних полів**

Загальні вимоги при обґрунтуванні параметрів технологічних схем і виборі засобів проведення дільничних підготовчих виробок, головним чином, враховують гірничо-геологічні та виробничі чинники, а також технічні можливості обраного устаткування [23, 24].

Згідно з [25, 26, 27] до гірничо-геологічних чинників, що визначають технологічні схеми комбайнового проведення пластових виробок слід віднести: потужність вугільного пласта і бічних порід, у яких споруджується виробка; кут падіння пласта; міцність вугілля і бічних порід, їх щільність, стійкість, газоносність, кількість води та ін.

До виробничо-технічних умов належать: призначення і площа поперечного перерізу виробки, її довжина, характер вибою (вугільний, порідний, змішаний), необхідні темпи проведення, термін закінчення прохідницьких робіт та ін.

З урахуванням вищеперелічених чинників традиційно обґрунтовується та або інша технологічна схема комбайнового проведення виробок, у якій головні операції виконуються паралельно, а все устаткування, необхідне для роботи комбайна, пристосоване до безперервної (потоквої) технології. Зазвичай, відповідно до типових проектів визначається схема оформлення вибою комбайном (суцільним, східчастим або уступним вибоєм), послідовність виконання робіт у привибійному просторі, а також спосіб кріплення підготовчих виробок.

У той же час на практиці встановлено, що типові технологічні схеми і рекомендації для їх застосування [22, 28] не повною мірою враховують гірничо-геологічні особливості залягання вугільних пластів Західного Донбасу і специфіку поведінки масиву гірських порід при доопрацюванні розвіданих і прирізаних запасів вугілля, при розширенні діючих меж шахти. До специфічних особливостей проведення дільничних виробок, передусім, належать: висока кількість води у вміщувальних породах; нестійкі породи покрівлі, коефіцієнт міцності яких нижчий, ніж міцність вугільного пласта; схильність порід підшви до здимання; наявність дрібноамплітудних порушень та інші.

З метою уточнення міри впливу зазначених чинників на темпи комбайнового проведення підготовчих пластових виробок при доопрацюванні запасів вугілля біля меж шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» були зібрані й узагальнені вихідні дані шахт «Благодатна», «Дніпровська», «Самарська», «Павлоградська», ім. Героїв Космосу, «Тернівська», «Степова», ім. Сташкова, «Західнодонбаська», «Ювілейна».

Експертна оцінка способів проведення виробок виконувалася з урахуванням особливостей транспортно-технологічних процесів, впливу випадкових гірничотехнічних факторів і відхилень експлуатаційних показників транспортних засобів від середніх величин. Для випадкових факторів за результатами шахтних досліджень основних і допоміжних процесів технології комбайнового проведення пластових дільничних виробок побудовано блок-схему функціонування транспортно-технологічної системи з використанням рейкових видів транспорту (рис. 1.4).

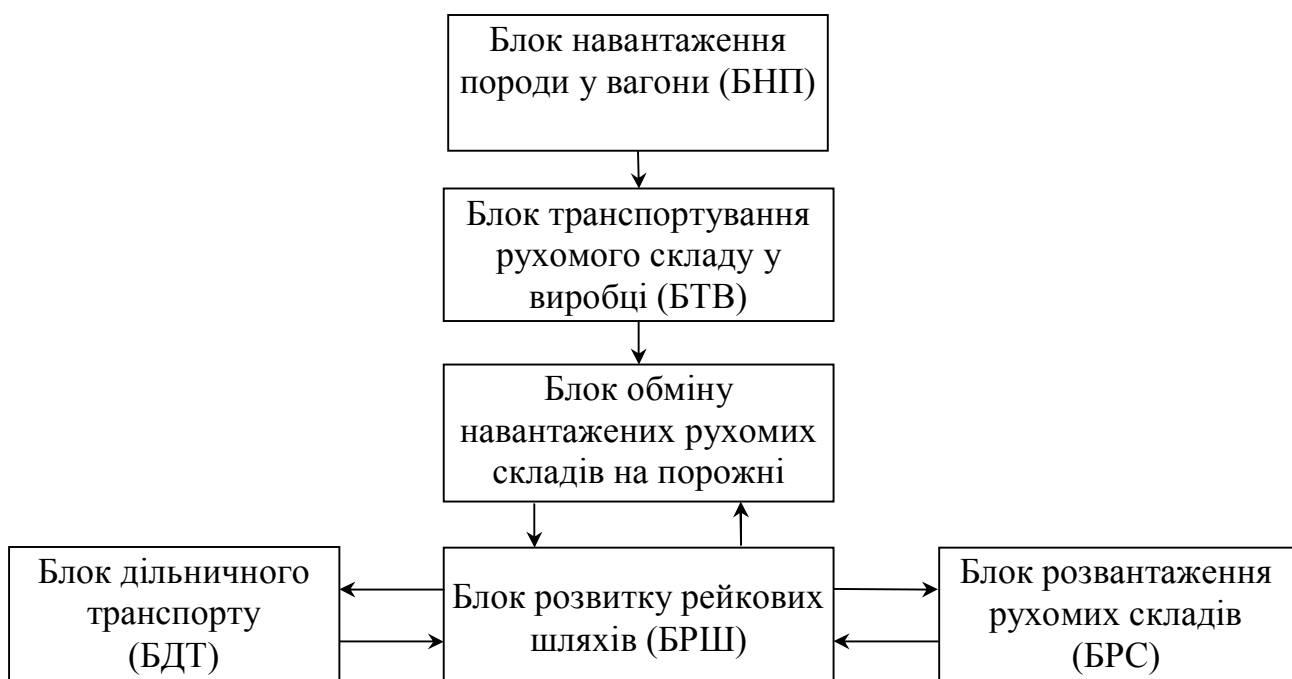


Рис. 1.4. Блок-схема функціонування транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних виробок

Наведена на рис. 1.4 транспортно-технологічна система видалення гірської маси за межі підготовчої виробки включає характерні для рейкових видів транспорту процеси й операції, об'єднані за функціональним призначенням у самостійні блоки (підсистеми), а саме: блок навантаження породи в шахтні вагони (БНП), блок транспортування рухомого складів по виробці (БТВ), блок обміну навантажених рухомих складів на порожні (БОС), блок розвитку рейкових шляхів у привибійній зоні та по виробці (БРШ), а також блок розвантаження рухомих складів (БРС).

Сформовані в блоках процеси, в свою чергу, є системами з притаманними для них подіями. Тому гірничо-геологічні й технічні фактори, які найбільш суттєво впливають на темпи проведення підготовчих виробок, було згруповано для кожного блоку та розподілено на основні й випадкові відповідно до типу прохідницького і транспортного обладнання [29, 30].

Зауважимо, що продуктивність транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок шахт Західного Донбасу зумовлена, насамперед, гірничотехнічними умовами роботи, які постійно змінюються, утворюючи складну систему внутрішньошахтного транспорту. Тому темпи проведення виїмкових виробок, а також величини вантажопотоків породи, що плануються, встановлюються з урахуванням продуктивності прохідницького і транспортного устаткування, що застосовується [11, 31, 32].

Враховуючи динаміку ведення підготовчих робіт і зміни довжини проведених виробок, інтенсивність вантажопотоків породи і пропускна здатність транспортно-технологічних схем повинні постійно коригуватися. У зв'язку з цим інтенсивність вантажопотоків породи по підземних гірничих виробках визначається виразом:

$$i_{o.b} = \frac{k U}{L_{o.b}}, \quad (1.1)$$

де  $U$  – вантажопотік гірської маси від підготовчих вибоїв в одиницю часу, т;  $k$  – коефіцієнт відношення обсягу породи від проведення виробок до обсягу видобутого вугілля;  $L_{o.b}$  – середньодинамічна довжина відкотних виробок.

На практиці змінна номінальна пропускна здатність транспортної установки визначається плановим завданням на зміну ( $U_{зм}$ ). Таким чином:

$$P_{зм.н} = U_{зм},$$

Номінальна пропускна здатність транспортної установки має таку формулу:

$$P = \frac{m U_{зм}}{T}, \text{ т/зм.} \quad (1.2)$$

де  $m$  – час періоду, що розглянуто, ч;  $T$  – тривалість зміни, ч.

Середньозмінний вантажопотік породи від підготовчих вибоїв, а відповідно й продуктивність блоку навантаження гірської маси у вагони,

встановлюються згідно з перерізом виробки у проходці ( $S$ ), запланованими темпами її проведення ( $L_n$ ), а також з урахуванням гірничо-геологічних і гірничотехнічних факторів.

До основних факторів, які характеризують блок подання породи від комбайна в шахтні вагони (БНП), були віднесені:  $V$  – тип вибою (суцільний, уступний);  $S$  – площа поперечного перерізу виробки у світлі й у чорні;  $k$  – коефіцієнт присічки порід;  $\alpha$  – кут виробки;  $L_y$  – довжина виробки;  $T_{пр}$  – час проходження виробки комбайном.

До характерних причин нестабільної роботи підготовчих вибоїв і блока навантаження породи в шахтні вагони можна віднести невідповідність схем організації та управління роботою гірників, а також застосування привибійних транспортних комплексів, що не мають можливості подальшого свого вдосконалення.

У результаті шахтних досліджень встановлено, що через недосконалість схем розташування у привибійному просторі комплектів транспортного устаткування і сполучення транспортних процесів і операцій у часі з гірничопрохідницькими роботами близько 30 % підготовчих вибоїв працюють за застарілими циклічними (без поєднання процесів у часі) технологічними схемами з використанням рейкових видів транспорту для вивезення гірської маси і доставки допоміжних матеріалів і устаткування [33, 34].

Беручи до уваги результати хронометражних спостережень, було також встановлено, що при експлуатації привибійних прохідницьких комплексів без перевантажувачів, коли завантаження гірської маси здійснюється безпосередньо у вагонетки, комбайн зупиняють через кожні 10 – 15 хвилин для заміни навантаженої вагонетки на порожню, а коефіцієнт машинного часу комбайна при цьому не перевищує 15 %.

Дослідженнями виробничих ситуацій також встановлено, що під час переходу геологічних порушень або проведення виробок у межах пластів з неоднорідною структурою неодноразово виникають питання доцільності зміни напрямку виробки, роздільного або суцільного виймання, а також застосування відповідного виду транспорту і прохідницького устаткування. Залежно від характеру порушень вирішення подібних ситуацій досить часто вимагає зупинки вибою на тривалий термін і залежить від характеристик кріплення, зольності вугільного пласта, об'ємів проведення виробки, трудомісткості робіт і наявності альтернативного устаткування. Наприклад, мінімальна довжина виробки, при якій доцільне застосування прохідницьких комбайнів легкого типу ГПКС, згідно з розрахунком складає 250 – 300 м. Зі зміною напрямку виробки в профілі й плані, збільшенням їх протяжності, а отже, і довжини, продуктивність традиційних рейкових видів транспорту знижується і при переміщенні її вибою від гирла на відстань понад 350 – 500 м лімітує швидкість проведення самої виробки [35].

Для більш детальнішого аналізу причин зупинки підготовчих вибоїв з вини транспорту схеми комбайнового проведення дільничних пластових виробок, які застосовуються в регіоні, були класифіковані за видами гірничопрохідницького і транспортного устаткування (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Класифікація схем комбайнового проведення виробок  
за видом транспортного устаткування

Назва шахти	Транспортно-технологічна схема проведення виробки (кількість вибоїв)								
	ГПКС ↓ локомотивний транспорт	ГПКС ↓ ДКН	ГПКС ↓ ЛВ-25	КСП-32 ↓ локомотивний транспорт	КСП-32 ↓ ДКН	КСП- 32 ↓ ЛВ- 25	4ПП-2М ↓ локомотивний транспорт	4ПП-2М ↓ ДКН	4ПП-2М ↓ ЛВ-25
Тернівська	3	2	1	–	–	–	–	–	–
Павлоградська	2	9	–	–	–	–	–	–	–
Степова	–	–	6	4	–	–	3	–	1
Ювілейна	1	–	4	1	–	1	1	–	–
Самарська	4	2	–	–	–	–	2	–	–
Дніпровська	–	5	–	–	–	–	–	1	1
ім. Героїв Космосу	–	7	–	–	–	–	1	1	–
Західно- Донбаська	–	–	–	1 шт. (1П-110)	1+2 шт. (1П-110)	–	2	2	–
Благодатна	3	–	2	–	2	–	–	–	–
ім. Сташкова	2	–	1	–	–	1	2	1	3

Особливістю принципів комплектування привибійних транспортно-технологічних комплексів, що наведені в табл. 1.1, є те, що вже за типом прохідницьких комбайнів, які використовуються на шахтах регіону, можна отримати достовірну інформацію про умови їх експлуатації.

Сферою ефективного застосування прохідницьких комбайнів ГПКС є виробки з несучою здатністю порід підосви 0,05 – 0,1 МПа, а комбайнів важкого типу (4ПП2) більше ніж 0,1 МПа. Несуча здатність порід підосви і їх в'язко-пластична характеристика висувають підвищені вимоги до вибору виду транспортних засобів та пропускної здатності транспортних виробок [36].

При комбайновому проведенні виробок з використанням надґрунтових канатних доріг як єдиного транспортного засобу можливе об'єднання деяких процесів і операцій [37, 38]. Тому в даній блок-схемі функції блоку формування навантажених складів оцінювалися спільно з блоком навантаження породи комбайном у вагони рухомих склади. З урахуванням особливостей застосовуваних схем проведення виробок при оцінці стану блоку навантаження гірської маси в транспортні засоби, крім зазначених вище факторів, додатково розглядалися ще такі:  $a_1$  – місткість завантажених вагонеток на вантажному пункті;  $a_2$  – місткість порожніх вагонеток на заїзді або роз'їзді;  $a_3$  – обсяг вантажу, що надходить на навантаження за інтервал  $\Delta t$ ;  $a_4$  – місткість вантажної гілки навантажувального пункту;  $a_5$  – місткість порожньої гілки біля навантажувального пункту;  $a_{CP}$  – середнє надходження вантажу на навантаження за цикл виймання. За результатами шахтних досліджень встановлено, що наведені фактори разом з маневровими операціями з обміну навантажених вагонеток на порожні істотно впливають не тільки на пропускну здатність транспортних виробок, але й на продуктивність самого комбайна.



Зумовлено це тим, що більшість привибувних транспортних комплексів на шахтах Західного Донбасу обладнані причіпними перевантажувачами для перевантаження гірської маси від комбайна до сформованих рухомих складів вагонеток або на штрековий скребковий (стрічковий) конвеєр. При відкатці гірської маси у вагонетках причіпні перевантажувачі дозволяють розмістити під ними рухомий склад з 4 – 6 вагонеток типу ВГ-3,3, що уможлиблює впродовж деякого часу проведення виробок без збільшення довжини рейкових шляхів. Проте знакозмінні профілі рейкового шляху, викликані інтенсивним здиманням порід підосви, не забезпечують пропускну здатність транспортних виробок. У результаті по виробці фактично транспортують 1 – 2 вагонетки замість 4 – 6. Більше того, велика кількість води у вибоях унеможлиблює застосування перспективних видів самохідного транспорту, що переміщуються по підосві протяжних виробок [15, 38, 39, 40].

Слід також зазначити, що при інтенсифікації гірничопідготовчих робіт процедура формування схем дільничного транспорту повинна враховувати не тільки особливості проведення виробок, види транспорту та їх характеристики, але і специфіку управління транспортно-технологічними процесами гірничого виробництва. Однією з основних причин нерівномірності роботи підготовчих вибоїв є недоліки в організації і технології процесів транспортування. Наприклад, одним з вагомих факторів, що стримують підвищення темпів комбайнового проведення виїмкових виробок, є операція з обміну навантажених вагонеток на порожні. За даними ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», на деяких шахтах регіону середній час очікування порожніх вагонеток досягав 60 – 75 хвилин на одну раму кріплення, що призводило до збільшення середнього часу циклу установки однієї рами до 80 – 110 хвилин. Основна причина – це відсутність оперативного і надійного зв'язку між різними за видом виконання транспортно-технологічними процесами і діючими схемами маневрових операцій.

Зазначимо також, що при транспортуванні з підготовчих вибоїв породи по слабопохилих виїмкових виробках цикл транспортно-обмінних процесів і операцій із застосуванням рейкових видів транспорту традиційно включає такі види робіт: руйнування масиву гірських порід з одночасним навантаженням гірської маси у вагонетки; транспортування завантажених вагонів по проведеній виробці; маневрові операції, пов'язані з обміном навантажених вагонеток на порожні; формування порожніх потягів і транспортування їх у вибій; формування навантажених потягів для руху до стовбура; рух навантажених потягів до стовбура; очікування черговості вивантаження навантажених потягів; розвантаження завантажених потягів у пристовбурному дворі; формування у пристовбурному дворі порожніх потягів; рух порожніх потягів до гирла виробки.

При застосуванні схем з різними видами рейкового транспорту для виконання операцій з обміну навантажених вагонів на порожні в гирлі виробки спеціально облаштовують заїзди (горизонтальні, похилі, тупикові) або замкнуті роз'їзди [41].

Для обслуговування операцій з обміну вагонів у тупикових заїздах зазвичай використовують два електровози, а з робітників прохідницької ланки додатково виділяють одного або двох гірників для виконання допоміжних робіт при маневрах потягу (передача звукових і світлових сигналів, переведення стрілок, устанавлення і зняття гальмових башмаків та ін.). З причини відсутності коштів оперативного управління це істотно знижує темпи проведення виробок.

Типова схема транспортування породи надгрунтовою канатною дорогою по проведених виїмкових виробках і обміну навантажених потягів на порожні із застосуванням електровозів наведена на рис. 1.5, вона включає багато операції, які можна записати так:

$$t_{\text{зар}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18}, \quad (1.3)$$

де  $t_1$  – час руху електровоза № 1 (Е № 1) на довжину  $l_1$  по східному відкотному штреку (СВШ) – позиція 1;  $t_2$  – час руху буксирного візка (БВ) з навантаженими вагонетками із заїзду на магістральний вентиляційний штрек (МВШ) по СВШ (позиція 2);  $t_3$  – час переведення стрілки СП1 з СВШ на роз'їздах (позиція 3);  $t_4$  – час заштовхування завантаженого потягу на акумулюючий роз'їзд;  $t_5$  – час на встановлення гальмового башмака (ГБ) під завантажений потяг (позиція 3);  $t_6$  – час перестановки БВ із завантаженого потягу на порожній (позиція 4);  $t_7$  – час відчеплення Е № 2 від порожнього потягу (позиція 4);  $t_8$  – час заїзду Е № 2 на роз'їзд з вантажним потягом (позиція 4);  $t_9$  – час причеплення Е № 2 до вантажного потягу і відчеплення завантаженої вагонетки № 6;  $t_{10}$  – час виїзду Е № 2 з роз'їзду на СВШ з навантаженим вагоном В6 (позиція 4);  $t_{11}$  – час проштовхування порожнього потягу Е № 2 із завантаженою вагонеткою В6 на праве крило СВШ до електровозу Е № 1 (позиція 4);  $t_{12}$  – час заїзду БВ з порожнім потягом з СВШ на магістральний вентиляційний штрек (МВШ) (позиція 5);  $t_{13}$  – час зворотного руху Е № 2 на вихідну позицію (позиція 4);  $t_{14}$  – час стрілкового переведення СП2 з СВШ на роз'їзд;  $t_{15}$  – час заїзду Е № 2 до навантаженого потяга і зняття башмаків ГБ (позиція 5);  $t_{16}$  – час виїзду Е № 2 з вантажним потягом на СВШ (позиція 5);  $t_{17}$  – час руху Е № 1 з вантажним вагоном В1 з правого крила СВШ до завантаженого потягу з Е № 2;  $t_{18}$  – час зчеплення вагона В1 з потягом.

Характерні для шахт регіону технології управління маневровими операціями і процесами переміщення вантажів канатними дорогами в обводнених і криволінійних виробках з інтенсивним здиманням порід ґрунту належать до категорії найбільш трудомістких і небезпечних [42].

Хронометражними спостереженнями встановлено, що під час застосування різних видів транспорту такі фактори, як очікування порожнього потягу і маневрові операції з обміну навантажених вагонеток на порожні, істотно впливають на пропускну здатність транспортних виробок [27].

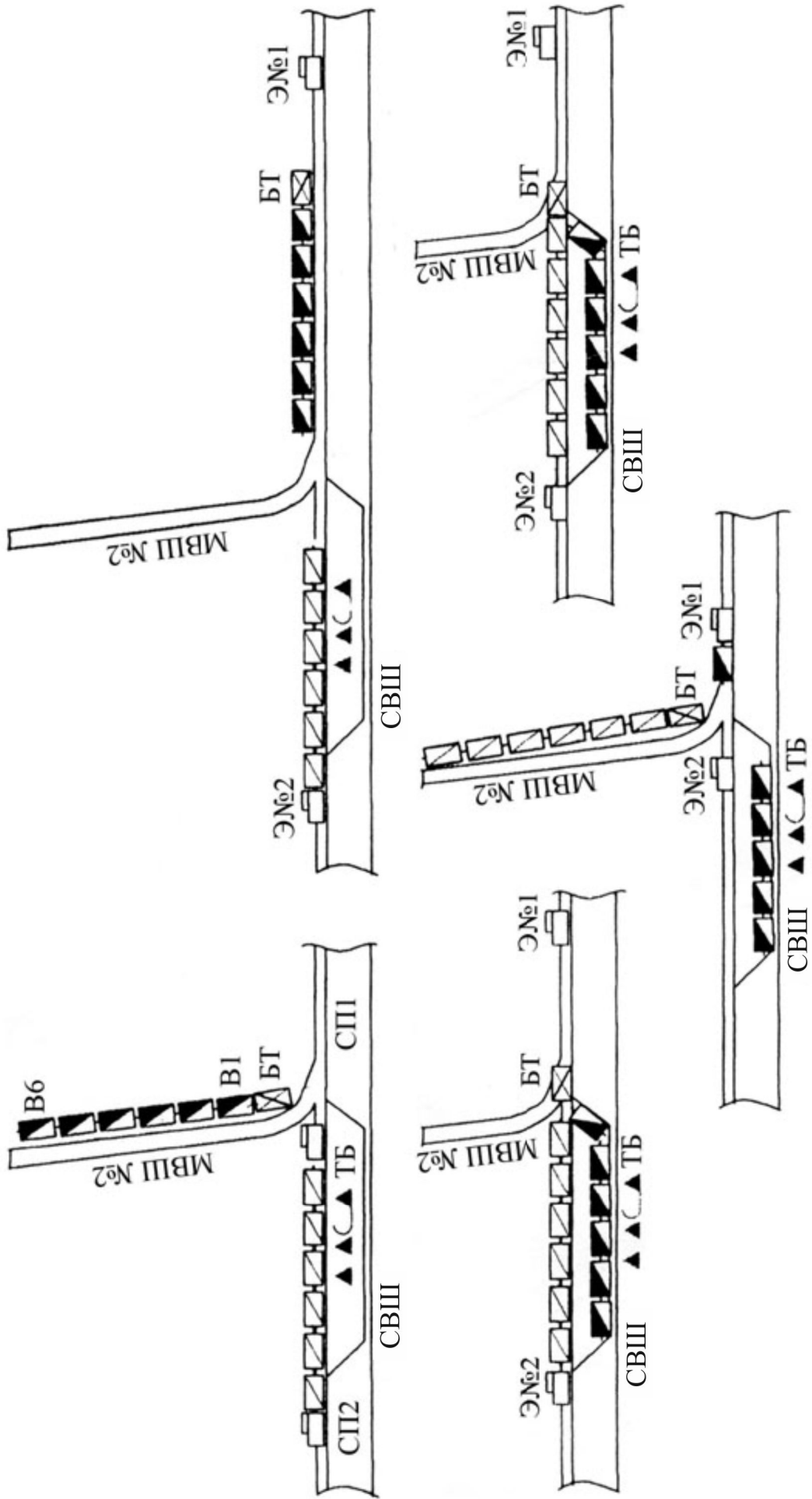


Рис. 1.5. Схема маневрових операцій з обміну навантажених вагонеток на порожні при проведенні дільничних підготовчих виробок

Доведено, що забезпечити плановані темпи проведення виробок в екстремальних виробничих ситуаціях можна шляхом створення оперативно керованих транспортно-технологічних систем на базі надгрунтових канатних доріг нового покоління (типу ДКНП-1,6) з автоматизованою системою управління технологічними процесами.

Необхідно зазначити, що базовими елементами функціональних блоків, наведених на рис. 1.4, є рухомий склад, наявність розгалуженої мережі рейкового шляху і його компоненти (стрілкові переводи, заїзди, роз'їзди та інше), що становлять у цілому блок колійного розвитку.

Характерним прикладом блоку колійного розвитку при доопрацюванні запасів вугілля біля межі шахтних полів є типові комбіновані схеми транспортування породи надгрунтовими канатними дорогами по похилих дільничних підготовчих виробках з подальшою передачею навантажених вагонеток на горизонтальні магістральні виробки для доставки їх шахтними локомотивами до пристовбурного двору. При застосуванні таких технологічних схем загальна довжина транспортування породи в підземних виробках досягає 6 – 7 км. У зв'язку з цим як основні характеристики блоків транспортування вагонеток по виробках і як колійний розвиток розглядаються такі чинники, як:  $P$  – типи рейок і шпал;  $S_K$  – ширина колії;  $i$  – ухил шляху;  $R_{min}$  – мінімальний радіус закруглення колії;  $C$  – тип стрілкових переводів;  $\alpha$  – підхил рейкового шляху;  $\Delta h$  – перевищення однієї рейки над іншою;  $\Delta S_K$  – розширення (звуження) колії;  $k$  – число шляхів на ділянці;  $L_y$  – довжина, яка виражена часом проходження локомотивом ділянки шляху, що відповідає даному стану.

Детальний аналіз роботи підготовчих вибоїв із застосуванням наведених комплектів гірничопрохідницького устаткування показав різноманітність техніко-економічних показників проведення виробок. Шахтними дослідженнями встановлено, що в реальних умовах на швидкість проведення підготовчих дільничних виробок найбільш суттєво впливають гірничо-геологічні, гірничотехнічні та організаційні чинники, характерні тільки для конкретно розглянутої транспортно-технологічної схеми.

У процесі експертної оцінки істотний вплив на темпи проведення виробок роблять також і такі організаційні фактори, як чисельність прохідницьких бригад і ланок, а також фактор професійної підготовки гірників підготовчого вибою.

### **1.3. Проектні рішення в галузі вдосконалення транспортно-технологічних схем підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахтних полів**

Аналіз пропускної здатності підготовчих виробок показав, що у 36,4 % виробках, що споруджуються, вивезення гірської маси і забезпечення вибоїв допоміжними матеріалами здійснюється локомотивним транспортом, 39,8 % підготовчих вибоїв обслуговуються надгрунтовими канатними дорогами типу ДКН, а в 23,8 % – це транспортування вантажів по виробках однокінцевими канатними установками із заїздами на горизонтальних ділянках.

У процесі аналізу технічних рішень з комплектації гірничо-прохідницького і транспортного устаткування для шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» виявлено, що проектні підрозділи до цього часу керуються нормативними документами застарілих зразків [9, 43], принципи яких не враховують особливості проведення дільничних виробок у складних гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу.

На практиці доцільність застосування на шахтах регіону того або іншого виду підземного транспорту визначається за результатами розрахунків їх тягових характеристик. Проте в нетипових умовах експлуатації рейкових видів дільничного транспорту традиційні методики [7] не враховують вплив випадкових факторів шахтного середовища і відхилення їх показників від середніх величин. Більше того, вимоги енергозбереження та інтенсифікації гірничих робіт передбачають необхідність враховувати не лише особливості видів транспорту і їх експлуатаційні характеристики, але і специфіку ведення гірничого виробництва в складних гірничо-геологічних умовах [44, 45, 46].

Інтенсифікація очисних робіт і вдосконалення процесів гірничого виробництва в технологічних підсистемах діючих шахт вугільної галузі нашої країни і за кордоном пов'язані з упровадженням високопродуктивних комплексів шахтного устаткування нового покоління [47]. Результатами заходів з інтенсифікації гірничого виробництва є реконструкція діючих шахт з приростом їх потужності, підвищенням навантаження комплексно-механізованих вибоїв і своєчасною підготовкою запасів до очисного виймання. При раціональних засобах та рівні досягнень інтенсифікації сучасна шахта розглядається як система, що розвивається, а також як впорядкована сукупність об'єктів, функціонування яких у часі й просторі реалізує підземний спосіб видобутку вугілля, орієнтований на перспективу. У той же час більшість діючих шахт Західного Донбасу як реальні динамічні системи практично пройшли основні етапи життєвого циклу (будівництва, експлуатації в режимі проектної потужності) і знаходяться на стадії реконструкції. У зв'язку з цим проектні рішення шахти, орієнтовані на перспективу, повинні передбачати стійкість до старіння, відповідати дійсності й вимогам майбутнього.

Основними напрямками реконструкції гірничих підприємств регіону є прирізка додаткових запасів або об'єднання полів декількох шахт шляхом створення єдиної системи капітальних і підготовчих виробок з використанням діючих основних виробничих фондів (очисні вибої, транспортне, прохідницьке й очисне устаткування, під'їзні дороги, лінії електропередач і зв'язку та ін.) [48]. Як базове підприємство, що розглядає дані напрями реконструкції, є шахта «Павлоградська», поле якої обмежене великими геологічними порушеннями.

На цьому етапі виробничої діяльності шахта «Павлоградська» практично відпрацювала розвідані запаси вугілля на діючих горизонтах, що знаходяться на невеликій глибині. Виробничою програмою підприємства на перспективу намічено розкриття пластів, що розташовані нижче. Проте через відсутність капітальних вкладень для відтворення основних фондів і підтримки діючої потужності шахти продовження терміну її діяльності стало проблемою. Тому

для підтримки сучасного рівня інтенсифікації робіт з видобутку вугілля поля шахт «Павлоградська» та «Тернівська» об'єднані в шахтоуправління. Виробничою програмою шахтоуправління планується вдосконалення систем розробки, схем підготовки та внутрішньошахтного транспорту діючих шахт за рахунок переобладнання основних і допоміжних технологічних ланок, що надасть можливість:

- шахті «Тернівська» здійснити розкриття, підготовку і розробку пластів  $C_4$  і  $C_1$  у межах поля шахти «Павлоградська» з подальшою доставкою вугілля до її пристовбурного двору по діючих транспортних виробках і видаванням на поверхню;

- шахті «Павлоградська» вести спільну розробку запасів пласта  $C_8$ , розташованих за Богданівським скидом;

- шахтоуправлінню «Павлоградське» продовжити життєвий цикл обох шахт за рахунок планомірного відпрацювання спільних запасів, ефективно розподіляти інвестиції для підтримки раціональної виробничої потужності, вирішити соціальні проблеми регіону [49].

У зв'язку з вищевикладеним у цій роботі розглядаються питання вибору та обґрунтування раціональних параметрів транспортно-технологічної системи розкриття і підготовки запасів вугілля, що прирізуються, розташованих за Південно-Тернівським і Богданівським скидами. Передбачається, що це рішення дозволить підтримати виробничу потужність шахти в період розкриття і підготовки пластів, що розташовані нижче, а також відпрацювати додаткові запаси. Вибір пріоритетного напрямку і способу вирішення технологічної задачі оцінюється на прикладі розкриття пласта  $C_9$ .

В умовах багатоваріантності можливих проектних рішень при підготовці малорозвіданих запасів, що прирізуються, очевидною стає проблема адаптації транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних виробок до складних гірничо-геологічних умов залягання пластів у заскидних частинах родовища.

Аналіз існуючих методів і рекомендацій щодо розробки раціональних транспортно-технологічних схем підготовки довів відсутність комплексного підходу і методичного забезпечення досліджуваної проблеми. Критичний аналіз методичних положень, рекомендацій і нормативних документів, які діють до цього часу, показав, що розробкою методології проектування й оптимізацією параметрів систем розкриття і підготовки запасів шахт Західного Донбасу понад 50 років займалися наукові колективи Дніпродіпрошахт, НГУ, ІГС ім. О.О. Скочинського, Всесоюзний науково-дослідний маркшейдерський інститут (ВНДМІ), Всесоюзний науково-дослідний інститут організації та механізації шахтного будівництва (ВНДІОМШБ), та ПАТ «ДТЕК Павлоград-вугілля». В опублікованих роботах [9, 43, 50 – 53] і рекомендаціях прогресивних технологічних схем [9, 14] висвітлена роль транспорту при розкритті й підготовці нових горизонтів діючих шахт, проте відсутні вагомі аргументи, що надають право розглядати процеси комбайнового руйнування масиву, навантаження гірської маси в засоби транспортування і власне її транспортування до місць перевантаження як єдиний транспортно-

технологічний процес, пов'язаний у часі з процесами кріплення й оформлення вибою в складних гірничо-геологічних умовах.

Зазначимо, що окремі питання вдосконалення технології комбайнового проведення і підтримки гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах відображені в роботах [25, 32, 54 – 56]. Значним внеском у розробку технологічних схем і типових паспортів раціонального розташування, кріплення, охорони і підтримки підготовчих виробок є дослідження, що наведені в роботах [10, 32, 50, 53, 56 – 63].

У роботі [27] автори розглядають структуру проведення штреку по вугіллю з присічкою породи. Під структурою об'ємів гірничопідготовчих робіт розуміється розподіл об'ємів проведення підготовчих, нарізних та інших виробок відповідно до факторів, що визначають використання засобів механізації і загальну трудомісткість робіт. До числа факторів, що формують структуру об'ємів гірничо-підготовчих робіт, належать кут нахилу виробки, напрям проведення (вгору, вниз), площа перерізу виробки, характер вибою (вугільний, змішаний, порідний), присічка порід та їх коефіцієнт міцності.

Проте у зв'язку з віддаленням вибою виробки, що проводиться, від її гирла структура об'ємів гірничо-підготовчих робіт у часі безперервно змінюється в бік ускладнення умов виконання робіт і збільшення їх трудомісткості передусім унаслідок збільшення довжини транспортування вантажів по виробці та її провітрювання.

Однак зазначені фундаментальні дослідження не розкривали взаємозв'язків між процесами проведення виробок, транспортуванням гірської маси, доставки до вибою допоміжних матеріалів і устаткування.

У фундаментальних роботах [54, 64 – 66] питання формування шахтних вантажопотоків і проектування систем допоміжного транспорту розглядалися в масштабі всієї шахти. Спеціальних досліджень взаємодії системи дільничного транспорту з процесами комбайнового проведення виробок, тобто з позиції впливу транспортних процесів на структуру об'ємів гірничо-підготовчих робіт у часі, не виконувалося [67].

Відмічаючи значну наукову цінність досліджень, виконаних попередниками, слід зазначити, що низка питань з обґрунтування раціональних параметрів комбайнового проведення дільничних виробок по пластах з активним здиманням порід підшви пов'язана з пропускнуою здатністю транспортних виробок, яка визначається експлуатаційними параметрами транспортних засобів та їх адаптаційною здатністю.

З урахуванням вищевикладеного в основу цих досліджень уперше було покладено ідею синтезу закономірностей взаємодії технологічних і транспортних процесів для обґрунтування пропускнуої здатності дільничних підготовчих виробок і розробки рекомендацій щодо вибору раціональних параметрів енергозбережної технології комбайнового їх проведення у процесі підготовки запасів вугілля, які розробляються при розширенні меж діючої шахти.

У практиці сучасного проектування транспортно-технологічних процесів використовують банк вихідних даних, який включає: технологічні схеми і плани гірничих робіт з розташуванням устаткування і характеристиками основних і допоміжних вантажопотоків; дані первинного обліку і звітності про фактичні гірничотехнічні показники роботи підготовчих вибоїв і системи внутрішньошахтного транспорту; результати хронометражних спостережень і статистичних досліджень роботи і простоїв підготовчих вибоїв; розрахункові коефіцієнти машинного часу гірничопрохідницького і транспортного устаткування; відомості про чисельний склад прохідницьких ланок і бригад, їх розміщення відповідно до процесів і операцій та інше.

Для вирішення проблеми продовження життєвого циклу шахтоуправління «Павлоградське» на стадії визначення раціональних проектних рішень розглядалися можливі базові варіанти вдосконалення транспортно-технологічних схем підготовки запасів вугілля при розширенні діючих меж шахт, а саме:

- проведення «похилих квершлагів» від магістральних виробок поблизу Богданівського скиду безпосередньо до пласта;

- проведення сліпого стовбура від магістральних виробок поблизу Богданівського скиду до горизонту блоку, що прирізується, з подальшим проведенням магістральних виробок безпосередньо до пласта;

- поглиблення діючих стовбурів до горизонту блоку, що прирізується, з подальшим проведенням капітальних горизонтальних виробок безпосередньо до пласта. Графічна інтерпретація цих варіантів подана на рис. 1.6.

Використовуючи метод рангової кореляції, для подальшої розробки було вибрано перший варіант, який передбачає проведення розкривного похилого квершлагу з 1-го північного магістрального відкотного і конвеєрного штреків від меж шахтного поля у Богданівського скиду до центральної частини ділянки, що прирізується. Цей варіант має такі переваги порівняно з іншими:

- не виникає особливих технологічних і технічних труднощів при проведенні головних розкривних виробок і подальшому монтажі необхідного устаткування для розробки блоку;

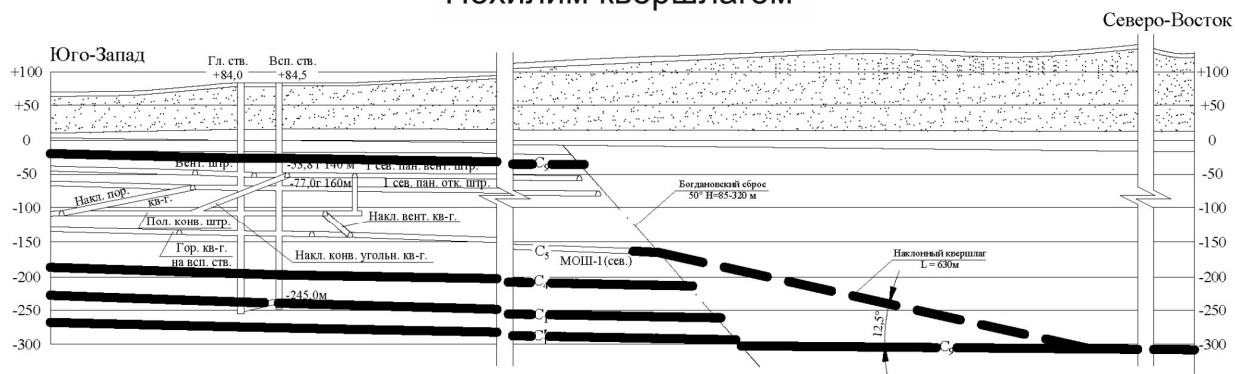
- значно менші капітальні й експлуатаційні витрати для розкриття запасів;

- максимальне використання підземної інфраструктури (транспортна мережа, провітрювання), що залишилася після відпрацювання пласта С<sub>5</sub> [42, 68].

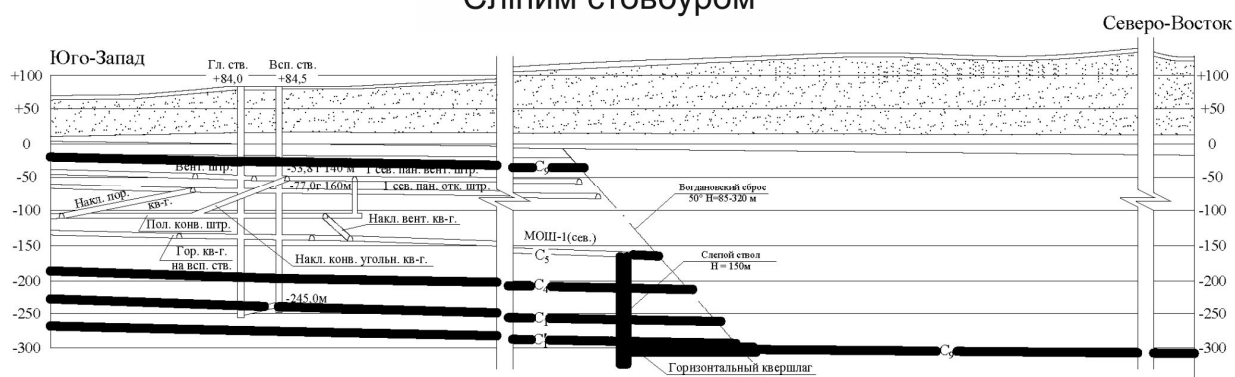
Зазначимо, що до подальших завдань оцінки основних показників роботи транспортно-технологічних схем підготовки запасів, що прирізуються, належать швидкість проведення виробок і продуктивність праці прохідників при застосуванні комплексів прохідницького і транспортного устаткування нового покоління. Проте внаслідок відсутності нормативних документів і рекомендацій на розробку технологічних схем виконання гірничопрохідницьких робіт з використанням комплексів прохідницького і транспортного устаткування нового покоління необхідно було сформулювати вихідні вимоги і рекомендації на проектування процесів підготовки запасів



## Похилим квершлагом



## Сліпим стовбуром



## 3 поглибленням стовбурів і проведенням квершлягу

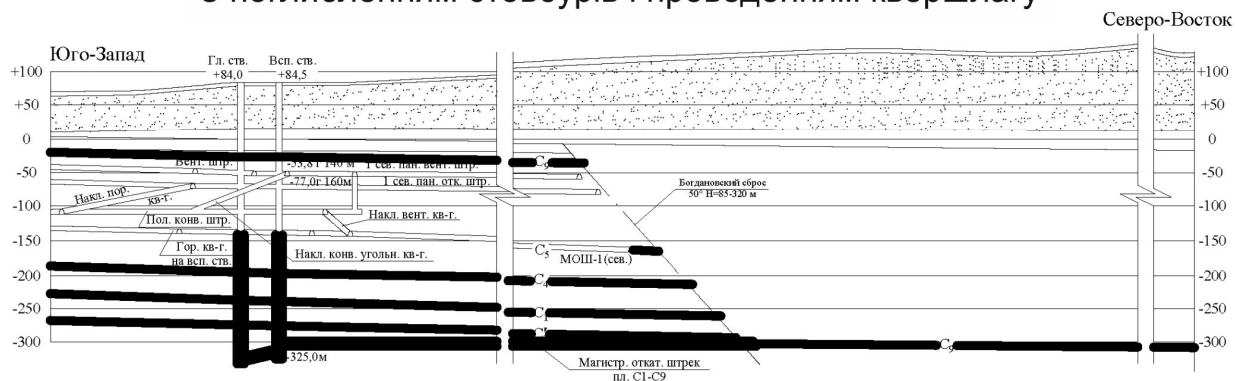


Рис. 1.6. Варіанти вдосконалення транспортно-технологічних схем розкриття і підготовки додаткових запасів вугілля при розширенні меж діючих шахт Західного Донбасу

вугілля, що додатково прирізаються до шахтного поля. Ці завдання можуть бути вирішені лише шляхом обліку комплексного впливу гірничо-геологічних, технологічних, технічних і організаційних чинників на основні показники проведення гірничих виробок [21].

Враховуючи різноманітні чинники, відповідно до розробленої програми і методики досліджень комплексне завдання обґрунтування транспортно-технологічної системи розкриття і підготовки запасів при розширенні шахтного поля вирішувалося в два етапи.

На першому етапі з урахуванням гірничо-геологічних умов ділянки, яка прирізується, і гірничотехнічних особливостей підготовки досліджувався характер формування вантажопотоків з підготовчого вибою, структура об'ємів гірничо-підготовчих робіт у часі, параметри взаємодії навантажувально-транспортних процесів і операцій з процесами прохідницького циклу та обґрунтовувалися модель і методика функціонування енергозбережної транспортно-технологічної схеми комбайнового проведення дільничних виробок в умовах інтенсивного здимання порід підшоши [37].

На другому етапі, виходячи з прийнятої схеми розташування гірничих виробок і запланованих темпів проведення дільничних підготовчих виробок, визначались експлуатаційні параметри транспортних засобів нового покоління, при яких максимально реалізуються технічні можливості гірничопрохідницького устаткування і забезпечується своєчасна підготовка запасів вугілля, що прирізаються, в умовах інтенсифікації очисних робіт [62].

#### **1.4. Формування загальної методики та постановка задач досліджень**

На шахтах Західного Донбасу, незважаючи на ускладнення гірничо-геологічних умов, встановилася тенденція концентрації виробництва та інтенсифікації процесів очисного виймання вугілля. При відпрацюванні запасів лавами за падінням (підняттям) для підвищення ефективності використання механізованих очисних комплексів нового покоління потрібна випереджаюча підготовка фронту очисних робіт. Нині швидкість посування очисних вибоїв, обладнаних вискоефективними механізованими комплексами, досягає 5 – 6,4 м/добу або близько 130 – 160 м/міс.

Відповідно до рекомендацій [23] основною умовою своєчасної підготовки нової виїмкової дільниці (стовпа) є виконання необхідних об'ємів прохідницьких робіт за той час, упродовж якого відпрацьовується діюча виїмкова дільниця з урахуванням резерву часу (до 25 %) на перевиконання плану видобутку вугілля, монтажних і пускових та налагоджувальних робіт. Проте, як показала практика, такі вимоги прийнятні для комбайнового способу проведення виробок по пластах із сприятливими гірничо-геологічними умовами і при відповідності рівнів механізації підготовчих і очисних робіт.

Слід зазначити, що всі типові схеми комбайнового проведення виробок включають транспортно-технологічні процеси у привибійній зоні, наприклад, руйнування вибою і навантаження гірської маси в транспортні засоби, кріплення виробки, а також операції з видалення гірської маси з вибою, тобто транспортування по виробці. Залежно від компонування прохідницького і транспортного устаткування транспортно-технологічні схеми можуть включати дві або три, а іноді й чотири виробничо-технологічні операції.

Найбільш перспективною слід вважати технологічну схему транспортування гірської маси по виробці конвеєрами [69]. При такому компоюванні перевантажувач комбайна блокується із поставом конвеєра, об'єднуючи два основні процеси – руйнування вибою і навантаження гірської маси і транспортування гірської маси по виробці – в єдину транспортно-технологічну систему з однією технологічною операцією – руйнування вибою, навантаження і транспортування гірської маси по виробці. На цій операції використовується високоадаптивна система машин (комбайн – перевантажувач – конвеєр), керована операторами (машиніст комбайна та його помічник). Проте сфера ефективного застосування таких схем поширюється на польові підготовчі виробки або при валовій виїмці вугілля і породи. Більше того, при малих темпах проведення виробок, незначних за величиною вантажопотоках і частих періодичних зупинках комбайна подібна схема стає практично не дієздатною [70].

Під час проведення дільничних пластових виробок доцільно здійснювати роздільне виймання вугілля і породи [71]. У зв'язку з цим породу необхідно транспортувати до стовбура шахти за окремим маршрутом. З причини складності розділення вантажопотоків для переміщення вугілля і породи застосовують рейкові види транспорту з відкаткою вантажів у вагонетках. У зв'язку з цим циклічно-потокова технологічна схема гірничопрохідницьких робіт перетворюється в циклічну, що призведе не лише до зниження темпів проведення, але і до дискредитації самого принципу комбайнового проведення виробок.

На трудомісткість транспортно-технологічних процесів, що виконуються в привибійному просторі виробок, і на темпи їх проведення впливають способи транспортування вугілля і породи до магістральних гірничих виробок, а також засоби доставки у прохідницькі вибої, вивантаження і складування необхідних матеріалів і устаткування. Тому для досягнення поставленої мети була розроблена структурно-логічна схема (рис. 1.7) комплексних досліджень параметрів енергозбережної транспортно-технологічної системи проведення дільничних підготовчих виробок при розширенні меж шахтних полів.

Наведена на рис. 1.7 схема синтезує технічні ресурси прохідницького і транспортного устаткування нового покоління, закономірності його взаємодії і схеми адаптації до складних умов підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахт із застосуванням передових форм організації праці.

Необхідність такої координації обумовлена тим, що циклічно-потокова технологія комбайнового проведення виробок передбачає порядок виконання робіт з оформлення вибою (установка рам аркового кріплення, затягування міжрамного простору) тільки після зупинки комбайна, тобто в період транспортування гірської маси до місць її вивантаження або обміну навантажених вагонеток на порожні.

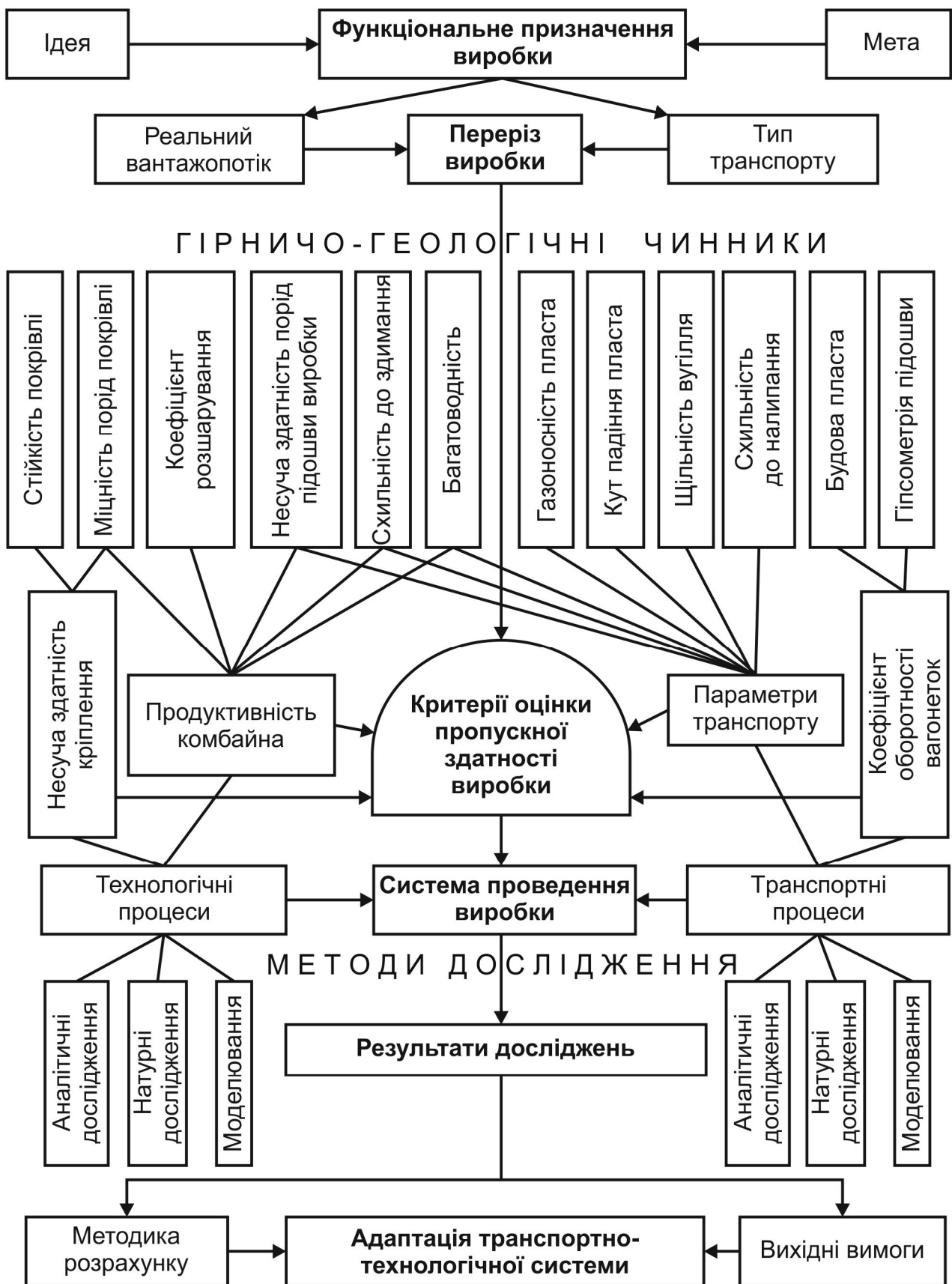


Рис. 1.7. Структурно-логічна схема дослідження параметрів транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок

Організація навантажувально-транспортних процесів і операцій у привибійному просторі визначається прийнятим способом проведення виробки і видом підземного транспортного устаткування, яке заплановано використовувати в процесі її експлуатації (рейковий, конвеєрний, монорейковий або безрейковий самохідний транспорт).

Слід зазначити, що привибійний транспорт використовується тільки на період проведення виробки. У зв'язку з цим етапу проектування транспортно-технологічних схем комбайнового проведення виробок повинні передувати дослідження з обґрунтування і вибору виду, типу і місця розташування засобів транспорту в цих виробках на період їх експлуатації.

При виконанні наведених умов слід враховувати, що привибійний транспорт є проміжною ланкою, яка здійснює технологічне поєднання засобів навантаження і транспортування гірської маси по виробці, але приймальна здатність транспортних засобів повинна на 5 – 10 % перевищувати технічну характеристику засобів навантаження. За наявності в транспортному ланцюгу «привибійний транспорт – транспорт по виробці» декількох транспортних ланок таке перевищення повинне дотримуватися для кожної подальшої ланки транспортного ланцюга порівняно з попередньою.

Початковими даними для обґрунтування параметрів енергозбережних транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних пластових виробок є:

- виробнича потужність шахти і її категорія по газу і пилу;
- режим роботи підземного транспорту;
- плани гірничих робіт;
- початкова і максимальна довжина траси;
- кількість і максимальна продуктивність навантажувальних пунктів, відстані до них від пристовбурного двору до моменту здачі відкотного горизонту в експлуатацію і при максимальному віддаленні гірничих робіт;
- об'єми породи, допоміжних матеріалів і кількість людей, яких необхідно перевозити протягом зміни;
- мінімальний допустимий переріз транспортних виробок;
- план, профіль і колія рейкових шляхів;
- стан рейок (сухі, мокрі, міра їх забруднення);
- схема організації роботи транспорту (одноланкова, багатоланкова, із закріпленням або без закріплення електровозів за маршрутами і складами).

Для встановлення сфери ефективного застосування технологічних схем проведення виробок з використанням транспортного устаткування нового покоління перелічені початкові показники необхідно уточнювати з урахуванням даних про:

- призначення транспортних виробок;
- перелік виробок, сформованих в однотипні групи за умовами транспортування;
- обґрунтований перелік устаткування під час застосування електровозу;
- дані маркшейдерської зйомки профілю шляху;
- вимоги до колійного господарства і засобів безпеки;

- вимоги до організації руху електровозів і маневрів на кінцевих станціях;
- технологічну схему електровозної відкатки;
- устаткування електровозного транспорту;
- вимоги безпеки [72, 73].

На підставі вищевикладеного до головних завдань комплексної програми і методики дослідження належать:

- встановлення взаємозв'язку показників основних транспортно-технологічних процесів при комбайновому проведенні виробок;
- вплив коефіцієнта оборотності вагонеток у транспортних виробках зі знаковмінним профілем шляху на темпи посування підготовчих вибоїв;
- дослідження організаційно-технологічних параметрів і розробка моделі раціональної підготовки запасів при розширенні меж шахти;
- моделювання навантажень у тягових органах надгрунтових канатних доріг нового технічного рівня (кількість вагонів на канаті);
- порівняльна оцінка фактичних енерговитрат при переміщенні вантажів у підготовчі вибої альтернативними видами транспорту;
- обґрунтування раціональних параметрів акумуляції вантажопотоків гірської маси (об'єм і пропускна здатність бункера) для забезпечення мінімальних простоїв підготовчих вибоїв з вини транспорту.

## **Висновки**

1. Більшість діючих шахт Західного Донбасу практично пройшли основні етапи життєвого циклу і знаходяться на стадії реконструкції. У зв'язку з цим проектні рішення шахт, орієнтовані на перспективу, повинні відповідати дійсності й вимогам майбутнього. За умови підготовки запасів вугілля біля кордонів шахтних полів потрібне коригування традиційних проектних рішень з подальшим застосуванням гірничо-шахтного устаткування нового покоління. Особливо це стосується діючих систем дільничного транспорту, що забезпечують роботу підготовчих вибоїв, які вичерпали можливості свого подальшого вдосконалення і вимагають докорінної зміни.

Через малу пропускну здатність системи дільничного транспорту не забезпечується оперативний прийом гірської маси і транспортування її по виробці, своєчасна доставка до підготовчих вибоїв необхідної кількості матеріалів і устаткування для конструктивного оформлення виробки; переміщення людей від пристовбурного двору шахти до підготовчих вибоїв і у зворотному напрямку; перевезення робітників-ремонтників по шахті впродовж зміни та інше.

2. Встановлено, що підготовчі вибої значний час простоюють через відсутність коригування параметрів принципів транспортних схем з гірничо-геологічними умовами родовища, що розробляється, і гірничотехнічними умовами експлуатації гірничо-транспортних машин і прохідницького устаткування. У 15 – 36 % випадках причиною зупинки підготовчих вибоїв є нестабільна робота системи внутрішньошахтного транспорту.

3. Основні транспортно-технологічні процеси комбайнового проведення пластових виробок з активним здиманням порід підпошви (руйнування масиву гірських порід з одночасним навантаженням гірської маси в транспортні засоби, транспортування гірської маси у привибійній частині та по виробці, зведення постійного кріплення, монтаж рейкового шляху або нарощування привибійного конвеєра, а також забезпечення пропускної здатності виробок) необхідно розглядати як транспортно-технологічну систему, тобто як багато-параметричний об'єкт, що постійно змінюється, адаптується до складних гірничо-геологічних умов.

4. Експертна оцінка комбайнового способу проведення виробок з урахуванням засобів транспортування гірської маси, які застосовуються, з підготовчих вибоїв і доставки допоміжних матеріалів і устаткування дозволила встановити, що в реальних умовах на темпи проведення підготовчих дільничних виробок найсуттєвіше впливають гірничо-геологічні, гірничо-технічні й організаційні чинники, характерні тільки для конкретно даної транспортно-технологічної схеми, а також організаційний чинник і професійна підготовка персоналу.

5. У цій роботі розглядаються питання вибору та обґрунтування раціональних параметрів транспортно-технологічної системи підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахтних полів, в основу яких уперше була покладена ідея використання закономірностей взаємодії технологічних і транспортних процесів для обґрунтування пропускної здатності дільничних підготовчих виробок і адаптаційних можливостей гірничопрохідницького устаткування нового покоління.

Комплексне завдання обґрунтування транспортно-технологічної системи розкриття і підготовки запасів при розширенні меж діючих шахтних полів вирішується в два етапи.

На першому досліджуються характер формування вантажопотоків з підготовчого вибою, структура об'ємів гірничо-підготовчих робіт у часі, параметри взаємодії навантажувально-транспортних процесів і операцій з процесами прохідницького циклу й обґрунтовується модель функціонування енергозбережної транспортно-технологічної схеми комбайнового проведення дільничних виробок в умовах активного здимання порід підпошви.

На другому етапі визначаються експлуатаційні параметри транспортних засобів нового покоління, при яких максимально реалізуються технічні можливості гірничопрохідницького устаткування і забезпечується своєчасна підготовка запасів вугілля при розширенні меж шахт в умовах інтенсифікації очисних робіт.

## 2. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАСТОВИХ ВИРОБОК БІЛЯ МЕЖ ШАХТНИХ ПОЛІВ

### 2.1. Класифікація транспортно-технологічних схем проведення підготовчих виробок в умовах шахт Західного Донбасу

У комплексі виробничих процесів підготовки фронту очисних робіт по пластах з великою кількістю води й активним здиманням гірських порід, транспорт підготовчих виробок є одним з основних елементів технології комбайнового проведення виробок. Від безперервної його роботи багато в чому залежить своєчасна підготовка виїмкових стовпів і вартість технологічних операцій з проведення гірничих робіт [74]. Технологія гірничо-підготовчих робіт визначає характерні зони дії прохідницького і транспортного устаткування. Тому при проведенні гірничих виробок схеми транспорту прийнято розділяти на привибійний транспорт, призначений для переміщення гірської маси в зоні прохідницького вибою, і транспорт виробки (від гирла виробки до привибійної зони). Кожен тип транспорту виконує свої функції і може містити у собі декілька видів транспортних засобів [75, 76, 77].

При проектуванні транспортно-технологічних схем підготовки запасів необхідно досягати повної прийнятності видів і типів транспортних засобів при проведенні виробки і при її експлуатації. При проведенні виробок змішаним вибоєм, коли подання гірської маси в потік вугілля з очисних вибоїв не допускається, рекомендується застосовувати локомотивний транспорт або кінцеву відкатку [6, 41]. Як допоміжний транспорт по виробках з важким профілем шляху рекомендується застосовувати монорейкові установки типу ДМКЛ або надгрунтові дороги типу ДКНЛ [68].

Аналіз досвіду комбайнового проведення виробок на шахтах Західного Донбасу дозволив виділити сім характерних транспортно-технологічних схем, рекомендованих як типові для аналогічних умов експлуатації (рис. 2.1).

Найбільш простою і поширеною в регіоні вважається схема 1, яка передбачає транспортування гірської маси, матеріалів і устаткування з використанням рейкових видів транспорту. Як засіб тяги переважно використовуються акумуляторні електровози АМ 8Д. У транспортно-технологічний комплекс входять: 1 – прохідницький комбайн; 2 – стрічковий перевантажувач; 3 – вагонетка ВГ-3,3; 4 – рейковий шлях; 5 – електровоз.

Досвід проведення підготовчих виробок (з малою кількістю води) на шахтах Центрального району Донбасу підтверджує ефективність застосування цього виду транспорту з кількістю вагонеток у потягу до 4 – 5 і з ухилом шляху у вантажному напрямку  $i \leq 50$  ‰. Для досягнення високих показників роботи прохідницьких комбайнів типу ГПКС і 4ПП-2М в технологічній схемі застосовується стрічковий перевантажувач ППЛ-1К завдовжки 35 м. При ритмічному поданні порожніх вагонів, кріпильних матеріалів і при чіткій організації робіт у вибої досягаються темпи проведення виробок до 300 м/міс. Перевагою цього варіанта є можливість проведення виробок перерізом 8,5 м<sup>2</sup>.



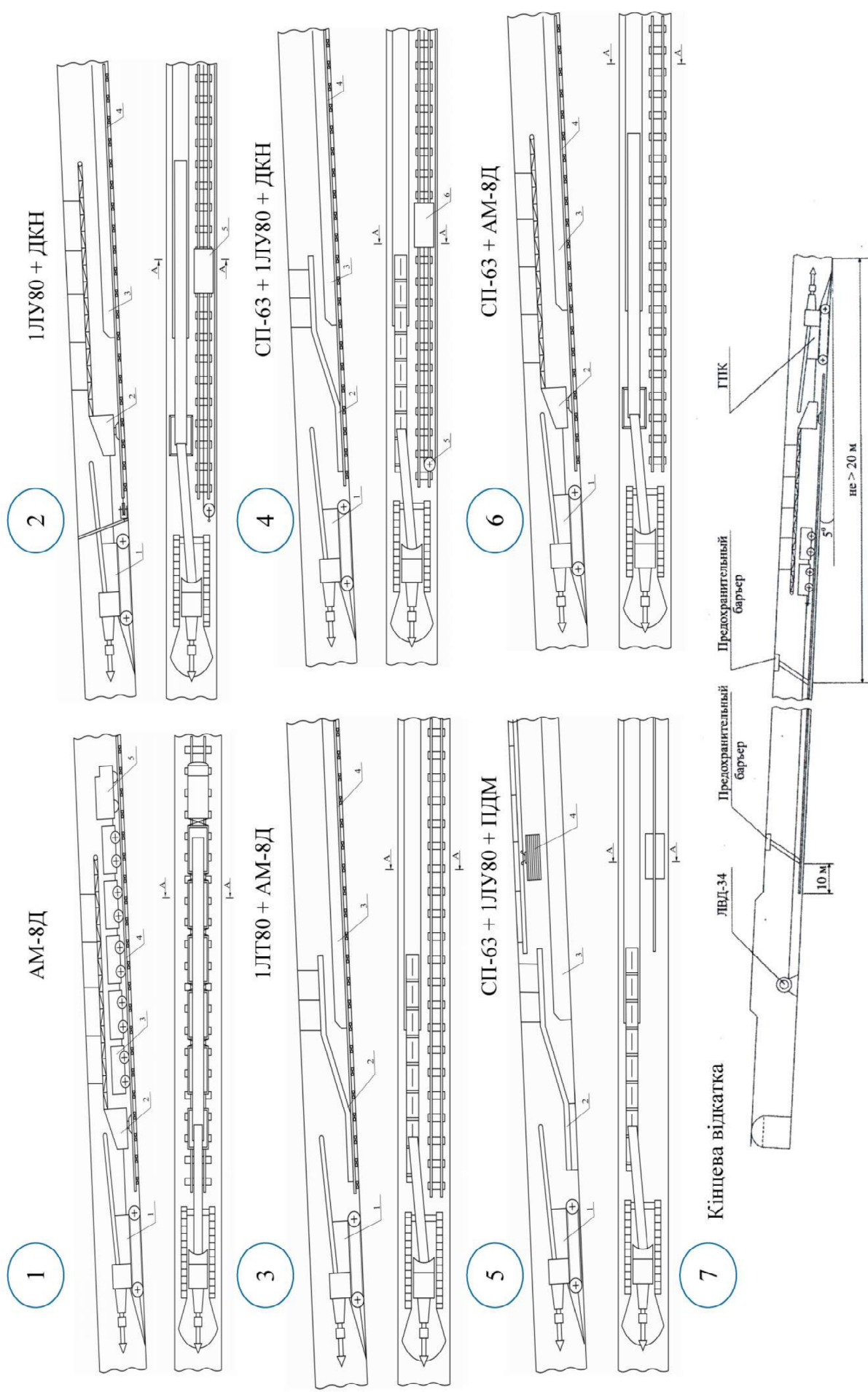


Рис. 2.1. Классификация технологических схем комбайнового проведения подготовочных выборок за видами транспорту

Технологічна схема 2 передбачає транспортування гірської маси від комбайна із стрілоподібним руйнівним органом, стрічковим перевантажувачем і далі телескопічним конвеєром до сполучення штреку з магістральною виробкою. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – стрічковий перевантажувач; 3 – стрічковий конвеєр ЛТ-80; 4 – рейковий шлях; 5 – надгрунтову дорогу ДКНЛ для транспортування допоміжних матеріалів. Мінімальний переріз виробки при реалізації наведеної схеми складає  $10,3 \text{ м}^2$  ( $13 \text{ м}^2$  при проведенні виробки).

У технологічній схемі 3 використовується поєднання прохідницького комбайна із скребковим і стрічковим конвеєрами, які забезпечують безперервне транспортування гірської маси по виробці й потокову схему організації робіт у вибої. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – скребковий конвеєр; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – рейковий шлях.

За відсутності здимання підосви, при спокійному заляганні пластів і ухилах  $i \leq 50 \%$  для переміщення допоміжних матеріалів можливе застосування електровозного транспорту. За умовами розміщення устаткування потрібне проведення виробки перерізом  $10,3 \text{ м}^2$  після спорудження арочного кріплення.

Технологічна схема 4 відрізняється від попередньої тим, що для транспортування допоміжних матеріалів у складних умовах залягання пласта (знакозмінні ухили, значні кути залягання і т. д.) застосовується надгрунтова канатна дорога. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – скребковий конвеєр; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – рейковий шлях; 5 – кінцевий блок ДКН; 6 – буксирувальний візок ДКН.

В умовах активного здимання порід підосви гірничих виробок у ряді регіонів застосовується технологічна схема 5, яка відрізняється від попередніх тим, що транспортування допоміжних матеріалів у привибійний простір здійснюється монорейковою канатною дорогою типу ДМКЛ. Малі габарити контейнерів дозволяють розмістити устаткування у виробці перерізом  $8,5 \text{ м}^2$  після спорудження арочного кріплення. Схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – скребковий конвеєр; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – монорейкову канатну дорогу.

Для циклічно-потокової схеми роботи прохідницького і транспортного устаткування у вибої рекомендується технологічна схема 6. Ця схема проведення виробки із застосуванням прохідницького конвеєра та електровоза застосовується для транспортування матеріалів, вона включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – стрічковий перевантажувач; 3 – прохідницький конвеєр 1ЛТП-80; 4 – рейковий шлях.

Безперервна робота комбайна забезпечується вантаженням гірської маси на телескопічний стрічковий конвеєр 1ЛТП-80. Транспортування допоміжних матеріалів здійснюється електровозним транспортом. Схема передбачає проведення прямолінійних виробок перерізом  $10,3 \text{ м}^2$  після спорудження арочного кріплення. При проведенні криволінійних виробок із застосуванням конвеєрного транспорту мають місце первинні витрати, пов'язані з необхідністю використання декількох конвеєрів і складних засобів для їх автоматичного пуску і контролю.

Зазначимо, що до теперішнього часу при проведенні дільничних підготовчих виробок в умовах активного здимання порід підпошки на шахтах Західного Донбасу для транспортування породи, матеріалів і устаткування широко застосовується кінцева відкатка.

Залежно від напрямку проведення виробок застосовують два варіанти розташування транспортного устаткування. При проведенні виробок зверху вниз (технологічна схема 7) лебідка розташовується в гирлі виробки, порожні вагонетки транспортуються вниз, а навантажені – вгору. При проведенні виробок знизу вгору лебідка знаходиться поряд з комбайном і пересувається разом за ним.

Основні недоліки кінцевої відкатки при проведенні виробок:

- мала продуктивність при кінцевому навантаженні (2 – 3 вагонетки), що недостатньо для забезпечення заданих темпів проведення;
- обмежена довжина відкатки (до 600 м);
- неможливість застосування при знакозмінному профілі;
- низький рівень безпеки робіт.

На підставі аналізу і синтезу достоїнств і недоліків експлуатованих в умовах шахт Західного Донбасу транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок виконана їх класифікація за транспортним устаткуванням, що застосовується. Встановлені сфера його можливого застосування та етапи подальших досліджень щодо підвищення ефективності підготовки запасів при розширенні меж діючих шахт.

## **2.2. Результати досліджень показників технологічності транспортних процесів при комбайновому проведенні пластових виробок**

Особливістю геологічної будови вугільних покладів Західного Донбасу є наявність потужних (від 50 до 140 м) наносів, що обводнюють, великих порушень (скидань з амплітудою зсуву до 400 м), відносно нерівномірна промислова вугленосність, а також інтенсивний розвиток випереджаючих порушень і наявність малої амплітудної тектоніки, що важко піддаються виявленню розвідувальними роботами.

Зазначені особливості родовища зумовили існуючий порядок відпрацювання запасів, спосіб підготовки та систему розробки. На шахтах прийняті схема суцільної конвеєризації вантажопотоку вугілля від очисних вибоїв до головного стовбура шахти, комбінований транспорт для породи і рейковий для матеріалів, устаткування і перевезення людей.

Незважаючи на складні гірничо-геологічні умови залягання вугільних пластів, більшість шахт Західного Донбасу на цей час інтенсивно ведуть очисні роботи. Шахти орієнтовані на застосування в очисних вибоях високопродуктивних механізованих комплексів, які у поєднанні з системою розробки пластів довгими стовпами за повстанням (падінням) забезпечують високі темпи посування лінії очисних вибоїв і збільшення навантажень на пласт. Проте складні умови підтримки і низькі темпи проведення збірних і бортових штреків у сукупності з недосконалими схемами і засобами

допоміжного транспорту в похилих гірничих виробках ускладнюють роботи зі своєчасної підготовки лінії очисних вибоїв.

Раніше наголошувалося, що на вибір параметрів транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок і їх пропускну спроможність впливають чинники, характерні для більшості шахт регіону. Для встановлення взаємозв'язку показників основних транспортно-технологічних процесів при комбайновому проведенні виробок по пластах з інтенсивним здиманням порід підшоши в табл. 1.1 було сформовано групи гірничо-геологічних і гірничотехнічних чинників, що найбільш істотно впливають на пропускну здатність дільничних виробок.

До гірничо-геологічних чинників було віднесено: потужність і кут падіння вугільного пласта, міцність пласта і бічних порід, їх щільність, стійкість і газоносність, кількість вологи та ін.

До гірничотехнічних умов віднесено: площу перерізу виробки, її довжину, характер вибою (вугільний, породний, змішаний), необхідні темпи проведення та ін.

Як базове підприємство для проведення комплексних досліджень була прийнята шахта «Дніпровська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Транспортування корисної копалини в умовах шахти «Дніпровська» здійснюється стрічковими конвеєрами. Породу з підготовчих вибоїв транспортують до пристовбурних дворів горизонтів 205, 230 і 175 м у вагонетках ВГ-3,3 електровозами АМ-8Д. Матеріали (елементи арочного кріплення, з'язки, шпали, рейки та ін.) доставляють до вибоїв підготовчих виробок від пристовбурних дворів горизонтів 205, 230 і 175 м електровозами у вагонетках і на платформах у ремонтно-підготовчу зміну.

Відповідно до робочої програми і методики шахтних досліджень для визначення пропускну здатності дільничних виробок, по яких здійснюється транспортування породи, матеріалів, людей і устаткування, необхідно було вирішити комплекс завдань, а саме:

- провести хронометраж циклу електровозної відкатки для різних виробок вищезгаданих горизонтів шахти;
- визначити реальні та необхідні вантажопотоки в підготовчих виробках;
- встановити величини відхилень ширини рейкової колії біля підготовчих вибоїв і по довжині виробок;
- з'ясувати причини, що впливають на зниження темпів проведення виробок порівняно з плановими;
- розробити рекомендації щодо підвищення пропускну здатності підготовчих виробок.

Аналіз показників, що впливають на процеси комбайнового проведення дільничних пластових виробок у гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу, виконано із застосуванням методів математичної статистики [23, 74, 78, 79, 80, 81] з припущенням, що закон розподілу нормальний.

Середня арифметична величина параметру, що вимірюється:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \quad (2.1)$$

де  $a_i$  – поточне значення параметру;  $n$  – число вимірювань.

Середнє квадратичне відхилення випадкової величини:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{a} - a_i)^2}. \quad (2.2)$$

Для визначення довірчого інтервалу варіаційного ряду заданої кількості дослідів  $\left( \bar{a} - t_{n,a} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \bar{a} + t_{n,a} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$  знаходиться табличне значення коефіцієнта Ст'юдента ( $t_{n,a}$ ). Тоді значення визначуваного  $a$  параметра при надійній імовірності 0,95 складе:

$$a = \bar{a} \pm t_{n,a} \cdot 0,95 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (2.3)$$

Для визначення закономірностей розподілу параметрів проведення підготовчих виробок будуються інтервальні варіаційні ряди – гістограми, для кожної з яких визначається величина оптимального інтервалу за формулою Стерджеса:

$$h = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{(1 + 3,322 \lg n)}, \quad (2.4)$$

де  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – відповідно максимальний і мінімальний варіанти.

На гістограмах по осі абсцис відкладаються відрізки, відповідні інтервалам варіювання показників технологічності досліджуваних процесів, а по осі ординат – частоти відповідного інтервалу.

Технологічні схеми виробництва й організації робіт при комбайновому проведенні дільничних виробок визначаються взаємозв'язком у часі й просторі основних і допоміжних процесів, що виконуються при підготовці виїмкових стовпів і способом механізації гірничопрохідницьких робіт. Як наголошувалося раніше, до основних виробничих процесів прохідницького циклу належать такі процеси: руйнування вибою, навантаження гірської маси в транспортні засоби, видалення гірської маси з вибою, тобто транспортування по виробці, кріплення виробки і спорудження транспортних комунікацій за посуванням вибою. Вентиляція, водовідвід, транспортування устаткування і матеріалів – це допоміжні операції [82].

Потужність пласта безпосередньо впливає на структуру вибою виробки. При діапазоні потужностей, що відпрацьовуються на шахтах Західного Донбасу (від 0,75 до 1,25 м), прийнято проведення виробок змішаним вибоєм з роздільним вийманням вугілля і породи та сумісним транспортуванням вугілля з підготовчих і очисних вибоїв споживачеві, а породи – у відвал. Це веде до істотного зниження витрат на проведення виробок за рахунок вугілля, що реалізовується. При проведенні виробки змішаним вибоєм частина породи в загальній площі перерізу виробки визначається коефіцієнтом присічки бічних порід:

$$k_n = \frac{S_n}{S_o}, \quad (2.5)$$

де  $S_n$  – площа порідного вибою,  $m^2$ ;  $S_o$  – площа перерізу виробки,  $m^2$ .

Гістограма розподілу значень коефіцієнта присічки порід покрівлі та підшви досліджуваних вибоїв  $k_n$  наведена на рис. 2.2. Значення коефіцієнта присічки з надійною імовірністю 0,85 знаходиться в інтервалі  $k_n = 0,65 \pm 0,05$ .

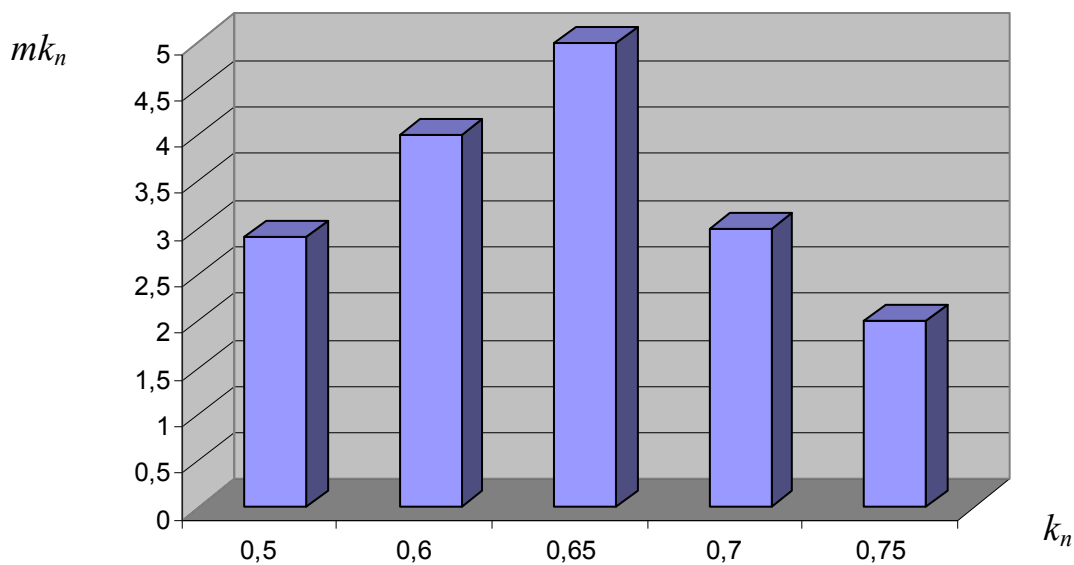


Рис. 2.2. Гістограма розподілу коефіцієнта присічки бічних порід

Щільність матеріалу, що транспортується з підготовчого вибою, впливає на характеристику вантажопотоку і вибір устаткування. Оскільки при роздільному транспортуванні вугілля і породи близько третини вагонеток завантажені вугіллям, а інші – породою, під поняттям щільність матеріалу, що транспортується, надалі розумітимемо середньозважені її значення:

$$\rho = (0,35\rho_y + 0,65\rho_p), \quad (2.6)$$

де  $\rho_y$ ,  $\rho_p$  – відповідно щільність вугілля і породи (рис. 2.2, 2.3, 2.4); щільність матеріалу, що транспортується,  $\rho = 1,9 \pm 0,1 \text{ т/м}^3$ .

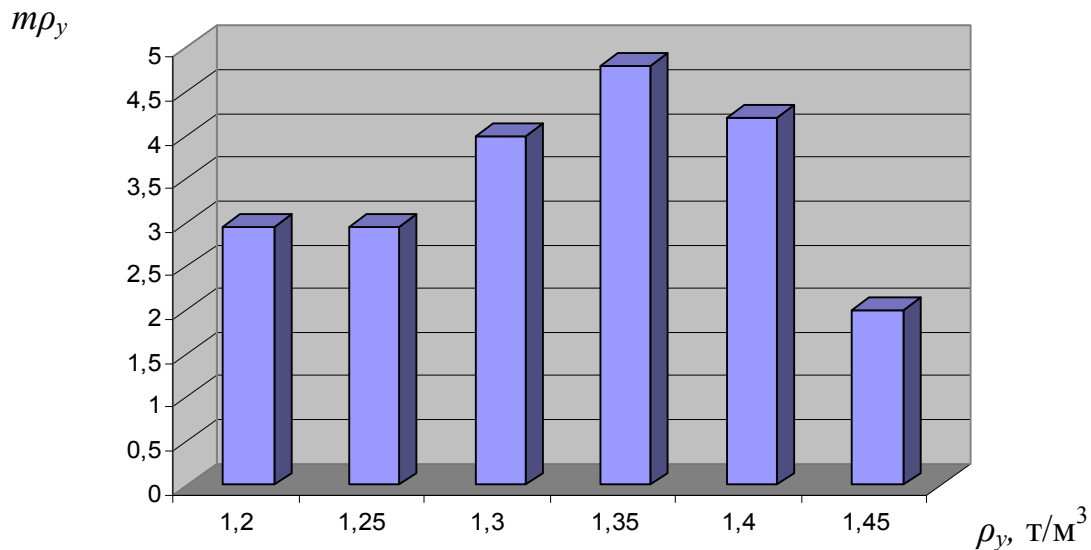


Рис. 2.3. Гістограма розподілу щільності вугілля у масиві

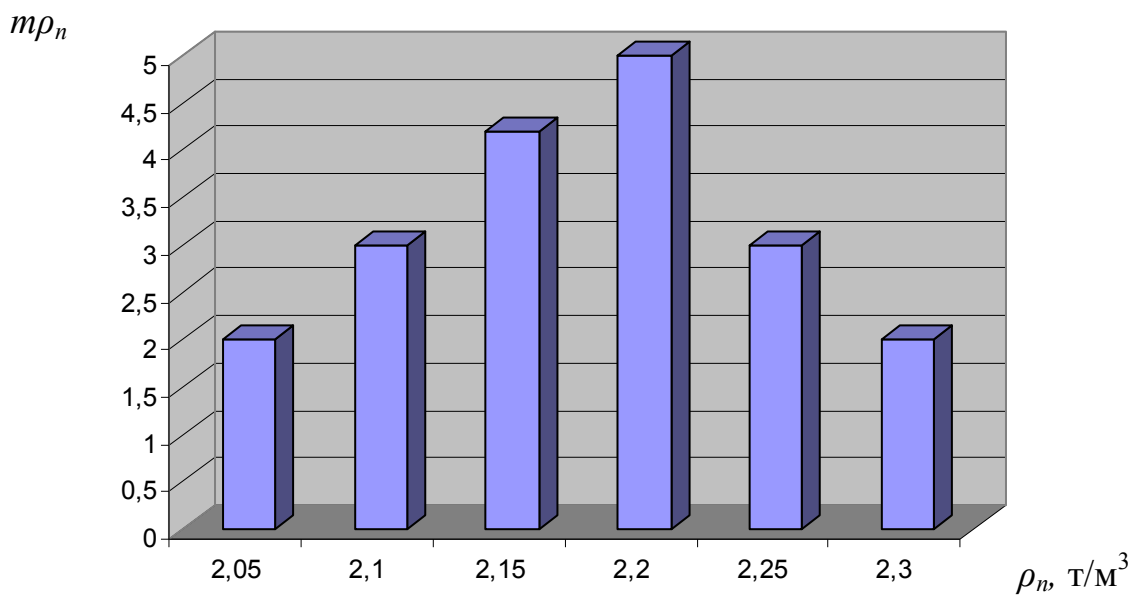


Рис. 2.4. Гістограма розподілу щільності породи у масиві

Газоносність пластів і схильність їх до раптових викидів газу, вугілля і породи – найважливіший чинник, що впливає на вибір способів проведення виробок і устаткування, які застосовуються. На шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» 1-ї і 2-ї категорій («Самарська», «Павлоградська», «Дніпровська») використовується технологія виробництва робіт і вибухобезпечне устаткування, яке визначається за всіма іншими гірничо-геологічними і виробничо-технічними умовами, на надкатегорійних шахтах («Західно-Донбаська», ім. Героїв Космосу) – теж після проведення попередньої дегазациї.

Обводнення вибою і виробки має найбільш істотне значення при проведенні похилих виробок зверху вниз, оскільки із збільшенням кута нахилу виробки, наявність водопрпливу все більш ускладнює процеси зведення кріплення, навантаження і транспортування гірської маси. Із загального числа аналізованих виробок, що проводяться, близько третини мають водопрплив більше  $5 \text{ м}^3/\text{г}$  і вимагають спеціальних водовідвідних заходів.

Довжина виробки впливає на вибір типу транспортного устаткування з погляду забезпечення заданої продуктивності. На рис. 2.5 показаний розподіл довжин виробок за даними із 46 підготовчих вибоїв.

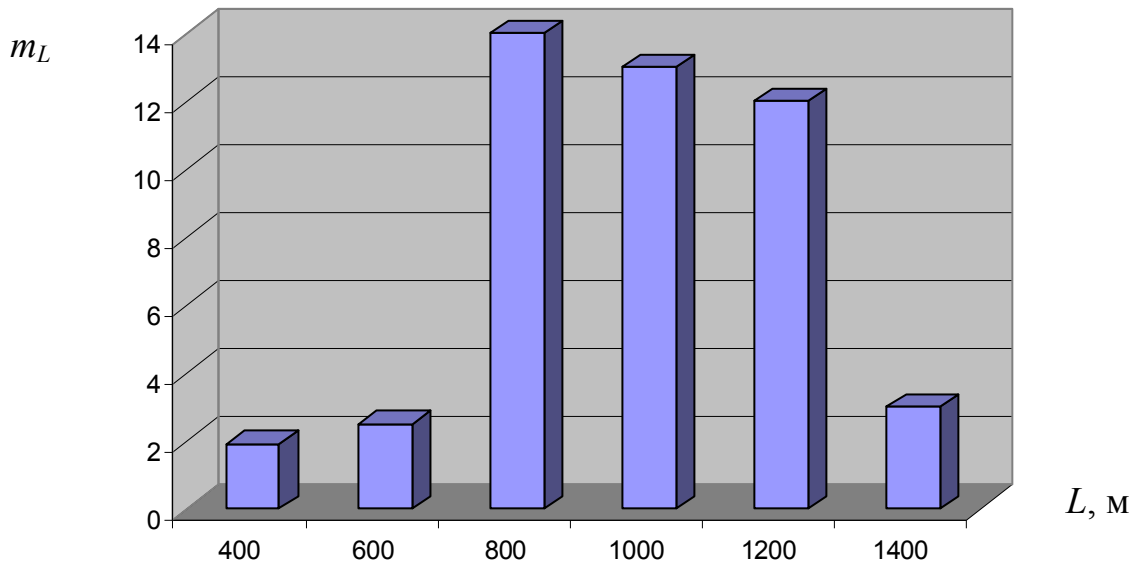


Рис. 2.5. Гістограма розподілу довжини підготовчих виробок

Значення довжини виробок, що проводяться на шахтах регіону, коливаються від 560 до 1640 метрів і їх імовірність у варіаційному ряду складає: до 800 м – 0,087; від 800 до 1200 м – 0,587; більше 1200 м – 0,326.

Середня протяжність виробок  $\bar{L} = 1070$  м, довірчий інтервал  $1010 \leq L \leq 1130$  м.

Вибір розмірів перерізів підготовчих виробок залежить від гірничого тиску, матеріалу кріплення, терміну служби і призначення виробки. Розміри поперечного перерізу виробок визначаються вимогами вентиляції, наявністю ремонтних робіт і габаритами засобів підземного транспорту з дотриманням необхідних зазорів відповідно до правил безпеки.

За результатами досліджень встановлено, що значення площі перерізу дільничних підготовчих виробок знаходяться в межах від  $10,8$  до  $15,9 \text{ м}^2$  і їх імовірність розподілено так: від 10 до  $11 \text{ м}^2$  – 0,239; від 13 до  $14 \text{ м}^2$  – 0,456; від 15 до  $16 \text{ м}^2$  – 0,304.

Середня площа перерізу дільничних виробок при проведенні  $S_{\text{ДПР}} = 13,5 \text{ м}^2$ , довірчий інтервал  $13 \text{ м}^2 \leq S_{\text{ДПР}} \leq 14 \text{ м}^2$ .

Необхідна швидкість проведення значно впливає на вибір устаткування і технологічних схем транспортування. Збільшення швидкості проведення



виробок веде, як правило, до поліпшення техніко-економічних показників підготовчих робіт, проте разом з цим воно пов'язане з інтенсивнішим виконанням основних і допоміжних операцій і їх поєднанням, підвищенням концентрації устаткування і збільшенням кількості обслуговуючого персоналу. Очевидно, що це доцільно до тих пір, поки збільшення швидкості проведення виробок не призводить до зміни економічних показників – зменшення продуктивності праці й підвищення вартості проведення самої виробки.

Великий діапазон значень швидкості посування досліджених вибоїв (рис. 2.6) пояснюється застосуванням різного транспортного устаткування (відкатка електровозами, канатна відкатка, конвеєрний транспорт).

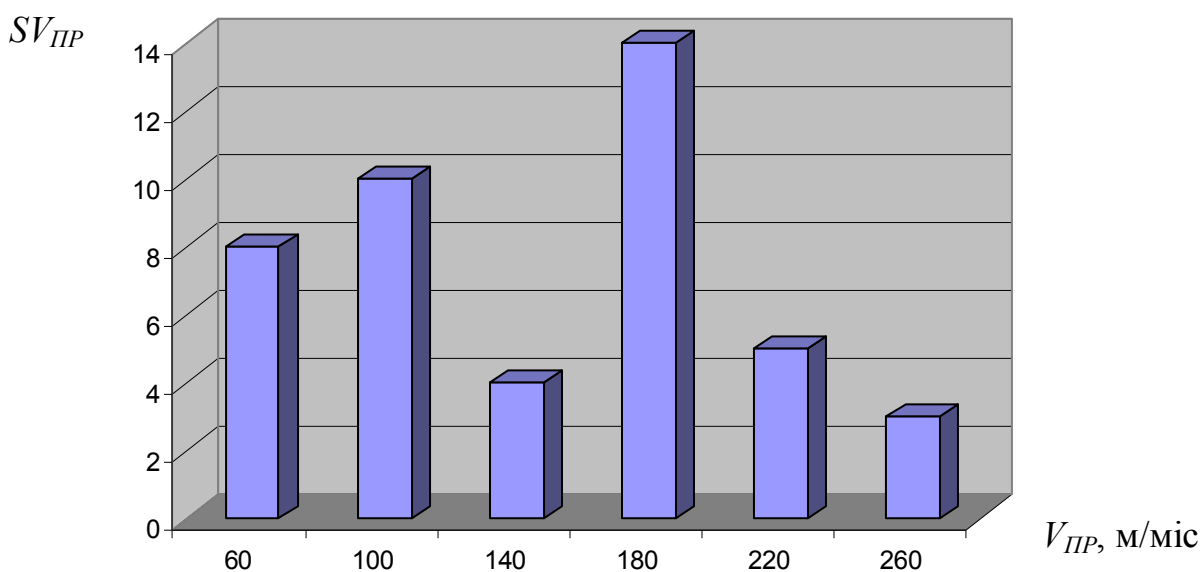


Рис. 2.6. Гістограма розподілу швидкості проведення виробок

Швидкість проведення підготовчих виробок змінюється від 80 до 325 м/міс і її імовірність перебуває в інтервалах: від 60 до 140 м/міс – 0,391; від 140 до 220 м/міс – 0,413; від 220 до 300 м/міс – 0,196. При цьому середня швидкість проведення виробок  $V_{ПР} = 165$  м/міс, а довірчий інтервал  $156 \leq V_{ПР} \leq 174$  м/міс.

Технологія комбайнового проведення підготовчих пластових виробок проектується, виходячи з оптимальних швидкостей очисних вибоїв і задається в межах 3 – 5 м/зм або більше.

Технічна швидкість проведення дільничних транспортних виробок визначається за такими двома основними чинниками:

- чисельністю прохідницької бригади і нормами виробки (норми часу);
- за типом, кількістю і продуктивністю машин у вибої.

У першому випадку методика розрахунку нормативу за комплексною нормою виробки і чисельним складом бригади враховує можливості самої бригади, а в другому – технічну оснащеність транспортно-технологічних схем підготовчого вибою. Останнє зумовлене тим, що прохідницький цикл при комбайновому відділенні породи від масиву пов'язано зазвичай з посуванням

вибою на величину кратну відстані між рамами кріплення, тому процеси навантаження і транспортування гірської маси повинні бути максимально взаємопов'язані.

Конвеєрний транспорт по виробці забезпечує безперервну роботу прохідницьких комбайнів. При транспортуванні гірської маси локомотивами або кінцевими канатами комбайни можуть простоювати через недостатню продуктивність цих транспортних засобів.

Аналіз типових проектів шахт Західного Донбасу показав, що відповідно до рекомендацій [9] на шахтах регіону прийнята повна конвеєризація вантажопотоків вугілля від очисних вибоїв до пристовбурного двору з поєднанням вантажопотоків від підготовчих вибоїв. У зв'язку з тим, що основна частина вантажопотоків від підготовчих вибоїв мала, для практичних розрахунків при проектуванні конвеєрних ліній шахт досить враховувати середньо-хвилинні вантажопотоки за періоди роботи прохідницького устаткування, що здійснює навантаження всієї гірської маси на загально-шахтну конвеєрну систему.

Середнє значення вантажопотоку за машинний час від підготовчого вибою, обладнаного комбайном, рекомендується визначати за формулою:

$$u_1 = \frac{SL_{\Pi}v_{\Pi}}{60t_p}, \text{ Т/ХВ}, \quad (2.7)$$

де  $S$  – переріз виробки при проведенні,  $\text{м}^2$ ;  $L_{\Pi}$  – середньозмінна швидкість проведення,  $\text{м}$ ;  $v_{\Pi}$  – щільність вугілля, породи або гірської маси у масиві,  $\text{т/м}^3$ ;  $t_p$  – час роботи комбайна (завантаження) протягом зміни,  $\text{год}$ .

Параметри  $L_{\Pi}$  і  $t_p$  встановлюються з технологічної схеми проведення виробок або шляхом хронометражних спостережень.

Під час подачі на конвеєр вантажопотоків від двох і більше підготовчих вибоїв сумарний вантажопотік може бути визначений за формулою:

$$u_{1\Sigma} = Z \sum_{i=1}^n u_{1i}, \text{ Т/ХВ}. \quad (2.8)$$

У наведеному виразі величина коефіцієнта  $Z$  задається залежно від числа підготовчих вибоїв, що подають вантаж на конвеєр, і змінюється від 0,6 до 0,95.

При комбайновому проведенні пластових виробок з роздільним вийманням вугілля і породи рекомендується застосовувати локомотивний транспорт для відкати гірської маси і доставки матеріалів. Проте через інтенсивне здимання порід підосви у виробках з рейковим транспортом утворюється знакозмінний профіль шляху, тому локомотивна відкатка стає малоефективною, а іноді й неможливою. Для навантаження гірської маси в транспортні засоби і переміщення вантажів у привибійному просторі витрачається до 30 – 40 % загальної тривалості прохідницького циклу, що разом з руйнуванням масиву є найбільш трудомістким і тривалим процесом.

На трудомісткість транспортно-технологічних процесів, що виконуються у привибійному просторі підготовчих виробок, впливають також способи і засоби транспортування вугілля і породи до магістральних гірничих виробок, переміщення у вибій та розвантаження і складування матеріалів і устаткування, необхідних прохідницьким вибоєм.

Розрахунки продуктивності локомотивної відкатки показали, що при транспортуванні допоміжних матеріалів по дільничних виробках електровозами АМ-8Д в умовах завищених ухилів рейкових шляхів і малої забезпеченості парку вагонеток виникають прості підготовчих вибоїв через несвоєчасне постачання вантажів і малий коефіцієнт обертальності вагонеток [69, 83, 84].

Розрахункова продуктивність транспортної машини по гірській масі при проведенні виробок повинна відповідати такій умові:

$$Q_{TP} \geq Q_{EK}, \quad (2.9)$$

де  $Q_{TP}$  – розрахункова продуктивність транспортної машини;  $Q_{EK}$  – експлуатаційна продуктивність прохідницького комбайна.

Для визначення експлуатаційної продуктивності прохідницького комбайна використовується вираз:

$$Q_{EK} = Q_{TEOP} k_E, \quad (2.10)$$

де  $Q_{TEOP}$  – теоретична продуктивність комбайна,  $\text{м}^3/\text{хв}$ ;  $k_E$  – коефіцієнт використання комбайна з урахуванням перерв, який на практиці визначається так:

$$k_E = \frac{T_{OCH}}{T_{OB}}, \quad (2.11)$$

де  $T_{OCH}$  – тривалість роботи комбайна у ході виймання  $1 \text{ м}^3$  гірської маси,  $\text{хв}/\text{м}^3$ ;  $T_{OB}$  – тривалість усіх не суміщених у часі операцій, гірничопрохідницького циклу, що доводяться на  $1 \text{ м}^3$  виробки при проведенні,  $\text{хв}/\text{м}^3$ :

$$T_{OB} = T_{ПЗ} + T_{ОНС} + T_{ДОП} + T_{КР} + T_{ТР} + T_{КОМ} + T_{ПР} + T_{ВД}, \quad (2.12)$$

де  $T_{ПЗ}$  – тривалість підготовчо-завершальних операцій;  $T_{OCH}$  – тривалість виймання гірської маси;  $T_{ДОП}$  – тривалість допоміжних операцій;  $T_{КР}$  – час на зведення постійного кріплення;  $T_{ТР}$  – тривалість транспортно-маневрових операцій;  $T_{КОМ}$  – тривалість операцій з нарощування комунікацій;  $T_{ПР}$  – тривалість простоїв;  $T_{ВД}$  – час на відпочинок робочих ланки.

Для визначення частки кожного з наведених компонентів у загальному балансі часу зроблений хронометраж роботи прохідницьких бригад при проведенні п'яти підготовчих виробок (бортових і збірних штреків, конвеєрного штреку і конвеєрного квершлягу) на шахтах ПАТ ДТЕК

«Павлоградвугілля». При проведенні застосовувалися комбайни 4ПП-2М і ГПКС як за підняттям, так і за падінням пласта. Переріз виробок при проведенні змінювався від 10,8 до 15,9 м<sup>2</sup>, а довжина була в межах 200 ... 980 м. Транспортування гірської маси по виробці виконувалося за допомогою електровоза або стрічкового конвеєра. У табл. 2.1 наведена структура витрат часу на основні транспортно-технологічних операцій прохідницького циклу, що виконувалися протягом зміни, тобто за період ведення хронометражних спостережень.

Таблиця 2.1

Тривалість операцій прохідницького циклу

Найменування операції	Тривалість операції	
	хв/м <sup>3</sup>	% до загального часу
Підготовчо-завершальні	1,0	10,0
Виймання гірської маси комбайном	2,8	28,5
Нарощування комунікацій	1,1	11,0
Заміна різців	0,2	2,0
Зведення постійного кріплення	2,9	30,0
Простої	1,2	12,0
Відпочинок	0,6	6,5

Відповідно до програми і методики шахтних спостережень, а також з метою зручності обробки даних і користування результатами досліджень витрати часу на виконання транспортно-технологічних операцій розглядалися з двох позицій. У першому варіанті при оцінці транспортно-технологічної схеми продуктивність транспортної установки, що обслуговує прохідницький комбайн, оцінювалася тривалістю виконання операцій кожного 1 м<sup>3</sup> виробки, у другому – загальною тривалістю прохідницького циклу.

Зазначимо, що існуюча технологія комбайнового проведення підготовчих виробок передбачає поєднання операцій із зведення кріплення та обміну вагонів, тому час транспортно-маневрових операцій ( $T_{TP}$ ) із загальної тривалості циклу не враховується.

За результатами хронометражних спостережень встановлено, що загальна тривалість прохідницького циклу, що доводиться на 1 м<sup>3</sup> виробки, при її проведенні складає 9,8 хв, а тривалість основної операції з виймання гірської маси – 2,8 хв. При цьому коефіцієнт використання прохідницького комбайна в середньому складає 0,285, а експлуатаційна його продуктивність  $Q_{ЕК} = 0,143$  м<sup>3</sup>/хв або 8,6 м<sup>3</sup>/год. Таким чином, продуктивність транспортно-технологічної схеми, що обслуговує прохідницький вибій, повинна бути більше величини експлуатаційної продуктивності комбайна або дорівнювати їй, тобто  $Q_{TP} \geq 8,6$  м<sup>3</sup>/год.

Для обґрунтованої розробки транспортно-технологічних схем і графіків організації робіт у підготовчому вибої необхідно оперувати даними фактичної

тривалості основних і допоміжних операцій. Нижче наведені усереднені результати хронометражних спостережень, проведених у діючих підготовчих вибоях шахт Західного Донбасу.

Тривалість навантаження партії вагонеток (рис. 2.7) залежить від типу комбайна, що застосовується, міцності й ступеня розмокання порід, площі поперечного перерізу виробки та кваліфікації персоналу. За результатами хронометражних спостережень встановлено, що залежно від ступеня впливу вказаних показників середні значення тривалості навантаження змінюються в межах  $26 \text{ хв} \leq t_{\text{НАВ}} \leq 30 \text{ хв}$  ( $\alpha = 0,95$ ).

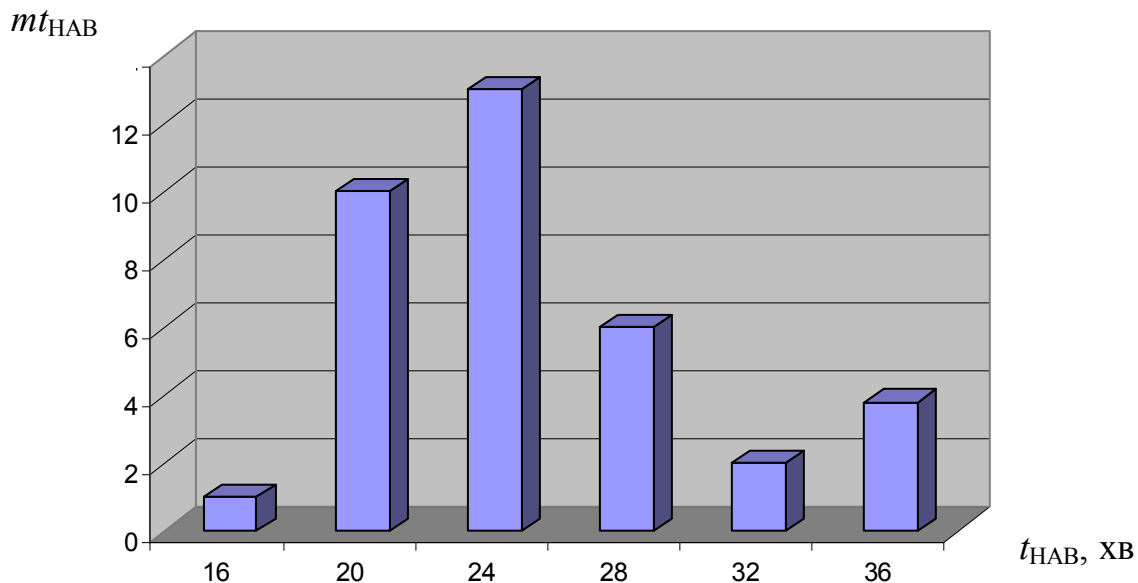


Рис. 2.7. Гістограма розподілу часу навантаження

На тривалість маневрів (рис. 2.8) значно впливають кваліфікація персоналу, а також прийнята схема маневрів, транспортні засоби та устаткування, що використовуються при обміні навантажених вагонів на порожні в зоні спряження похилих виїмкових і горизонтальних магістральних виробок. Для даних умов тривалість маневрів перебуває у межах  $6 \text{ хв} \leq t_{\text{М}} \leq 8 \text{ хв}$  ( $\alpha = 0,95$ ).

Тривалість закріплення вибою залежить від перерізу виробки, забезпеченості кріпильними матеріалами, стійкості бічних порід та кваліфікації персоналу. Встановлено, що час, який витрачається на установку однієї рами арочного кріплення буде  $28 \text{ хв} \leq t_{\text{К}} \leq 30 \text{ хв}$  ( $\alpha = 0,95$ ).

Подані на рисунку гістограми не суперечать нормальному закону розподілу, і отримані оцінки можуть бути використані як гірничо-геологічні й гірничотехнічні параметри при прогнозуванні показників роботи транспортно-технологічних схем.

На підставі набутих значень тривалості основних і допоміжних операцій при комбайновому проведенні дільничних пластових виробок встановлено, що на статичні характеристики вантажопотоків істотно впливають прості підготовчих вибоїв з вини транспортних ланок, що обслуговують дільницю.

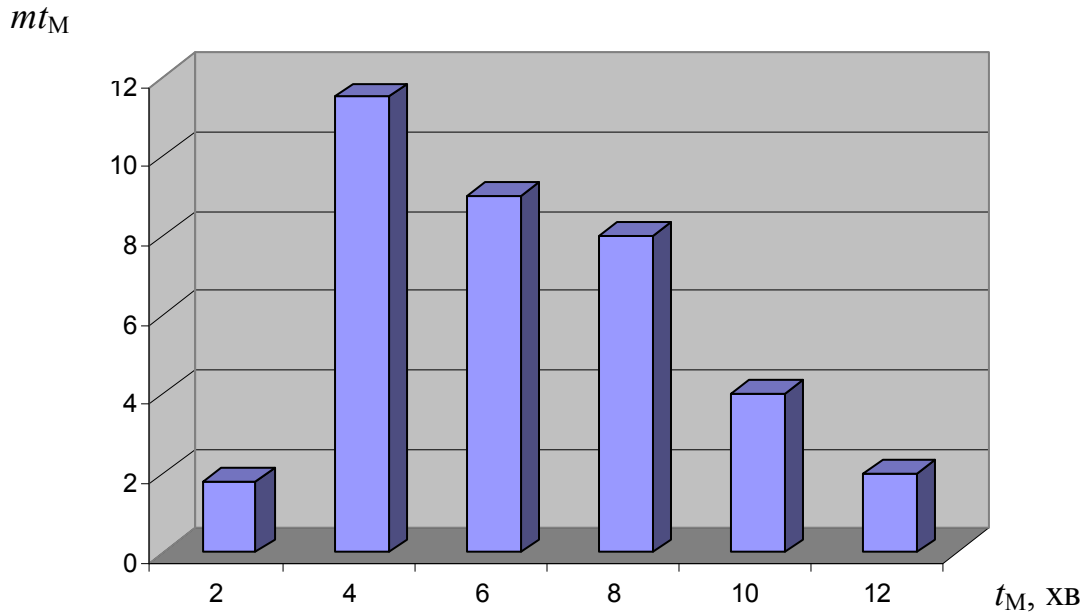


Рис. 2.8 Гістограма розподілу часу маневрів при обміні навантаженого рухомого складу на порожній

Пропускна здатність та інтенсивність роботи технологічних схем транспорту характеризується реальними вантажопотоками від підготовчих вибоїв, які, у свою чергу, залежать від масштабів гірничих робіт, виду привибійного транспорту, продуктивності вантажного комплексу і своєчасного забезпечення вибоїв допоміжними матеріалами й устаткуванням.

Залежність вантажопотоків від своєчасного забезпечення вибоїв допоміжними матеріалами й устаткуванням зумовлена тим, що для вивозу гірської маси з прохідницьких вибоїв і доставки до них матеріалів і устаткування типовими проектними рішеннями, зазвичай, передбачаються рейкові види транспорту – локомотивна або однокінцева канатна відкатки. При цьому в проектних рішеннях не враховується той факт, що типові технологічні схеми і засоби допоміжного транспорту, що рекомендуються, не адаптовані до умов експлуатації у виробках із знакомінним профілем шляху, характерним для шахт Західного Донбасу. Шахтними дослідженнями також встановлено, що підготовчі вибої, оснащені енергоємними прохідницькими комбайнами, значний час простоюють через малу обертальність вагонеток, відсутність у технологічних схемах, що застосовуються, високоадаптивних транспортних засобів нового покоління та ємностей, що акумулюють, для згладжування вантажопотоків.

Таким чином, в умовах освоєння запасів вугілля біля меж шахтних полів, необхідність створення високоадаптивної системи допоміжного транспорту і корегування транспортно-технологічних схем комбайнового проведення виробок стає особливо актуальною.

### **2.3. Обґрунтування ролі й місця розташування породних бункерів у діючих схемах підготовки запасів вугілля**

Прогресивними технологічними схемами, розробленими в 80-ті роки, рекомендовано широке застосування конвеєрного транспорту для доставки вугілля і породи від підготовчих вибоїв до транспортних засобів, що доставляють гірську масу з очисних вибоїв [9, 85]. При конвеєрній доставці гірської маси вся конвеєрна лінія від прохідницького вибою до пристовбурного двору повинна працювати практично безперервно всю зміну. У той же час прохідницький комбайн з технологічних і організаційних причин працює із зупинками і завантажує конвеєрну лінію збірних штреків лише на 30 – 40 %. Оскільки конвеєр розраховується відносно максимальної продуктивності комбайна і технологічно не може бути зупинений, якщо на його стрічці є вантаж, то час роботи конвеєрної лінії значно перевищує час роботи комбайна.

Таким чином, конвеєрна лінія, довжина якої досягає 5000 – 7000 м, працює практично повну зміну з навантаженням, що не перевищує 30 – 40 % від номінального. При цьому непродуктивно витрачається електроенергія, зношуються конвеєрна стрічка, роликкоопори і деталі приводів.

З метою зниження ступеня впливу негативних чинників розробляються заходи щодо концентрації гірничих робіт, яка передбачає, що на одну конвеєрну лінію одночасно працюватимуть 2 – 3 підготовчих вибої. Проте для реалізації цих проектів необхідно вибирати більш потужні збірні конвеєри з високою прийнятною здатністю. При цьому коефіцієнт їх завантаження підвищиться всього лише до 50 – 60 %.

Для стабілізації роботи діючих збірних конвеєрних ліній шахт Західного Донбасу даним дослідженням пропонується комбінована схема транспорту, яка передбачає згладжування вантажопотоків і незалежну (у певних межах) роботу окремих ланок підземного транспорту за рахунок акумуляції частини гірської маси в породних бункерах (ємностях).

Бункеризація вугілля і породи успішно використовується на шахтах, де експлуатуються ступінчасті схеми підземного транспорту [70, 86, 87].

Оцінюючи позитивний досвід застосування підземних бункерів у технологічних схемах транспорту основного вантажопотоку авторами висунуто ідею, яка полягає в синхронізації елементів системи «підготовчий вибій – транспорт по виробці» шляхом зведення часу циклу кожної системи до зіставних показників і введення в діючі транспортно-технологічні системи породних бункерів, що акумулюють, які забезпечують підвищення коефіцієнта обертальності вагонеток і енергозбереження при комбайновому проведенні дільничних пластових виробок.

Слід зазначити, що багатоланкова система внутрішньошахтного транспорту в умовах різкого підвищення вартості електроенергії і устаткування досить часто перевищує потужність споживаної енергії таких енергоємних виробничих процесів, як очисні й підготовчі роботи, водовідвід і вентиляція [53, 88]. З урахуванням нерівномірності незначних за величиною вантажопотоків, що поступають з прохідницьких вибоїв, виникла реальна

необхідність перегляду існуючих транспортно-технологічних схем переміщення вугілля і породи при підготовці до очисного виймання запасів вугілля, що прирізаються [66]. Останнє обумовлене тим, що темпи проведення дільничних підготовчих виробок значною мірою залежать від їх пропускної здатності та параметрів технологічних схем транспорту, обслуговуючих ці виробки. Аналіз графіків організації робіт при проведенні дільничних підготовчих виробок комбайнами ГПКС і 4ПП-2 з локомотивною відкаткою вантажів показав, що процеси кріплення виробок (з урахуванням часу доставки матеріалів до вибою на відстань до 50 м) на третину менше часу транспортування вантажів. Результати порівняльної оцінки структури робочого часу в підготовчих вибоях при циклічному транспорті показали, що середньозмінні втрати часу склали 130,4 хв/зм, а середні втрати темпів проведення одного підготовчого вибою – 0,53 м/зм.

Одним з найбільш вагомих чинників, стримуючих підвищення темпів проведення виробок, є операція з обміну навантажених вагонів на порожні. За даними ПАТ ДТЕК «Павлоградвугілля» на деяких шахтах регіону середній час очікування порожніх вагонеток на одну раму кріплення досягає 60 – 75 хв, що призводить до збільшення середнього часу циклу установки однієї рами до 80 – 110 хв. Основною причиною є низький коефіцієнт обертальності вагонеток і, як наслідок, низька пропускна здатність усієї транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок [6].

Зіставлення результатів особистих досліджень з офіційними даними дирекції щодо перспективного розвитку ПАТ ДТЕК «Павлоградвугілля» підтвердили гіпотезу про необхідність координації загальних трудовитрат на проведення дільничних підготовчих виробок шляхом узгодження в часі процесів кріплення вибою і видалення гірської маси за його межі. Останнє зумовлене тим, що від застосовуваної схеми і способу транспортування гірської маси з прохідницьких вибоїв залежить кількість циклів протягом зміни і їх тривалість.

В умовах інтенсифікації очисних робіт і нерівномірності вантажопотоків, інтенсивного здимання порід підшоши і знакозмінного профілю шляху підготовчих виробок позитивні результати дає застосування в технологічних схемах підземного транспорту саморозвантажних рухомих складів у поєднанні з породними бункерами-накопичувачами, що акумулюють. У сукупності вони згладжують нерівномірність вантажопотоків, компенсують негативний вплив вимушених простоїв породно-транспортних комплексів на роботу підготовчих вибоїв і знижують енерговитрати на проведення одного погонного метра підготовчої виробки.

Вітчизняний і закордонний досвід показує, що фактично в усіх випадках застосування породних бункерів-накопичувачів на шахтах виправдовує себе технічно й економічно. Роль породних бункерів-накопичувачів особливо зростає на шахтах при розробці пологих пластів біля меж шахтних полів або в зонах геологічних порушень у зв'язку із збільшенням протяжності маршрутів допоміжних і породних вантажопотоків, а також з введенням пільгових тарифів на споживану шахтами електроенергію [80, 89].



Для підвищення пропускної здатності дільничних виробок, що проводяться по пластах з інтенсивним здиманням порід підосви, і зниження енерговитрат на обслуговування протяжних вантажопотоків було проведено комплекс досліджень з обґрунтування типу, параметрів і місця впровадження породних бункерів-накопичувачів у діючі схеми транспорту шахт Західного Донбасу. З причини відсутності досвіду проектування й експлуатації подібних транспортно-технологічних систем програмою і методикою досліджень передбачено, що при впровадженні в діючу породно-транспортну систему додаткових ланок (бункерів-накопичувачів) необхідно встановити взаємозв'язок між місткістю бункера і параметрами добункерних (що входять) і післябункерних (що виходять) вантажопотоків. Слід зазначити, що закономірності зміни вказаних співвідношень можуть бути різні залежно від сукупності конкретних умов. У зв'язку з цим широку можливість для оперативного управління резервами пропускної здатності бункерів-накопичувачів і породно-транспортної системи в цілому надає створення спеціального банку статистичних даних про режими роботи системи внутрішньошахтного транспорту підготовчих вибоїв [82, 90 – 93].

Для вирішення поставленого завдання використаний економіко-математичний метод оптимізації місткості бункера, що акумулює, де визначається кількості вантажних рейсів за зміну і час повного обороту рухомих складів шахтних вагонеток між пунктом їх завантаження (перевантажувач прохідницького комбайна) і даним бункером [62, 94 – 96].

При цьому існують припущення, що обчислювана місткість бункера кратна місткості поїзда, що складається з  $n_v$  саморозвантажних вагонеток, а час руху навантаженого поїзда шахтних вагонеток повинен відповідати загальному часу установа рами аничного кріплення згідно з паспортом.

Відповідно до прийнятої класифікації місткості (бункери) підрозділяються на технологічні й такі, що акумулюють гірську масу. Технологічні місткості при мінімальних конструктивних розмірах забезпечують нормальні згідно з прийнятою організацією умови роботи різних транспортних ланок. До таких місткостей належать приймальні та розвантажувальні бункери на дільничних похилих виробках і в пристовбурних дворах, а також місткості «на колесах» при локомотивній відкатці вантажів [12, 49, 97 – 101].

Акумулюючі місткості призначені для забезпечення незалежної роботи суміжних технологічних ланок транспорту в шахті. Накопичуючи деякий запас транспортованого вантажу, акумулюючі місткості дозволяють продовжувати безупинну роботу подальшої ланки при тимчасовій відсутності вантажу, що поступає від попередньої ланки. У разі простою подальшої транспортної ланки протягом деякого часу забезпечується можливість роботи попередньої.

У закордонній практиці найбільше застосування знаходять вертикальні гірничі й горизонтальні механізовані бункери. Останні випускаються об'ємом до 500 м<sup>3</sup> і завдяки наявності в їх конструкції спеціальних навантажувально-розвантажувальних механізмів можуть своєчасно накопичувати вугілля і породу в потрібній кількості та порціями вивантажувати їх з розділенням вантажопотоків. Проте, не зважаючи на високу адаптаційну здатність подібних

бункерів, серійне виробництво їх до цього часу не налагоджено. Тому в сучасній практиці експлуатації вугільних шахт усе ширше знаходять застосування гірничі бункери, які створюють у масиві породи у вигляді камер, гезенків і спеціальних акумулюючих місткостей [31, 55, 102].

Для вирішення проблем перевитрати електроенергії та підвищення коефіцієнта обертальності вагонеток, обслуговуючих прохідницькі вибої шахт Західного Донбасу, було рекомендовано в ланцюзі дільничного допоміжного транспорту встановити акумулюючий бункер, місткість якого забезпечуватиме прийом породи протягом часу, на який можливе відключення підбункерної конвеєрної лінії. За результатами виконаних розрахунків було доведено, що при обґрунтованій довжині відкатки у декілька разів збільшується коефіцієнт обертальності вагонеток. Це означає, що прохідницьке устаткування, конвеєри, що розташовані після бункера, будуть безвідмовно працювати.

Обґрунтована місткість бункера дозволяє при зупинці післябункерних конвеєрів на короткий час за технічних або організаційних причин приймати породу від підготовчих вибоїв у бункер і викачувати її протягом часу повного обертання поїздів порожніх і навантажених вагонеток. У подальший період при включенні післябункерних конвеєрів порода з бункера і з розвантажуваних вагонів транспортуватиметься разом. При цьому післябункерна конвеєрна лінія працюватиме обмежений час, але з більшим завантаженням [60].

Акумулюючі породні бункери окрім підвищення надійності конвеєрної лінії та зниження зносу елементів конвеєрів, істотно знижуватимуть витрати на оплату електроенергії за транспортування породи. Останнє обумовлене тим, що оплата за витрати електроенергії диференційована залежно від часу доби: у години «пік» вартість 1 кВт·ч значно перевищує вартість його в звичайний час [68]. Враховуючи це, доцільно погоджувати графік роботи транспортно-технологічної системи – накопичувати в акумулюючому бункері породу, видобуту з підготовчих вибоїв в години «пік», тобто при підвищеній вартості електроенергії, а транспортувати її до стовбура в часи звичайної її вартості.

Таким чином, місткість акумулюючого бункера відповідно до рекомендацій [23] складе:

$$E_{\text{ак}} \geq c A_{\text{зм}} \gamma, \quad (2.13)$$

де  $E_{\text{ак}}$  – місткість бункера, визначена за корисною кількістю вантажу, т (зазвичай вона складає 0,7 – 0,8 від геометричної місткості бункера);  $c$  – розрахунковий коефіцієнт, що визначається типом бункера, необхідним рівнем надійності та кількістю конвеєрів у підбункерній конвеєрній лінії  $c = 0,08 - 0,12$ ;  $A_{\text{зм}}$  – об'єм гірської маси, яка поступає за зміну з прохідницьких ділянок, що працюють на даний бункер,  $\text{м}^3$ ,  $\gamma$  – щільність розпушеної гірської маси,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

При необхідності акумулювати гірську масу для зменшення витрат на оплату електроенергії місткість бункера визначається залежно від годинної продуктивності ділянки і часу проходження максимуму навантаження в енергосистемі (години «пік»).

$$E_{\text{ак}} \geq A_{\text{г.п}} t, \text{ т,} \quad (2.14)$$

де  $A_{\text{г.п}}$  – годинна продуктивність ділянок, що працюють на даний бункер, т/год;  $t$  – час зупинки підбункерної конвеєрної лінії на період проходження максимуму навантаження в електромережі (час «пік»), год.

За результатами оцінки виробничих ситуацій було встановлено, що після закінчення часу «пік» доцільно включати підбункерну конвеєрну лінію для прийому гірської маси одночасно з бункера і з підготовчого вибою. Велика продуктивність магістральних конвеєрів і значно вищий коефіцієнт їх використання дозволяють швидко звільнити бункер і підготувати його для прийому нової порції породи при зупинці підбункерної лінії.

Враховуючи наведені вище аргументи стосовно умов шахти «Павлоградська» ПАТ ДТЕК «Павлоградвугілля», було рекомендовано обладнати акумулюючий бункер для передачі породи з магістрального відкотного штреку пласта  $C_6$  на конвеєрну лінію пласта  $C_5$ , який дозволить накопичувати гірську масу впродовж 3 – 4 год, коли в енергосистемі проходить максимум електричного навантаження (тобто з 6:00 до 10:00 год). У цей період з підготовчих вибоїв і виїмкового конвеєрного штреку при зупиненні підбункерної лінії передається в акумулюючий бункер гірська маса від ремонтно-відновних робіт по перекріпленню виробок. Передбачається, що й інші прохідницькі вибої, які беруть участь у підготовці заскидної частини пласта  $C_5$ , також здійснюватимуть транспортування гірської маси через даний акумулюючий бункер.

Розрахунками встановлено, що для виконання цих умов необхідно застосовувати акумулюючий бункер місткістю  $E_{\text{ак}} \geq 140$  т. При відстані 28 м між пластами  $C_5$  і  $C_6$  і корисному використанні для розміщення породи 24 м діаметр бункера повинен складати 3,3 м.

Таким чином, застосування акумулюючих бункерів дозволяє підвищити надійність конвеєрних ліній на дільниці від породного бункера до пристовбурного двору шляхом зменшення зносу конвеєрної стрічки, роликів і деталей приводів конвеєрів та зниження витрат електроенергії. При змінненні часу роботи конвеєрної лінії з періоду максимального споживання електроенергії на звичайний режим економія витрат залежатиме від різниці тарифів. Крім того, підвищення надійності конвеєрних ліній дозволить збільшити темпи роботи ділянки.

Досягти синхронізації елементів системи «підготовчий вибій – транспорт по виробці» можливо шляхом зведення часу циклу кожної підсистеми до зіставних показників, тобто шляхом введення в технологічні схеми діючого транспорту порідних акумулюючих бункерів (гірничих або механізованих) і транспортного устаткування нового покоління, які в сукупності забезпечують циклічно-потоківу технологію комбайнового проведення дільничних виробок.

Сутність зведення часу циклу кожної підсистеми до зіставних показників полягає в тому, що порядок і засоби виконання трьох основних технологічних процесів комбайнового проведення виробок (руйнування масиву, видалення

продуктів руйнування за межі виробки і забезпечення стійкості відслонених поверхонь у межах заданого терміну) повинні забезпечувати максимальну ефективність потоково-циклічної організації робіт у привибійному просторі виробки. У цьому зв'язку виробничі операції, що спрямовані на вирішення цих завдань, розглядаються як основні операції транспортно-технологічного процесу.

Розглядаючи технологію комбайнового проведення пластових підготовчих виробок як сукупну систему, об'єднуючу три основні процеси (підсистеми), можна стверджувати, що за час виконання процесу «кріплення» підсистема «транспорт» зобов'язана видалити продукти руйнування за межі контуру виробки і до моменту закінчення операцій із забезпечення стійкості відслонених поверхонь привибійного простору повинна бути готовою до виконання операцій наступного циклу, тобто до руйнування масиву.

З урахуванням можливих втрат часу при виконанні обмінно-транспортних операцій умова синхронізації елементів системи «підготовчий вибій – транспорт по виробці» повинна мати вигляд:

$$\sum T_M + T_{з.с} + T_{н.с} + T_{р.с} + T_{пр.с} \leq T_{кр}, \text{ хв/м}^3, \quad (2.15)$$

де  $\sum T_M$  – час маневрів;  $T_{з.с}$  – час завантаження вагонеток під перевантажувачем прохідницького комбайна;  $T_{н.с}$  – час руху навантаженого поїзда від підготовчого вибою до місця розташування бункера;  $T_{р.с}$  – час розвантаження поїзда саморозвантажних вагонеток;  $T_{пр.с}$  – час руху порожнього поїзда від бункера до вантажного пункту підготовчого вибою.

#### **2.4. Оцінка впливу організаційно-технічних факторів на темпи проведення виробок і завантаженість прохідницьких бригад**

Раціональна підготовка запасів вугілля в зонах тектонічних порушень і своєчасне відтворення очисного фронту при розширенні меж шахтних полів забезпечуються продуктивною роботою транспортно-технологічних схем і ефективною організацією прохідницьких робіт.

Відповідно до прийнятих в регіоні схем відпрацювання запасів вугілля для підготовки нового виїмкового стовпа необхідно пройти 2000 – 2400 м підготовчих виробок. Практика показала, що значне збільшення навантажень на вибої, які обладнано високопродуктивними очисними комплексами, вимагає і відповідної координації технологічних схем і темпів проведення похилих підготовчих виробок (вентиляційних і збірних хідників).

Основною умовою своєчасної підготовки нової виїмкової ділянки (стовпа) є виконання необхідних об'ємів прохідницьких робіт за той період часу, упродовж якого відпрацьовується діюча виїмкова ділянка з урахуванням резерву часу (до 25 – 40 %) на перевиконання плану видобутку вугілля, а також монтажні й пусконаладжувальні роботи.

Відповідно до рекомендацій [103, 104] тривалість відпрацювання виїмкової ділянки розраховується для конкретних умов видобутку вугілля і в загальному випадку складає:

$$t_{\min}^{\text{відп}} = \frac{H_{\min} l m \gamma}{b Q_{\max}}, \text{ міс.}, \quad (2.16)$$

де  $H_{\min}$  – мінімальна довжина виїмкового стовпа (поля), м;  $l$  – довжина очисного вибою, м;  $m$  – потужність пласта, м;  $\gamma$  – щільність вугілля, т/м<sup>3</sup>;  $b$  – кількість робочих днів у місяці;  $Q_{\max}$  – максимальне навантаження на очисний вибій, т/добу.

Відповідно тривалість проведення комплексу підготовчих виробок нового виїмкового стовпа буде [105]:

$$t_{\min}^{\text{підг}} = 0,75 t_{\min}^{\text{відп}}, \text{ міс.} \quad (2.17)$$

Проте, як показала практика, такі вимоги прийнятні для комбайнового способу проведення виробок лише по пластах із сприятливими гірничо-геологічними умовами і при відповідності рівнів механізації підготовчих і очисних робіт.

У працях науковців ІГС ім. О.О. Скочинського [9, 43, 53] відзначається, що одним з основних виробничо-технічних чинників, які впливають на вибір технологічної схеми й організації прохідницьких робіт, є термін проведення виробки, який забезпечує своєчасне та якісне відтворення очисного фронту:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{відп}} - \sum t_{\text{рез}} = \frac{L l h \rho}{N Q} - \sum t_{\text{рез}}, \text{ міс.}, \quad (2.18)$$

де  $t_{\text{пр}}$  – тривалість проведення виробок при підготовці виїмкового стовпа до відпрацювання, міс.;  $t_{\text{відп}}$  – тривалість відпрацювання виїмкового стовпа, міс.;  $\sum t_{\text{рез}}$  – сумарний резерв часу, що враховує можливе перевиконання плану видобутку вугілля, необхідність виконання додаткового об'єму прохідницьких робіт, робіт з відведення води, монтажу устаткування та ін; міс.  $\sum t_{\text{рез}} = (0,25 - 0,4) t_{\text{відп}}$ ;  $L$  – середня довжина виїмкового стовпа, м;  $l$  – середня довжина очисного забою, м;  $h$  – середня потужність вугільного виїмкового пласта, м;  $\rho$  – середня щільність вугілля, т/м<sup>3</sup>;  $N$  – кількість робочих днів у місяці;  $Q$  – середньодобове навантаження на очисний вибій, т.

Проте в специфічних умовах залягання вугільних пластів на ділянках шахтного поля, що прирізуються, заплановані показники тривалості проведення  $t_{\text{пр}}$  і відповідно темпи посування підготовчих вибоїв за місяць необхідно коригувати практично щодоби, а іноді й кожну зміну. Зумовлено це тим, що тривалість проведення підготовчих виробок при відомій їх проектній довжині залежить не лише від загальноприйнятих показників, таких як темпи посування вибою за зміну, режим роботи з проведення, кількість робочих днів

у місяці, але і від адаптаційної здатності прохідницького і транспортного устаткування до реальних умов його експлуатації. У подібних ситуаціях планування темпів посування підготовчого вибою за зміну (м) рекомендовано визначати з урахуванням коефіцієнта адаптації технологічного і транспортного устаткування:

$$v_{зм} = \frac{60l_{ц}(t_{зм} - t_{пз})k_{адп}}{t_{ц}}, \quad (2.19)$$

де  $l_{ц}$  – посування вибою за цикл, м;  $t_{зм}$  – тривалість зміни, хв;  $t_{пз}$  – тривалість підготовчо-завершальних операцій, хв;  $k_{адп}$  – коефіцієнт адаптації транспортно-технологічної схеми, що враховує потенційні можливості устаткування і нерегламентовані перерви і простої, пов'язані з відновленням шляху і проектного перерізу виробки, що визначається як відношення їх загальної тривалості до тривалості зміни;  $t_{ц}$  – тривалість циклу, хв.

При підготовці пластів, що залягають у заскидних частинах шахтного поля з нестійкими породами, посування вибою за цикл залежить від темпів пересування тимчасового кріплення, а при його відсутності – від відстані між рамами постійного кріплення, що зазвичай не перевищує 0,8 м.

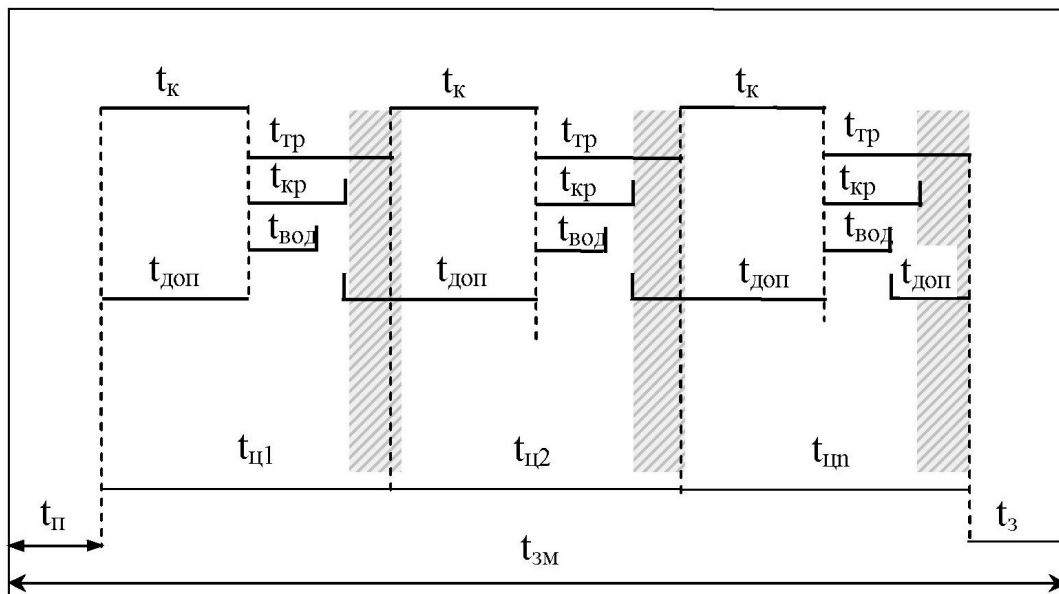
Характерною особливістю шахт Західного Донбасу є те, що звітна документація, плановані показники роботи підготовчих вибоїв і трудомісткість усіх операцій прохідницького циклу віднесені до установки однієї рами кріплення.

На рис. 2.9 наведено характерну для шахт цього регіону планограму процесів комбайнового проведення виробок з локомотивною відкаткою вантажів, з якої видно, що кожен цикл робіт  $t_{ц1}$ ,  $t_{ц2}$ ,  $t_{цп}$  в підготовчому вибої розпочинається з роботи комбайна  $t_{к}$  і закінчується процесами кріплення виробки  $t_{кр}$  і транспортування вантажів  $t_{тр}$ . Допоміжні процеси  $t_{доп}$  і операції з облаштування водостічної канавки  $t_{вод}$  поєднані з процесом кріплення і практично не впливають на тривалість його виконання.

З метою координації організаційно-технічних показників роботи елементів системи «підготовчий вибій – транспорт по виробці» програмою і методикою досліджень [106] запропоновано посування вибою за зміну (добу) задавати кратним кількості рам постійного кріплення, що зводяться. Передбачається також, що у випадках застосування рейкових видів транспорту це дозволить частково поєднати процес кріплення з відкаткою гірської маси з вибою та обміном партій навантажених вагонеток на порожні.

Таким чином, тривалість прохідницького циклу дорівнюватиме сумарній тривалості всіх процесів і операцій з урахуванням можливого їх поєднання в часі. За відсутності поєднання, коли основні процеси й операції виконуються послідовно, прохідницькі цикли чітко розділяються між собою в часі.

Характерною особливістю такої технологічної схеми є циклічність виконання операцій з наявністю вимушених перерв у роботі устаткування.



$t_k$ ,  $t_{кр}$ ,  $t_{тр}$  – відповідно тривалість роботи комбайна, кріплення виробки і транспортування вантажів;  $t_{вод}$  – тривалість облаштування водовідвідної канавки;  $t_{доп}$  – тривалість виконання допоміжних процесів;  $t_{ц1}$ ,  $t_{ц2}$ , ...  $t_{цn}$  – відповідно тривалість 1, 2, ..., n-го циклів;  $t_п$  і  $t_з$  – відповідно тривалість підготовчих і завершальних операцій;  $t_{зм}$  – тривалість зміни

Рис. 2.9. Планограма процесів комбайнового проведення виробок при циклічному транспорті

У зв'язку з цим тривалість прохідницького циклу (хв) при комбайновому проведенні виробок може бути визначена як:

$$t_{ц} = t_{ц} + (1 - k_{п.кр}) t_{кр} + (1 - k_{п.тр}) t_{тр} + (1 - k_{п.вод}) t_{вод} + (1 - k_{п.доп}) t_{доп}, \quad (2.20)$$

де  $k_{п.кр}$ ,  $k_{п.тр}$ ,  $k_{п.вод}$ ,  $k_{п.доп}$  – відповідно коефіцієнти, що враховують поєднання кріплення, транспортування гірської маси, відведення води з вибою і допоміжні процеси з роботою комбайна і між собою.

Кількісні значення коефіцієнтів  $k_{п.кр}$ ,  $k_{п.тр}$ ,  $k_{п.вод}$ ,  $k_{п.доп}$  визначаються як відношення тривалості процесу, поєданого з роботою комбайна або іншими процесами прохідницького циклу, до загальної його тривалості.

Відповідно до рекомендацій [69] при роботі прохідницького вибою за циклічною технологічною схемою, тобто коли відсутні поєднання основних і допоміжних операцій, ці коефіцієнти прирівнюються до нуля. При поточної технологічній схемі проведення виробок, коли гірська маса від комбайна передається на конвеєрний ланцюг і практично повністю поєднуються процеси прохідницького циклу, зазначені коефіцієнти дорівнюють одиниці. При частковому поєднанні процесів виймання і навантаження коефіцієнт має проміжне значення.

Результати детального вивчення фактичного стану транспортно-технологічних процесів комбайнового проведення виробок у західному крилі блоку № 1 шахти «Західно-Донбаська» показали, що тривалість окремого процесу залежить від трудомісткості й об'єму робіт, які необхідно виконати для того, щоб забезпечити посування вибою за цикл, продуктивності вживаних засобів механізації, а при їх відсутності – від кількості робітників, які беруть участь у його виконанні.

Встановлено, що на продуктивність підготовчих вибоїв істотно впливають втрати часу при виконанні основних процесів комбайнового проведення виробок, а також простої прохідницького устаткування і привибійних транспортних комплексів.

Для визначення шляхів підвищення продуктивності привибійного прохідницького і транспортного устаткування всі зупинки тривалістю більше 30 хв було класифіковано і зібрано в групи.

Середньозмінні темпи комбайнового проведення у спостережуваних підготовчих вибоях ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» склали 1,6 п.м, втрати часу при цьому були 130,4 хв/зм, а середні втрати проведення одного прохідницького вибою 0,53 м/зм.

Об'єм середньозмінних втрат визначався індивідуально для кожного досліджуваного вибою з урахуванням фактичного об'єму проведення з одного циклу (метрів проведення на одну раму кріплення) і технологічного часу виконання одного циклу:

$$V_B = T_B \cdot \frac{V_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ м/раму}, \quad (2.21)$$

де  $T_B$  – втрати часу, хв;  $V_{\text{ц}}$  – фактичний об'єм проведення виробки з одного циклу, м/раму;  $T_{\text{ц}}$  – фактичний технологічний час виконання одного циклу, хв.

У технологічний час одного циклу в підготовчому вибої увійшов час виконання таких технологічних операцій, як руйнування вибою комбайном (машинний час); монтаж кріплення (з урахуванням часу транспортування матеріалів на відстань не більше 50 м); технологічний час обміну вагонів, який не поєднано з часом кріплення, а також інші операції, не поєднані з руйнуванням і кріпленням вибою (подрібнення великогабаритних шматків породи, маневри комбайна, нарощування рейкового шляху, вентиляційного ставу та ін.).

Зазначимо, що технологічний час виконання перерахованих процесів і операцій у підготовчому вибої визначається їх трудомісткістю. Трудомісткість окремого  $i$ -го процесу прохідницького циклу (люд-хв) може бути визначена так:

$$T_i = (n_{m_i} / (k_{m_i} P_i) + (1 - k_{m_i}) R_i) W_i, \quad (2.22)$$



де  $n_m$  – чисельність прохідників, які зайняті на обслуговуванні засобів механізації, що використовуються при виконанні  $i$ -го процесу;  $k_{ni}$  – коефіцієнт надійності засобів механізації, що використовуються при виконанні  $i$ -го процесу;  $P_i$  – продуктивність засобів механізації, які використовуються при виконанні  $i$ -го процесу, од/хв;  $k_{mi}$  – коефіцієнт механізації відносно  $i$ -го процесу (визначається як відношення трудомісткості механізованих операцій до загальної трудомісткості процесу);  $R_i$  – загальна трудомісткість виконання  $i$ -го процесу вручну на одиницю об’єму, яка задається за існуючими нормативними документами, люд-хв;  $W_i$  – об’єм робіт за  $i$ -м процесом на цикл, одиниць.

Тривалість роботи комбайна (хв) при посуванні забою за цикл (крок встановлення рами кріплення) може бути визначена за формулою:

$$t_k = \frac{l_{ц} S_{np}}{P_k}, \quad (2.23)$$

де  $l_{ц}$  – посування вибою за цикл, м;  $S_{np}$  – площа поперечного перерізу виробки, що проводиться, в проходці, м<sup>2</sup>;  $P_k$  – фактична продуктивність комбайна в цих умовах, м<sup>3</sup>/хв.

За даними досліджень фактичного розподілу балансу робочого часу в прохідницьких бригадах шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», час виймання гірського маси комбайнами нового покоління типу 1ПК-110 і КСП-32 в сухих, зневоднених вибоях у середньому складав 27 %, а продуктивність за встановленими рамами під час спостереження досягала 0,32 – 0,36 м<sup>3</sup>/хв.

За однакових умов роботи прохідницьких бригад (переріз виробок, гірничо-геологічні умови, крок встановлення кріплення, матеріал затягування та ін.) спостерігаються дуже різні показники продуктивності по вибоях. Незначне розходження показників продуктивності вибоїв по бригадах № 1 і 2 свідчить про відносно рівномірну завантаженість робітників у бригадах при проведенні й кріпленні виробок. Завантаженість робітників у бригаді № 3 у 1,8 раза нижча, ніж у бригадах № 1 і 2, що обумовлено нижчою кваліфікацією робітників і організацією праці. При існуючій технології та організації проведення гірничих виробок у трьох прохідницьких бригадах за 2 зміни спостережень сумарний час перерв склав 9 год 56 хв, у тому числі: у бригаді № 1 – 6 год 2 хв; у бригаді № 2 – 1 год 7 хв; у бригаді № 3 – 2 год 47 хв.

Мінімальні втрати часу на регламентовані й нерегламентовані перерви і високі темпи проведення досягнуто у 854 збірному штреку бригадою № 2, де транспортування гірської маси здійснювалося телескопічним стрічковим конвеєром ЛТ-80.

Отримані фактичні показники свідчать, що продуктивність комбайнів складає всього 54,7 % від технічного ліміту, встановленого за McKinsey, проте паспортна продуктивність цього типу комбайнів 24 % (рис. 2.10). Аналогічна ситуація спостерігається і в прохідницьких вибоях при застосуванні комбайнів типу ГПКС і 4ПП-2, у яких фактична продуктивність була в 3 – 5 разів нижче теоретичної.

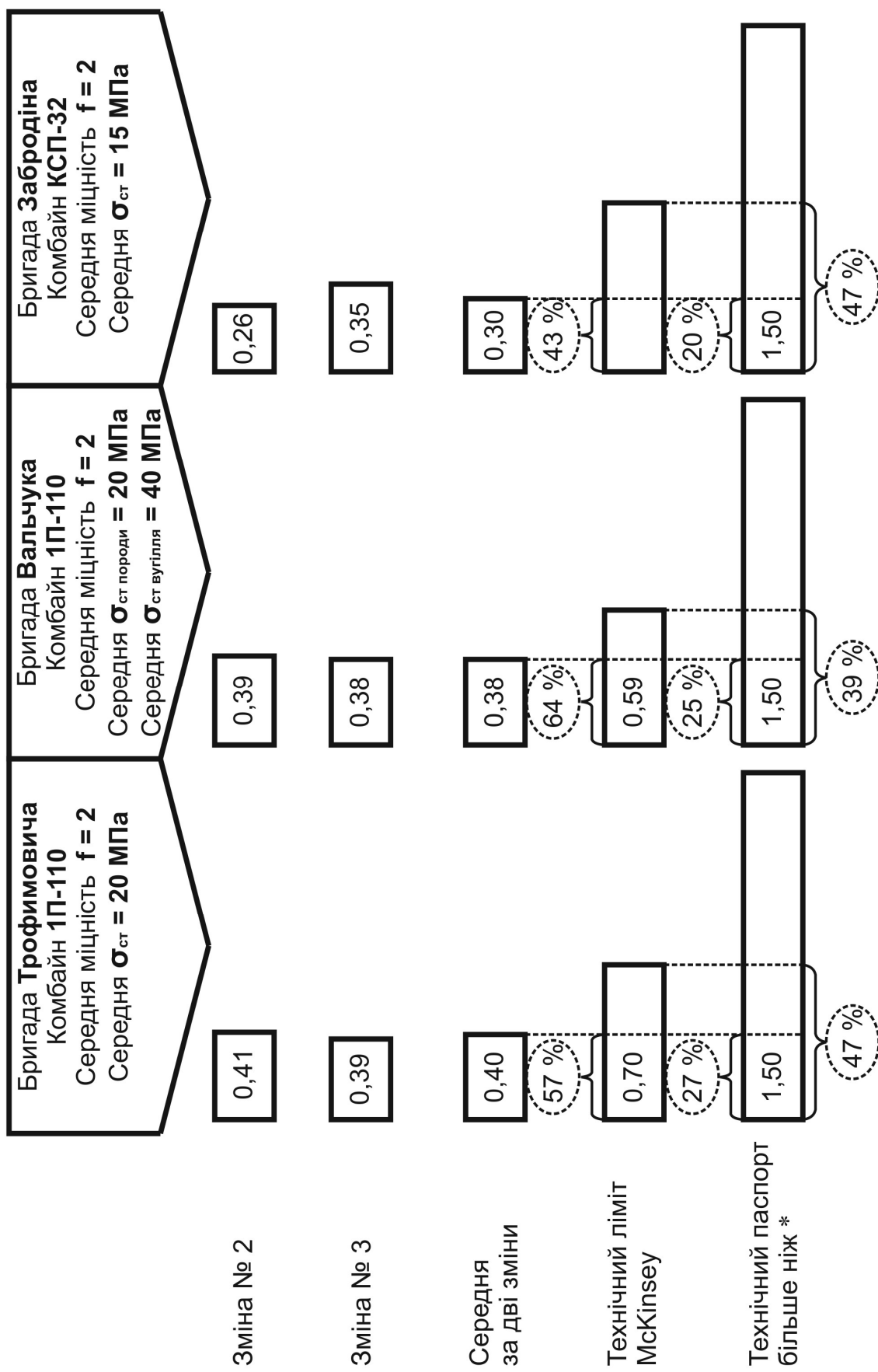


Рис. 2.10. Продуктивність прохідницьких комбайнів при проведенні дільничних підготовчих виробок:

- середня продуктивність у бригаді Трофимовича  $0,4 \text{ м}^3/\text{хв}$  –  $57\%$  технічного ліміту,  $27\%$  паспортної продуктивності,
- середня продуктивність у бригаді Вальчука  $0,38 \text{ м}^3/\text{хв}$  –  $64\%$  технічного ліміту,  $25\%$  паспортної продуктивності,
- середня продуктивність у бригаді Забродіна  $0,3 \text{ м}^3/\text{хв}$  –  $43\%$  технічного ліміту,  $20\%$  паспортної продуктивності

Тривалість частково механізованих процесів, що передбачають виконання певного об'єму робіт вручну, визначається не лише продуктивністю вживаного устаткування, але і кількістю робітників, які беруть участь у їх виконанні. При цьому поєднання операцій, що виконуються вручну, з механізованими, виходячи з умови безпеки, можливо тільки у разі знаходження прохідників поза зоною роботи устаткування.

Істотний вплив на швидкість проведення виробок мають також і недоліки в організації робіт з транспортування вантажів і обміну навантажених вагонеток на порожні. Результати аналізу роботи 20 прохідницьких вибоїв з канатною відкаткою вантажів у вагонетках і 32 вибоїв з локомотивною підтвердили, що в умовах активного здимання порід підшоши істотні корективи в типові схеми проведення виробок вносять особливості переміщення вантажів по виробці. Наприклад, у традиційних схемах, де застосовується кінцева відкатка вантажів, при комбайновому проведенні штреків за схемою знизу вгору проектами передбачається завантаження поїздів з 4 – 6 вагонеток і одночасне переміщення їх по виробці.

Проте на практиці через активне здимання порід підшоши і знакозмінний профіль шляху фактично транспортують по виробці одну або дві вагонетки. Для виконання операцій з обміну навантажених вагонеток на порожні в гирлі виробки передбачають облаштування спеціальних тупикових заїздів, обслуговування яких покладається на гірників прохідницької ділянки. Тупиковими заїздами можуть служити виробки, які гасяться, відпрацьованих виїмкових стовпів. Типову технологічну схему обміну вагонеток при проведенні конвеєрного хідника наведено на рис. 2.11.

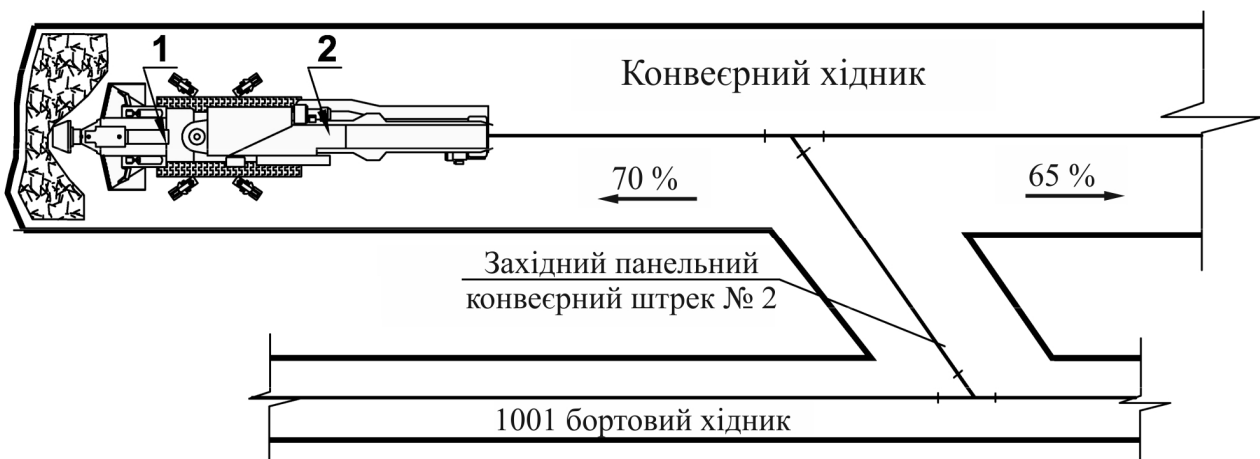


Рис. 2.11. Проведення конвеєрного хідника:  
1 – комбайн 4ПП-2М; 2 – перевантажувач УПЛ-2

Конвеєрний хідник проведено за підняттям пласта  $C_{10}$  (гор. 265 м). Загальна довжина виробки складає  $L = 1300$  м, площа перерізу  $S = 15,5$  м<sup>2</sup>. Під час проведення хронометражних спостережень ділянкою ШПУ-5 було пройдено 650 м. Схема транспортування гірської маси від вибою включає такі операції:

– партію порожніх вагонеток подають від пристовбурного двору по 1001 бортовому штреку до місця роз'їзду на конвеєрному квершлагу;

– партію порожніх вагонеток встановлюють на ухилі ( $i \approx 0,065$ ) вище роз'їзду в бік західного панельного конвеєрного штреку;

– рухомий склад загальмовують, тобто колеса вагонеток кріплять до рейок хомутами;

– усі маневрові операції в межах ділянки, включаючи і протягання партії вагонеток при навантаженні, здійснюють двома спареними електровозами типу АМ-8Д, закріпленими за цією ділянкою.

Обмін партії навантажених вагонеток на порожні здійснюється так:

– електровоз виїжджає за роз'їзд звільняючи лінію конвеєрного хідника;

– звільняючи чотири вагонетки від хомутів, дають їм можливість самокатом проїхати повз місце роз'їзду (у бік вибою);

– «підхоплюють» цю партію вагонеток ззаду електровозом, не даючи можливості вчинити зворотний хід;

– доставляють вагонетки під стрілу стрічкового перевантажувача УПЛ-2;

– відбиту гірську масу навантажують за допомогою перевантажувача у вагонетки.

Після закінчення завантаження партії вагонеток їх везуть двома електровозами униз по конвеєрному квершлагу. Не доїжджаючи двадцяти метрів до роз'їзду, електровоз відчіпляється від рухомого складу, завчасно його загальмовують хомутами, і виїжджає по шляху конвеєрного квершлагу за роз'їзд у бік західного панельного конвеєрного штреку № 2. Перевівши стрілку на рейці і розгальмувавши партію навантажених вагонеток, дають можливість їм самокатом з'їхати зі шляху конвеєрного квершлагу в бік 1001 бортового штреку, звідки магістральним електровозом її транспортують до пристовбурного двору.

Результати хронометражних спостережень за роботою окремих ланок прохідницьких бригад у процесі виконання навантажувальних, маневрових і транспортних робіт при проведенні гірничих виробок на шахті «Дніпровська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» наведено у табл. 2.2 та 2.3. Аналіз результатів дослідження показав, що для забезпечення виконання виробничого плану проведення виробок (190 м/міс) потрібно 20 – 25 порожніх вагонеток у кожен зміну. Проте потреба реалізується тільки на 40 – 50 %, що є однією з головних причин вимушених простоїв. Паралельно з цим простої викликаються не лише гірничо-геологічними умовами, але і низькою мірою очищення порожніх вагонеток при їх розвантаженні.

Закріплення рухомих складів вагонеток за маршрутами операції з вивантаження породи з шахтних вагонів необхідно розглядати як завершальну стадію транспортно-технологічних процесів комбайнового проведення виїмкових виробок із застосуванням надгрунтових канатних доріг. Оперативні відомості про повноту вивантаження породи з вагонів є вихідною інформацією для прохідницької ланки відносно рівня готовності транспортно-технологічної системи до виконання нового циклу робіт з проведення виробки.

Таблиця 2.2

Дані хронометражних спостережень щодо проведення 1037 бортового штреку на шахті «Дніпровська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

№ піт	Кількість вагонеток	Час руху склади, мв				Причина інциденту	Час маневрів з обміну партії вагонеток		№ партії вагонеток	Кількість вагонеток у партії	Час завантаження вагонетки	Час завантаження партії вагонеток		Причина інциденту
		Від пристовбурного двору	До пристовбурного двору	без управління застрямок	з управління застрямок		порожніх вагонеток	навантажених вагонеток				без управління застрямок	з управління застрямок	
1	8 порожніх вагонеток		12				9	4	I	4	4	19	47	Цілохвостова ломкратна механізація підйому стріли козбайна
2	9 навантажених вагонеток			15			10	5	II	7 8 5 5		25	46	Робота виконується з одним ломкратом механізація підйому стріли козбайна
3	11 порожніх вагонеток		14	19		11	4							
4	10 навантажених вагонеток			15			6	4 4	III	4 6 9 4		23	37	
5	4 порожніх вагонетки		12				6	13 10	IV	8 8 3 9		28	45	
6	12 порожніх вагонеток		13				5 7	6 6	V	8 8 5 4		22	28	
7	10 порожніх вагонеток		19	28		Двічі вагонетки сходили з рейок	9	8	VI	3 5 5 7		20	35	
8	11 навантажених вагонеток			14			9 55	19 15	VII	4 7 5 4		20	20	Сушня електровою з рейок

Таблиця 2.3

Дані хронометражних спостережень щодо маневрових і навантажувальних операцій на шахті «Дніпровська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

№ рейсу	Довжина транспортування, м	Вид вантажу	Навантажувальні операції						Маневрові операції				№ партії вагонеток	Причини затримок
			Число вагонеток у партії	Час завантаження однієї вагонетки, хв	Ураховування затримок	без ураховування затримок	3 ураховуванням затримок	Причини затримок	дільничним електровозом	лебідкою	Коефіцієнт використання закришеного електровоза			
1	4000	5 порожніх вагонеток	4,5	25	25	25		25	4	Підйом		I	Зійшла з рейок вагонетка	
2		10 навантажених вагонеток	4,0											3,5
3		12 порожніх вагонеток	3,5	4,5	4,0	3,5	3,5	4,0	5	2,5		II	Зійшла з рейок вагонетка. Зійшов з рейок електровоз	
4		12 навантажених вагонеток	4,0	3,5	3,5	4,0	22,5	22,5	3	2		III		
5		10 порожніх вагонеток	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,5	4	1,5		IV	Зійшов з рейок електровоз	
6		9 навантажених вагонеток	4,0	4,0	4,0	4,0	20	20	3	2		V	Зійшла з рейок вагонетка	
7		12 порожніх вагонеток	3,5	5,5	4,0	3,5	38	38	4	1,5	Зрив зчеплення стрічки на барабані конвеєра			
8		13 навантажених вагонеток	4,0	3,5	3,5	4,0	20	20	3	2				
9		12 порожніх вагонеток	3,0	3,0	3,5	3,0	26	26	3	2				
10		12 навантажених вагонеток	3,5	3,5	3,5	4,0								

Зумовлено це тим, що однією з причин зниження темпів проведення виробок з вини транспорту є відхилення експлуатаційних параметрів шахтних вагонів через налипання породи на стінки та днище їх кузова. Зміна параметрів шахтних вагонів зумовлена технологією проведення виїмкових виробок. Згідно з вимогами Правил безпеки руйнування комбайном породного масиву супроводжується його зрошуванням. Тому в шахтні вагони завантажуються гірська маса (порода, вугілля) вологістю понад 50 % і липкістю до 75 г/см<sup>2</sup>. При транспортуванні гірської маси в протяжних викривлених виробках зі знаковміним профілем рейкового шляху відбувається інтенсивне ущільнення вологої породи і налипання її в кузові вагонеток.

До цього часу дане явище залишається маловивченим. Експериментально доведено, що в результаті періодичного налипання породи корисний об'єм кузова шахтного вагону зменшується за експонентаційною залежністю від об'єму шару гірської маси, що налипає, і до кінця зміни знижується на 25 – 30 % (рис. 2.12).

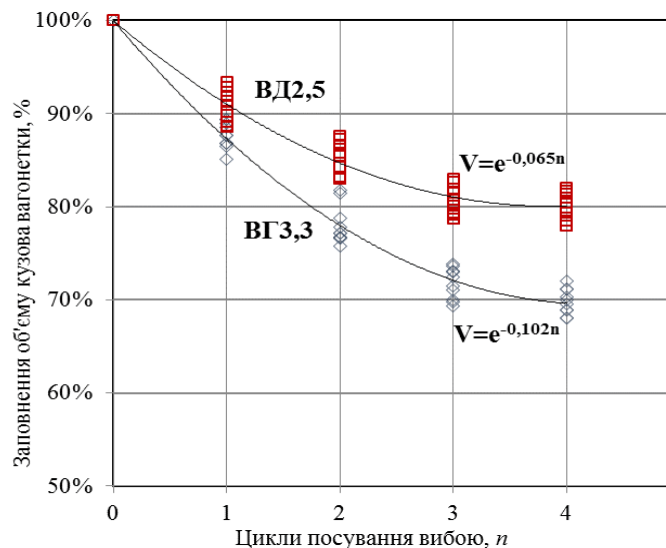


Рис. 2.12. Характер зниження об'єму вагонетки при налипанні породи

Об'єми налиплої породи визначалися шляхом перерахунку ваги відбитої з кузова гірської маси в об'єм відповідно з виразом  $G = V\gamma$ . У процесі шахтних експериментів було також встановлено, що подача заштибованих вагонів потребує змін схеми виймання вугілля і породи комбайном і планограми робіт. Як наслідок наприкінці зміни залишається цілик у центрі вибою, порушується графік виконання гірничопрхідницьких робіт у привибійному просторі. Більше того, з вини транспорту знижуються темпи проведення виїмкових виробок на 0,53 м/зм та підвищуються енерговитрати, пов'язані з транспортуванням у шахтних вагонах «мертвого вантажу».

У практиці швидкісного проведення виробок за наявності немеханізованих прохідницьких процесів підвищення темпів посування вибою за зміну досягається шляхом збільшення чисельності робітників прохідницької ланки і поєднання робіт. У той же час, виходячи з умови безпеки, поєднання

механізованих операцій з ручними можливо тільки поза зоною роботи прохідницького устаткування. У зв'язку з цим найбільше поєднання ручних операцій у привибійному просторі виробки досягається з процесом кріплення.

Проте дослідженнями [86] встановлено, що збільшувати чисельність робітників ланки слід до певної межі, оскільки подальше зростання кількості прохідників веде до зниження продуктивності їх праці.

На рис. 2.13 наведено залежність продуктивності праці прохідника  $P_{пр}$  від чисельності робітників прохідницької ланки  $n_{лан}$  при циклічно-потоковій технологічній схемі організації робіт у підготовчому вибої з різними коефіцієнтами поєднання  $k_{с.кр}$  процесу кріплення з роботами, що виконуються вручну.

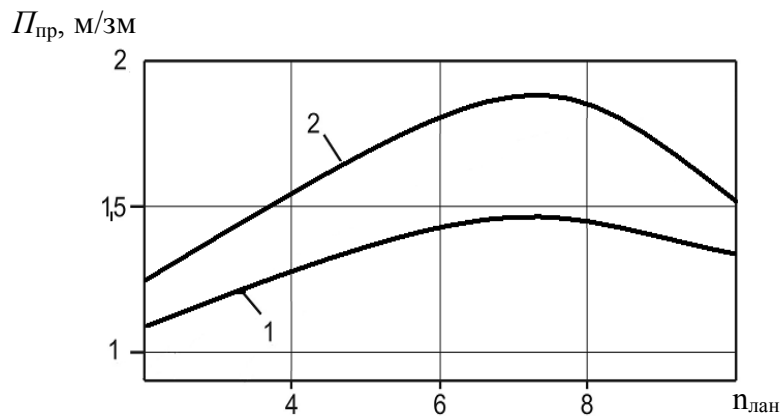
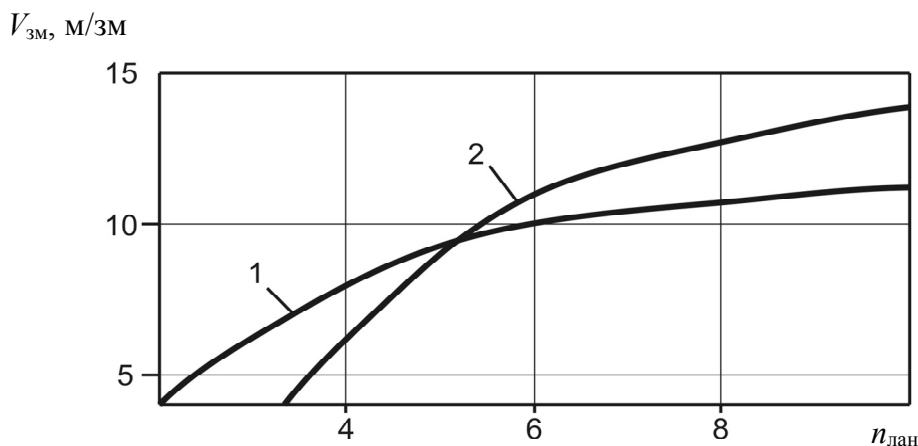


Рис. 2.13. Залежність продуктивності праці прохідника  $P_{пр}$  від чисельності робітників прохідницької ланки  $n_{лан}$  при циклічно-потоковій схемі організації робіт (1, 2 – з  $k_{с.кр}$  відповідно до 0,3; 0,5)

На рис. 2.14 наведено залежність змінної швидкості посування вибою  $V_{зм}$  від чисельності робітників прохідницької ланки  $n_{лан}$  при різних технологічних схемах організації робіт:



1 – циклічна; 2 – циклічно-потокова з коефіцієнтом  $k_{с.кр} = 0,25$

Рис. 2.14. Залежність змінної швидкості посування вибою  $V_{зм}$  від чисельності робітників прохідницької ланки  $n_{лан}$  при різних технологічних схемах організації робіт



Чисельність робітників, які беруть участь у виконанні різних операцій прохідницького циклу при застосуванні циклічної, потокової і циклічно-потокової технологічних схем організації робіт, може бути визначена шляхом побудови тимчасових технологічних ланцюжків (планогам) з урахуванням трудомісткості окремих видів робіт, їх поєднання в часі та чисельністю зайнятих на них прохідників і коригується на основі обробки цих хронометражних спостережень. При цьому чисельність змінної прохідницької ланки коливається від мінімально необхідної до максимально можливої величини.

Мінімальна чисельність прохідників  $n_{\min}$  визначається або їх потребою для обслуговування задіяних систем машин, або за умови виконання одиниці об'єму найбільш трудомістких видів немеханізованих робіт.

Наприклад, при обслуговуванні систем машин «комбайн – перевантажувач – конвеєр» на операції «руйнування – видалення гірської маси» відповідно до вимог правил технічної експлуатації потрібно не менше трьох робітників: машиніста комбайна, його помічника та оператора конвеєра [4, 76, 85, 107]. Таку саму кількість робітників, як мінімум, потрібно при зведенні арочного кріплення без кріплення встановлювач у виробках площею перерізу більше  $13 \text{ м}^2$  начорно, зважаючи на значну масу окремих елементів конструкцій. При найпростіших технологічних схемах, що вживаються у виробках з малою площею перерізу, відповідно до вимог правил безпеки у вибої повинно знаходитися не менше, ніж два робітники і т. д.

Досвід комбайнового проведення пластових виробок в умовах активного здимання порід підшоши показав, що для визначення максимальної  $n_{\max}$  кількості прохідників необхідно для кожного конкретного вибою досліджувати структуру операцій і видів робіт і зробити їх розподіл за категоріями  $a$ ,  $b$  і  $v$ . Враховуючи рекомендації [77, 108 – 111], до вказаних категорій віднесено такі роботи:

а) що не поєднуються одна з одною у часі, з чітко регламентованою кількістю ( $n_a$ ) прохідників на їх виконання (параметри трудомісткості й тривалість робіт відповідно  $T_a$  і  $t_a$ );

б) що не поєднуються у часі одна з одною і з роботами, які входять до категорії  $a$ , кількість прохідників на яких не регламентована, проте вона не повинна перевищувати певної величини  $n_{\text{крит}}$ , що встановлюється виробничим досвідом (параметри цих робіт відповідно  $t_b$ ,  $T_b$  і  $n_b$ );

в) усі інші види, які можуть бути технологічно поєднані одна з одною і з роботами, які входять до категорій  $a$  і  $b$  (параметри цих робіт відповідно  $t_v$ ,  $T_v$  і  $n_v$ ).

Роботи категорій  $a$  і  $b$  згідно з їх характеристикою визначають тривалість прохідницького циклу або його лімітуючий тимчасовий технологічний ланцюжок. Передбачається, що на роботах категорії  $b$  може бути використана вся змінна ланка прохідників. У цьому випадку всі роботи категорії  $v$  мають бути повністю поєднані в часі з роботами категорії  $a$  ( $t_a = t_b$ ).

Тоді

$$\sum_1^i \frac{T_{ai}}{n_{ai}} = t_n; \quad \frac{\sum_1^j T_{ej}}{t_a} = n_e; \quad \frac{\sum_1^i T_{ai}}{t_a} = n_a; \quad (2.24)$$

де  $i$  – кількість видів робіт категорії  $a$ ;  $j$  – те саме для категорії  $e$ ; сума складає чисельність прохідників у змінній ланці:

$$n_a + n_b = n_{зв} \leq n_{крит}. \quad (2.25)$$

Якщо  $n_{зв} > n_{крит}$ , то максимальна кількість ланки задається такою, що дорівнює величині  $n_{крит}$  з відповідним перерозподілом робітників за тимчасовим технологічним ланцюжком (лімітуюча частина ланцюжка збільшується за рахунок скорочення кількості прохідників на роботах категорії  $e$ ).

У роботі [112] наведено методику розрахунку об'ємів робіт відповідно до процесів протягом зміни і максимальної кількості робітників при застосуванні навантажувально-транспортного обладнання нового покоління зі зміною режиму та організації роботи бригади.

При циклічній технологічній схемі організації робіт та застосуванні безперервного (конвеєрного) транспорту і відсутності тимчасового кріплення вибою (рис. 2.1, схема 1) виконується при зупиненому комбайні. У цьому випадку чисельність робітників, які беруть участь у кріпленні, дорівнює чисельності робітників ланки з урахуванням машиніста прохідницького комбайна.

При застосуванні технологічних схем з циклічними видами транспорту і частковим поєднанням основних і допоміжних процесів (рис. 2.9) чисельність прохідників, які беруть участь у виконанні операції «кріплення», залежить від загальної чисельності робітників у ланці та організаційно-технічних чинників, що вимагають відволікання робітників високої кваліфікації на виконання допоміжних операцій, тобто

$$n_{кр} = \frac{(n_{зв} - n_o)(n_{зв} - n_{вд} - n_o)}{n_{зв} - n_o - (1 - n_{с.кр})n_{вд}}, \quad (2.26)$$

$$n_o = n_{зв} - n_{вд} - n_{кр}, \quad (2.27)$$

$$n_d = n_{зв} - n_k, \quad (2.28)$$

де  $n_{зв}$  – загальна чисельність робітників у ланці;  $n_{кр}$ ,  $n_o$ ,  $n_{вд}$ ,  $n_k$  і  $n_d$  – чисельність робітників, зайнятих відповідно кріпленням, обміном навантажених вагонеток на порожні, облаштуванням водовідвідної канавки, управлінням комбайном і допоміжними роботами.

Виконаний аналіз чинників, стримуючих збільшення темпів проведення виробок, показав, що до найбільш поширених допоміжних робіт, які вимагають постійного відволікання робітників прохідницької ланки, належать

передусім маневрові операції із заміни навантажених вагонеток на порожні (табл. 2.1).

Згідно з [73] виконання маневрових операцій у тупикових заїздах повинні обслуговувати двоє робітників. У зв'язку з цим при кожному черговому циклі виймання із складу прохідницької ланки спрямовуються один-два кваліфікованих прохідника для виконання маневрових операцій у гирлі виробки. Таким чином, трудовитрати на виконання операцій з оформлення вибою фактично розподіляються на число прохідників  $n - 2$ .

Зазначимо, що при видаленні прохідницького вибою від гирла виробки на відстань до 250 – 300 м періодичне відволікання кваліфікованих робітників на маневрові операції істотно не впливає на виконання запланованих темпів проведення виробок. Проте при віддаленні вибою від гирла виробки на відстань  $L > 300 - 350$  м у подібних ситуаціях «оголяється» фронт робіт по виконанню основних операцій прохідницького циклу, що призводить до зниження продуктивності праці прохідників.

Детальний аналіз виробничих ситуацій показав, що виконання цих операцій замість прохідників можуть здійснювати машиністи електровозів, постійно обслуговуючи конкретний прохідницький вибій, проте для цього необхідно змінювати форму оплати додаткових послуг і організацію роботи ділянки внутрішньошахтного транспорту.

Проаналізувавши вплив технічних і організаційних чинників, визначено, що більш значні швидкості проведення виробок можуть бути досягнуті завдяки підвищенню пропускної здатності транспорту і досконалої організації праці, що передбачає оптимальну чисельність прохідницької бригади.

При заданих темпах посування підготовчих вибоїв встановлена верхня межа трудомісткості гірничопрохідницьких робіт визначається за формулою

$$T = n_1 n_2 / v_n, \quad (2.29)$$

де  $n_1$  – кількість робочих змін у місяці;  $n_2$  – кількість прохідників у ланці;  $v_n$  – мінімально необхідні темпи проведення підготовчих виробок, м/міс.

Раціональна чисельність прохідницьких бригад, за даними досліджень ДонВУГІ, повинна складати 18 осіб для виробок площею перерізу в проходці до  $9 \text{ м}^2$ ; 21 – 24 особи для  $9 \text{ м}^2$  і більше. Такий кількісний склад бригад диктується оптимальною площею робочого простору на одну людину, при якій до мінімуму скорочуються непродуктивні втрати часу, збільшується поєднання процесів циклу, досягається максимальна продуктивність праці прохідника, ефективніше використовуються засоби механізації і ростуть темпи проведення виробок. Інші чинники, що впливають (міцність бічних порід, величина їх підривання, протяжність виробки та ін.), враховуються при визначенні величини посування прохідницького вибою за один цикл.

Для підтримки запланованих темпів посування вибою в зміну і збереження чисельності прохідницької ланки, необхідно в першу чергу механізувати процес кріплення і виконати транспорту розв'язку для підвищення ефективності

маневрових робіт з обміну навантажених вагонеток на порожні. Це дозволить збільшити продуктивність праці прохідника у 1,5 – 2 рази.

Одними з основних критеріїв, які впливають на продуктивність прохідницьких бригад на шахтах Західного Донбасу, є баланс часу роботи, перерв, очікування обміну навантажених вагонеток на порожні та відсутність останніх. Аналіз фактичного балансу робочого часу трьох прохідницьких бригадах шахти «Західно-Донбаська» показав, що за спостережуваний період 12 годин (дві зміни по проходці виробок) середній час роботи бригад у вибоях склав 5 год 58 хв, а час перерв – 6 год 02 хв. При цьому регламентовані перерви склали 3 год 10 хв, а нерегламентовані – 2 год 52 хв.

Результати порівняння часу роботи і перерв з об'ємами проведення гірничих виробок трьома прохідницькими бригадами за період спостереження – 12 годин (2 зміни) показали, що час роботи прохідницької ланки змінювався в межах 49,7 – 90,7 %, час перерв 9,3 – 50,3 %, а продуктивність роботи вибою 0,325 – 0,597 м.п./год. При цьому об'єм проведення пластових підготовчих виробок складав 3,0 – 6,5 м.п.

За результатами виконаних досліджень встановлено, що максимальна кількість робітників і продуктивність прохідницьких вибоїв за різними технологічними схемами коливається. Пояснюється це специфікою тієї або іншої схеми: особливостями устаткування, що застосовується, співвідношенням витрат ручної і механізованої праці, відповідністю вимогам правил безпеки і технічної експлуатації. При цьому параметри тривалості процесів і операцій значною мірою характеризують продуктивність вибою і разом з показниками трудомісткості робіт є основою для оцінки досягнутого рівня тієї або іншої транспортно-технологічної схеми.

## **2.5. Алгоритм моделювання енергозберіжних технологічних схем підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахтних полів**

Масштабність і структурна складність сучасних шахт є основою, щоб класифікувати їх як великі системи, складовим елементам (підсистемам) яких властива наявність єдиної мети. Функціональна діяльність шахти визначається і підтримується наявністю технологічних, матеріальних, енергетичних та інформаційних зв'язків, які найчастіше мають двосторонній характер.

Функціонування очисних і підготовчих вибоїв, внутрішньошахтного транспорту, автоматів, людей та інших підсистем шахти підпорядковане спільній меті – забезпеченню максимального видобутку вугілля при найкращому рівні техніко-економічних показників. Розлад режиму роботи в одних ланках поширюється на інші й призводить, як правило, до порушення нормального технологічного режиму всієї шахти. В особливій мірі це стосується внутрішньошахтного транспорту. Транспортування вугілля (гірської маси), матеріалів, людей, устаткування належать до одного з основних виробничих процесів, є невід'ємною частиною технології розробки вугільних родовищ і служить сполучною ланкою між суміжними процесами і підсистемами шахти.

Складання алгоритму роботи системи внутрішньошахтного транспорту базується на аналізі й синтезі результатів експериментальних і теоретичних досліджень експлуатаційних параметрів транспортних засобів на характерних для транспортного ланцюга ділянках. Проектування схем допоміжного транспорту і вибір устаткування для проведення підготовчих виробок доцільно визначати відповідно до діючої схеми внутрішньошахтного транспорту.

Підземний транспорт шахти складається з окремих транспортних ланок, які послідовно сполучаються між собою. Поєднання цих ланок у межах шахтного поля утворює систему підземного транспорту, яка включає схему транспортних виробок, види і типи транспортного устаткування для основних і допоміжних вантажопотоків.

У специфічних умовах шахт Західного Донбасу багатофункціональна і багатоланкова система внутрішньошахтного транспорту складається з великої кількості різнотипних навантажувально-розвантажувальних і транспортних установок, сумарна потужність електродвигунів яких не рідко перевищує потужність споживаної енергії устаткування таких енергоємних виробничих процесів, як очисні й підготовчі роботи, водовідвід, вентиляція. У зв'язку з введенням пільгових тарифів на споживану електроенергію, виникла необхідність переглянути існуючі технологічні схеми транспортування вугілля і породи в шахті від підготовчих вибоїв і доставки до них допоміжних вантажів.

Результати аналізу техніко-економічних показників роботи підготовчих вибоїв показали, що трудомісткість доставки допоміжних вантажів на конвеєризованих шахтах висока, і складає в середньому до 37 % загальної трудомісткості підземного транспорту. Особливо трудомісткими є процеси привибійного транспорту, об'єм і порядок виконання яких визначається технологічними схемами, складом застосовуваного навантажувально-транспортного устаткування та організаційними параметрами.

Зазначимо, що через низьку адаптаційну здатність і недосконалість діючих транспортно-технологічних схем комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок важливою проблемою всіх шахт України є своєчасне забезпечення фронту очисних робіт. Через неритмічну доставку допоміжних матеріалів і устаткування у вибої протяжних підготовчих виробок не виконуються терміни підготовки запасів, що плануються до очисного виймання. У зв'язку з цим для своєчасної підготовки запасів вугілля, що додатково прирізаються, основними завданнями адаптації діючих і створюваних транспортно-технологічних систем є такі:

а) створення і впровадження енергозбережних технологічних схем транспортування гірської маси з підготовчих вибоїв із застосуванням резервних місткостей;

б) розробка ефективних способів і засобів роздільної доставки вугілля і породи в умовах активного здимання порід підшви підготовчих виробок;

в) підвищення коефіцієнта обертальності вагонеток для забезпечення безперебійної роботи прохідницького устаткування і засобів привибійного транспорту;

г) комфортне перевезення людей до робочих місць у шахті з мінімальними втратами робочого часу на початку і в кінці зміни.

Вибір технологічних параметрів транспорту традиційно здійснюється розрахунковим методом, при якому не враховуються наявні значні відхилення багатьох чинників у часі від середніх величин і вплив цих відхилень на технологічний процес.

Шахтними експериментами встановлено, що в умовах інтенсивного здимання порід підошви на ефективність роботи транспортно-технологічних схем комбайнового проведення підготовчих виробок впливає велика кількість випадкових чинників, дію яких можна оцінити, користуючись імовірнісними категоріями. Тому вирішення задачі вибору оптимальних технологічних параметрів транспортної системи шахти слід шукати шляхом побудови і подальшого дослідження відповідної моделі імітації. Використаний при цьому метод статистичних випробувань дозволяє врахувати вплив на роботу системи величин резервних місткостей і пунктів вантажних операцій, нерівномірності вантажу, що змінюється, продуктивності відкатки вантажів по виробках зі знакозмінним профілем шляху, первинного розташування парку вагонеток, складності системи розвитку рейкового шляху та ін.

При підготовці запасів вугілля, що додатково прирізуються, модель імітації роботи технологічної схеми транспорту має бути універсальною, тобто забезпечувати можливість вирішення широкого кола завдань на основі розробленого алгоритму і забезпечувати досить близьке відтворення в моделі досліджуваного процесу.

У зв'язку з цим модель імітації роботи транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок включає такі блоки, що відповідають основним ланкам транспорту в шахті: НП – блок роботи навантажувального пункту прохідницького комбайна (навантажувальний пункт); ОС – блок обміну навантажених рухомих складів на порожні; РШ – блок розвитку рейкового шляху (транспорт по виробці); ВМ – блок вибору маршруту (дільничний і магістральний транспорт); РВ – блок розвантаження вантажу (розвантажувальний пункт), що надходить.

В умовах інтенсивного здимання порід підошви одним з основних чинників, що лімітує швидкість комбайнового проведення підготовчих виробок, є знакозмінний профіль рейкового шляху – базовий елемент блоку розвитку рейкового шляху транспортно-технологічної системи.

Блок розвитку рейкового шляху або функціонування транспортних засобів будується з окремих положень, які проходить локомотив. Ці положення пов'язані з переміщенням локомотиву від пристовбурного двору до навантажувального пункту і назад.

Відповідно до запропонованої структурно-логічної схеми при проектуванні пропускної здатності виробок, обладнаних рейковими видами транспорту, необхідно враховувати таке: дані про призначення транспортних виробок; перелік виробок, сформованих в однотипні групи за умовами відкатки; обґрунтований перелік устаткування рейкового транспорту; дані маркшейдерської зйомки профілю шляху; вимоги до господарства з розвитку

рейкового шляху і засобів безпеки; вимоги до організації руху рухомих складів і маневрів на кінцевих станціях; технологічну схему електровозної відкатки; обладнання електровозного транспорту; вимоги безпеки.

Більшість методик розрахунку параметрів транспортних засобів відбивають результати досліджень авторських колективів і тому мають певну спрямованість. Наприклад, у відомих роботах [21, 23, 50, 101, 113 – 115] детально висвітлений розрахунок параметрів шахтного локомотивного транспорту для маршрутів з важкими профілями шляху.

До важких відносять профілі с ухилами від 0,005 до 0,050 (до 50 ‰), на яких відповідно до правил безпеки при виконанні ланки додаткових вимог у шахтних виробках допускається використання локомотивного транспорту. Важкі профілі характерні для похилих виробок пластів пологого і похилого падіння і горизонтальних виробок з підшвами, схильними до здимання (шахти Західного Донбасу). Типовими для таких умов прийнято вважати профілі бремсбергів, які мають спуск у вантажному напрямку, ухилів, що мають підйом у вантажному напрямку, та складний, що має спуски і підйоми у вантажному напрямку.

У даній методиці наведено розрахунки шахтного електровозного транспорту для керівних ухилів. За керівний ухил маршруту приймають найбільший із затяжних ухилів. До них відносять ухили тих ділянок маршруту, довжина яких достатня для досягнення потягом установленної швидкості руху (50 – 100 м). Коли на маршруті є ділянка з важким профілем (ухилами близькими до 50 ‰), маршрут розбивають на дві або більше частини, для кожної з яких знаходять середній і керівний ухили.

Відокремлення деяких положень робиться, виходячи з таких принципів:

– в одному положенні може знаходитися лише один локомотив і, отже, чим на більшу кількість положень робиться розбиття, тим детальніше відтворюється процес руху;

– кожне положення може відповідати лише ділянці шляху, що має на всьому відрізку однорідну характеристику, при великій довжині вона може бути розбита на два або більшу кількість положень.

З урахуванням вищевикладеного в моделі імітації роботи транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок до основних характеристик блоку розвитку рейкового шляху віднесено:  $P$  – тип рейок, шпал;  $S_k$  – ширина колії;  $i$  – ухил шляху;  $R_{\min}$  – мінімальний радіус закруглення шляху;  $C$  – тип стрілкових переводів;  $\alpha$  – підхил рейки;  $\Delta h$  – перевищення однієї рейки над іншою;  $\Delta S_k$  – розширення (звуження) колії;  $k$  – кількість рейкових шляхів на ділянці;  $L_y$  – довжина, виражена часом проходження локомотивом ділянки шляху, що відповідає цьому стану;  $V$  – тип складності ділянки (простою ділянкою іменується одно- або двошляхова ділянка, перехід на яку з попередньої можливий, якщо вона вільна).

Основною операцією цього блоку є переведення локомотива в чергове положення (стан).

Блок роботи навантажувальних пунктів при комбайновому проведенні виробок пов'язаний з вхідним і вихідним положеннями (станом) локомотива. Прийнята схема привибійного транспорту визначає характер вступу

вантажопотоку від навантажувального пункту прохідницького комбайна на подальший транспортний ланцюг і засоби транспортування вантажів по виробці. Функціонування блоку залежить від таких характеристик:  $a_1$  – місткість завантажених вагонеток на навантажувальному пункті;  $a_2$  – місткість порожніх вагонеток на навантажувальному пункті;  $a_3$  – кількість вантажу, що поступає на навантажувальний пункт (випадкове число) за інтервал  $\Delta t$ ;  $a_4$  – місткість вантажної гілки навантажувального пункту;  $a_5$  – місткість порожньої гілки навантажувального пункту;  $a_6$  – нормативна продуктивність вантаження (максимальна пропускна здатність) навантажувального пункту за  $\Delta t$ ;  $a_{cp}$  – середня кількість вантажу, що поступає на навантажувальний пункт за інтервал  $\Delta t$ .

Блок роботи резервних місткостей (притовбурного двору) пов'язаний з блоком розвитку рейкових шляхів через вхідні й вихідні стани локомотива. Характеристики функціонування цього блоку аналогічні блоку навантажувальних пунктів.

Основні характеристики функціонування блоку надходження вантажу:  $V$  – тип вибою (суцільний, уступний);  $S$  – площа поперечного перерізу виробки у світлі й вчорні;  $k$  – коефіцієнт присічки порід;  $\alpha$  – кут нахилу виробки;  $L_y$  – протяжність виробки, виражена часом проходження прохідницьким комбайном ділянки, що відповідає цьому стану;  $F_n$  – ознака напрямку руху комбайна;  $W_m$  – ознака спільності ділянки.

За допомогою блоку вибору маршруту в моделі здійснюється управління транспортною системою. Цей блок пов'язаний з блоком розвитку рейкового шляху через вихідний стан притовбурного двору і через перші стани маршрутів до навантажувальних пунктів.

Результатом функціонування цього блоку є вибраний маршрут, який фіксується як  $L_i$ .

Як відзначалося раніше, у процесі функціонування транспортно-технологічної схеми проведення виробок виникають екстремальні ситуації, які змінюють характеристики виробничого процесу і не піддаються систематичному обліку. Системний метод технологічного моделювання передбачає комплекс взаємопов'язаних робіт з обґрунтування нових технічних, технологічних і організаційних рішень, рекомендованих до використання при проектуванні й конструюванні прогресивних технологічних схем проведення гірничих виробок на базі застосування гірничопрхідницького і транспортного устаткування нового покоління.

При розробці моделі енергозбережної транспортно-технологічної схеми підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахтних полів наведені вище вимоги повинні враховуватися як на «вході» принципової блок-схеми підсистеми «Гірничо-підготовчі роботи», так і як обмеження прийнятої функції мети (рис. 2.15).

Основний принцип створення моделі енергозбережної транспортно-технологічної схеми на базі застосування гірничопрхідницького і транспортного устаткування нового покоління полягає в досягненні (з урахуванням обмежень) поставленої мети, а допомогою в цьому має служити



трудомісткість робіт і адаптивність системи до конкретних гірничо-технологічних умов проведення дільничних підготовчих виробок.

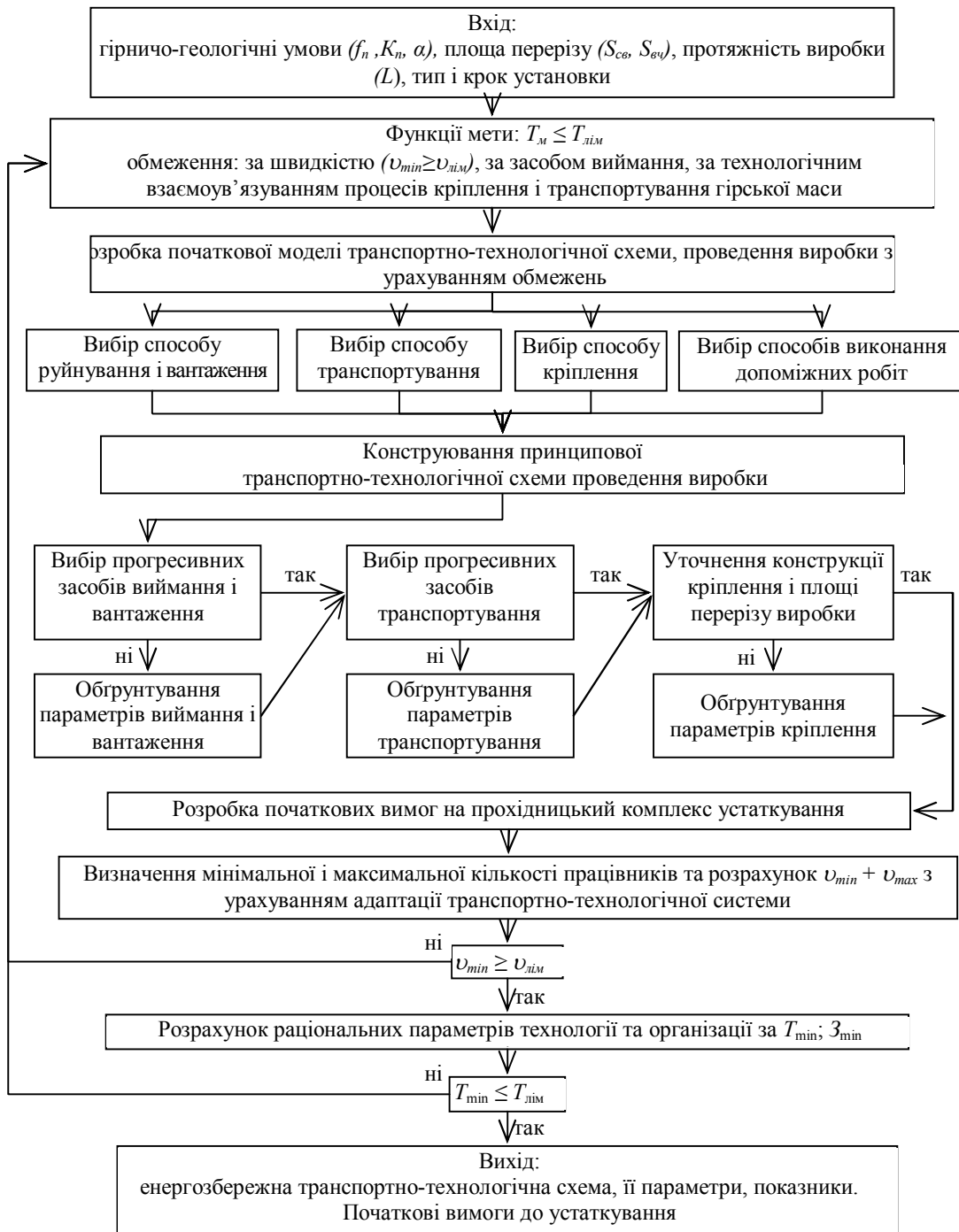


Рис. 2.15. Принципова блок-схема технологічного моделювання

Обмеженням пропонованої моделі функціонування енергозбережної технологічної схеми транспорту для підготовки додаткових запасів вугілля, що прирізаються, в умовах інтенсифікації гірничих робіт є своєчасна підготовка нових виїмкових ділянок, яка регулюється темпами проведення підготовчих виробок і їх пропускною здатністю. Пропускню здатність, що планується, можна забезпечити шляхом упровадження високоадаптивних транспортно-

технологічних систем на базі транспортного устаткування нового покоління, а саме – канатних надгрунтових доріг типу ДКНП-1,6.

До числа обмежень, які витікають з необхідності періодичного підривання порід підшоши, що здимаються в підготовчих виробках, слід віднести адаптаційну здатність привибійного транспорту, розміри поперечних перерізів виробок, обертальність вагонеток, а також необхідність виконання спеціальних заходів безпеки ведення гірничопрохідницьких робіт.

У процесі технологічного моделювання виконується економіко-математичне моделювання функції мети: уточнюється структура трудових витрат при застосуванні прохідницького і транспортного устаткування нового покоління; виявляються «вузькі місця» для формування найбільш суттєвих резервів досягнення функції мети; встановлюються раціональні параметри транспортно-технологічних процесів. Для схем, що мають певну долю ручної праці, розраховуються мінімально необхідна і максимально можлива кількість робітників і відповідно до трудомісткості робіт – темпи посуювання підготовчих вибоїв.

Виходом технологічного моделювання є високоадаптивна, енергозбережна транспортно-технологічна схема комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок із застосуванням надгрунтових канатних доріг нового покоління як єдиний засіб для транспортування вантажів у привибійному просторі, по виробках, що проводяться, і дільничних, а також методика розрахунку їх експлуатаційних параметрів та очікуваних техніко-економічних показників.

## Висновки

При дослідженні організаційно-технологічних параметрів отримано такі результати:

1. Проведено хронометраж циклу відкати вантажів електровозами для різних виробок.
2. Визначено реальні та необхідні вантажопотоки в підготовчих виробках.
3. Встановлено величини відхилень ширини рейкової колії у підготовчих вибоях і по довжині відкочувальних виробок.
4. Визначено причини, що впливають на зниження темпів проведення виробок у порівнянні з плановими.
5. Розроблено рекомендації щодо підвищення пропускної здатності підготовчих виробок, згідно з якими для зниження енерговитрат на обслуговування протяжних вантажопотоків проведений комплекс досліджень з обґрунтування типу, параметрів і місця впровадження породних бункер-накопичувачів у діючі схеми транспорту шахт Західного Донбасу.
6. Створені структурно-логічна схема проектування допоміжних вантажопотоків при проведенні підготовчих виробок, блок-схема технологічного моделювання роботи транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок.
7. Розроблена модель енергозбережної технологічної схеми транспорту для підготовки запасів вугілля, що додатково прирізаються.

### **3 РАЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСІВ НАДГРУНТОВИХ КАНАТНИХ ДОРІГ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

#### **3.1. Методика вибору і розрахунку раціональних параметрів технологічних схем комбайнового проведення виробок з використанням засобів транспорту нового покоління**

Ефективність роботи будь-якої промислово-технічної системи визначається раціональним розташуванням технологічного обладнання та обґрунтованою схемою організації виробничих процесів. Особливо це стосується транспортно-технологічних систем комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок, розташованих біля меж шахтних полів та в заскидних їх частинах, які підпадають під вплив гірничо-геологічних, гірничотехнічних та організаційних факторів, прояви яких значно відрізняються від типових умов.

Зростаючі обсяги видобутку вугілля і протяжність похилих виїмкових виробок, пов'язаних з віддаленням гірничих робіт, зумовлюють підвищення витрат на транспортні процеси. Росту витрат сприяє також перехід на більш потужніше транспортне устаткування і досконаліші транспортні засоби.

Під час залучення до розробки заскидних частин шахтного поля раціональна організація транспортування вантажів на шахті ускладнюється тим, що технологічні схеми транспортування вантажів в умовах інтенсивного здимання порід підошви істотно відрізняються від рекомендованих типових схем. Вугілля і гірську масу від підготовчих вибоїв до магістральних виробок переміщують зазвичай наявними на балансі шахти транспортними засобами, тобто рейковими рухомими складами різної вантажопідйомності, конвеєрами та іншими видами транспорту, тому надійність і довговічність устаткування мають імовірнісні характеристики.

Шахтними спостереженнями встановлено, що в підготовчих вибоях при застосуванні різнотипної техніки досить часто виникають непередбачені технологічні перерви, у зв'язку з чим інтервали та інтенсивність вантажопотоків є випадковими величинами. У результаті коливаються тривалість процесів навантаження, транспортування і розвантаження вугілля і породи.

У зв'язку з тим, що потік вимог і тривалість обслуговування мають імовірнісний характер, в окремих транспортних ланках утворюються так звані «черги», які необхідно усувати за рахунок ув'язки пропускних здатностей суміжних ланок і координації діючих і розроблювальних схем транспорту для прирізувальних частин шахтного поля. Таку координацію можливо здійснити, якщо використати теорію масового обслуговування.

Виробничий досвід показує, що застосування в розрахунках виробничих потужностей коефіцієнтів нерівномірності ( $k_n$ ) або резерву ( $k_{рез}$ ), чисельне значення яких коливається в значних межах, часто технічно й економічно не обґрунтовано. Це призводить до втрат капітальних вкладень або до низького

використання енергоємного гірничопрохідницького обладнання і неповного завантаження робітників, що негативно позначається на виконанні основних техніко-економічних показників роботи ділянки прохідницьких робіт.

Щоб раціонально організувати роботу транспортно-технологічної системи при комбайновому проведенні виробок у заскидних частинах шахтного поля необхідно дати кількісну та якісну оцінку характеру виконання робіт, знайти і математично обґрунтувати найбільш ефективні форми організації виробництва та розробити заходи щодо адаптації створюваних дільничних схем транспорту до діючої внутрішньошахтної системи. При цьому комплекс заходів повинен передбачати таке: ліквідацію ступінчастості транспорту, підвищення пропускної здатності транспортних виробок і коефіцієнта обертальності вагонеток, заміну морально застарілого устаткування новим та зниження трудомісткості обслуговування загальношахтних транспортних систем.

В умовах інтенсифікації гірничих робіт технологія і темпи комбайнового проведення пластових підготовчих виробок повинні розроблятися, враховуючи те, що оптимальні швидкості виїмкових ділянок, оснащених сучасним обладнанням, приймаються 3,8 м/зм або більше. За цих умов технічна швидкість проведення дільничних підготовчих виробок повинна визначатися за чисельністю прохідницької бригади і нормами вироблення (норми часу) або за типом, числом і продуктивністю машин у вибої.

Діючі методики розрахунку нормативу з комплексної норми вироблення та чисельного складу бригади традиційно враховують можливості бригади. У другому ж випадку необхідно зважати на технічну оснащеність підготовчого вибою та особливості виконання транспортно-технологічних процесів і операцій при комбайновому проведенні виробок. Це пояснюється тим, що прохідницький цикл при комбайновому проведенні виробок співвідноситься до посування вибою на величину, кратну відстані між рамами арочного кріплення. Через це процеси навантаження і транспортування гірської маси мають бути максимально взаємопов'язані. При транспортуванні гірської маси локомотивами або кінцевими канатами прохідницькі комбайни можуть простоювати через малу продуктивність відкатки. Конвеєрний транспорт по виробці забезпечує безперервну роботу прохідницьких комбайнів, але не вирішує проблеми роздільного виймання і транспортування вугілля та породи.

У цьому зв'язку відповідно до впроваджуваних на шахтах Західного Донбасу очисних і прохідницьких комплексів нового покоління необхідно для кожної шахти регіону розробляти комплексний план поліпшення діючих систем внутрішньошахтного транспорту. Удосконалені транспортно-технологічні схеми комбайнового проведення пластових дільничних виробок повинні також враховувати зміни організації виробництва і праці внаслідок впровадження техніки нового покоління та переходу до розробки нових виїмкових полів, розташованих у зонах геологічних порушень.

Особливістю шахтного транспорту є наявність стаціонарних і рухливих робочих місць, а також їх значна довжина [3, 116].

У зв'язку з цим методика визначення показників ефективності роботи транспортно-технологічної системи включає: поетапне виконання аналізу

робочих місць, проведення комплексних хронометражних спостережень за виконанням робочих процесів і визначення трудовитрат на виконання всіх операцій. При проведенні комплексних хронометражних спостережень за виконанням робочих процесів встановлюється порядок їх виконання та операцій у часі та просторі, а також їх взаємна узгодженість з іншими процесами й операціями виробничого циклу.

Можливі трудовитрати на виконання всіх операцій визначаються з метою проектування оптимального балансу робочого часу, раціонального складу робіт, ступеня застосування машин і механізмів для оптимального режиму роботи, використання робочого часу, усунення вузьких місць у привибійному просторі виробки, що проводиться. Специфіка роботи шахтного транспорту викликає необхідність проведення комплексних хронометражних спостережень з охопленням усіх ланок транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок безперервним способом. За результатами спостережень і узагальнення отриманих даних складається фактичний баланс робочого часу, який повинен відображати перелік і об'єми виконуваних робіт, абсолютні та питомі витрати робочого часу на робочі процеси й операції, повну характеристику простоїв і перерв у роботі з обов'язковим зазначенням причин, що викликали їх, істинну величину усунених втрат робочого часу (з урахуванням коригування величини нормативного часу на відпочинок і особисті потреби), використання механізмів і устаткування, трудомісткість виконуваних робіт. Приклад аналізу фактичного балансу робочого часу прохідницьких ланок (за дві зміни) при проведенні південного магістрального конвеєрного штреку шахти «Західно-Донбаська» наведений на рис. 3.1.

У подальших розрахунках пропускної здатності транспорту враховується діюче устаткування і те, яке буде введено в експлуатацію відповідно до плану модернізації і заміни застарілого. Для подальшого аналізу готуються необхідні планові статистичні й нормативні дані. На завершальному етапі виконується аналіз результатів досліджень. Аналізом визначаються черговість робіт із зниження трудомісткості робочих процесів, доцільність поєднання професій, оптимальна чисельність робітників на ділянках шахтного транспорту, їх раціональне розташування у привибійній зоні виробки і відповідно її пропускна здатність.

При встановленні пропускної здатності кожної ланки особлива увага приділяється визначенню тривалості маневрових робіт у навантажувальних пунктах підготовчих вибоїв і роз'їздів, а також на приймальних майданчиках породного акумулюючого бункера. Отримані дані систематизуються і на їх основі розраховуються максимально можлива інтенсивність вантажопотоку і пропускна здатність відповідно до кожної ланки технологічної схеми транспорту. Виявляються наявні резерви і вузькі місця транспортно-технологічної системи, розробляються заходи щодо підвищення її пропускної здатності та поліпшення показників роботи.

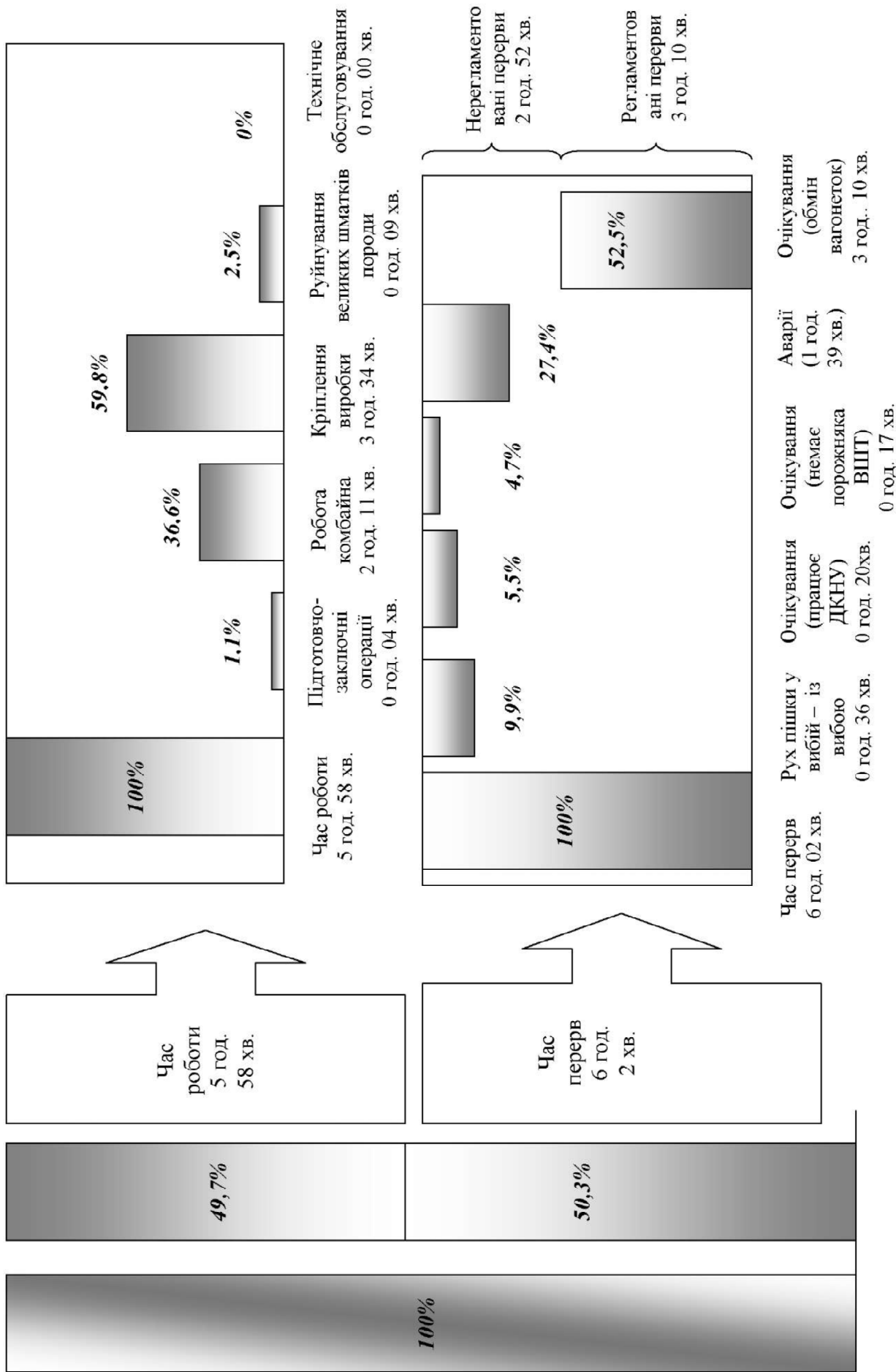


Рис. 3.1. Аналіз фактичного балансу часу проведення заїзду з ПМКШ № 3 на СМВШ

Фактична пропускна здатність кожної ланки розглядається залежно від можливого вантажопотоку. Розрахункова пропускна здатність кожної ланки визначається з урахуванням її годинної продуктивності, тривалості роботи протягом доби і нерівномірності вантажопотоку. Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку ( $k_n$ ) в розрахунках для електровозного транспорту, що рухається в дільничних і магістральних виробках, задається 1,4 – 1,5, для схем з канатною відкаткою породи встановлюється на основі хронометражних спостережень або експертних оцінок за кожною ланкою окремо.

Вузькі місця і резерви виробництва визначаються на основі розрахунку і порівняння планової і можливої інтенсивності ( $I$ ) та екстенсивності ( $E$ ) окремих процесів і ланок транспортно-технологічної системи.

Екстенсивне (розширене) транспортування, на відміну від інтенсивного, пов'язане з кількісною зміною вантажопотоку породи у транспортному ланцюзі після бункера і характеризується енергозбереженням за рахунок роботи конвеєрної лінії з повним завантаженням тягового органу в період дії пільгового тарифу на електроенергію. Під час аналізу роботи технологічної схеми транспорту вантажів від підготовчого вибою з урахуванням виконання основних процесів комбайнового проведення виробок визначається ступінь використання техніки в межах кожної ланки.

Інтенсивність потоку шахтної породи (т/зм) з підготовчих вибоїв по виробці, що проводиться, визначається як:

$$I = \frac{A_{\text{доб}}}{N_{\text{зм}}(T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}})}, \quad (3.1)$$

де  $A_{\text{доб}}$  – об'єм породи з підготовчого вибою за добу, т;  $T_{\text{зм}}$  – час продовження робочої зміни, год;  $T_{\text{пз}}$  – час продовження підготовчо-заклучних операцій, год;  $N_{\text{зм}}$  – кількість робочих змін.

Екстенсивність (час на транспортування гірської маси з вибою підготовчої виробки) для кожної ланки визначається за формулою:

$$E = \frac{A_{\text{рм}} 60}{I}, \quad (3.2)$$

де  $A_{\text{зм}}$  – загальний вантажопотік по дільниці, т/зм.

Коефіцієнт екстенсивності  $K_E$  – найважливіший показник при визначенні можливої пропускної здатності кожної ланки – визначається з виразу:

$$K_E = \frac{E}{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}}}. \quad (3.3)$$

Чим менше  $K_E$ , тим нижчий ступінь використання виробничих потужностей (техніка, технологія) і, отже, більше резервів підвищення пропускної здатності цієї транспортної ланки.

### **3.2. Дослідження потенційних джерел для обґрунтування циклічно-поточної транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок**

Основне завдання створення циклічно-поточної технології комбайнового проведення виробок при підготовці запасів, що прирізуються, полягає в досягненні поставленої мети, за функцію якої повинні служити трудомісткість робіт і заплановані темпи проведення.

Як показали попередні дослідження, до числа обмежень, які можна вважати потенційними джерелами циклічно-поточної технології проведення пластових виробок, слід віднести такі: спосіб виймання та вивезення вугілля і породи з підготовчого вибою, вид привибійного прохідницького транспорту і транспорту, що працює в дільничних і магістральних виробках, форму і розміри поперечних перерізів, тип і крок встановлення кріплення, необхідність виконання спеціальних заходів для безпеки ведення прохідницьких робіт та інше [115].

З метою пошуку потенційних джерел підвищення ефективності циклічно-поточної транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок в умовах шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» була виконана оцінка втрат часу підготовчих робіт. У процесі досліджень проаналізовано більше 57 % підготовчих вибоїв, що діяли на момент дослідження.

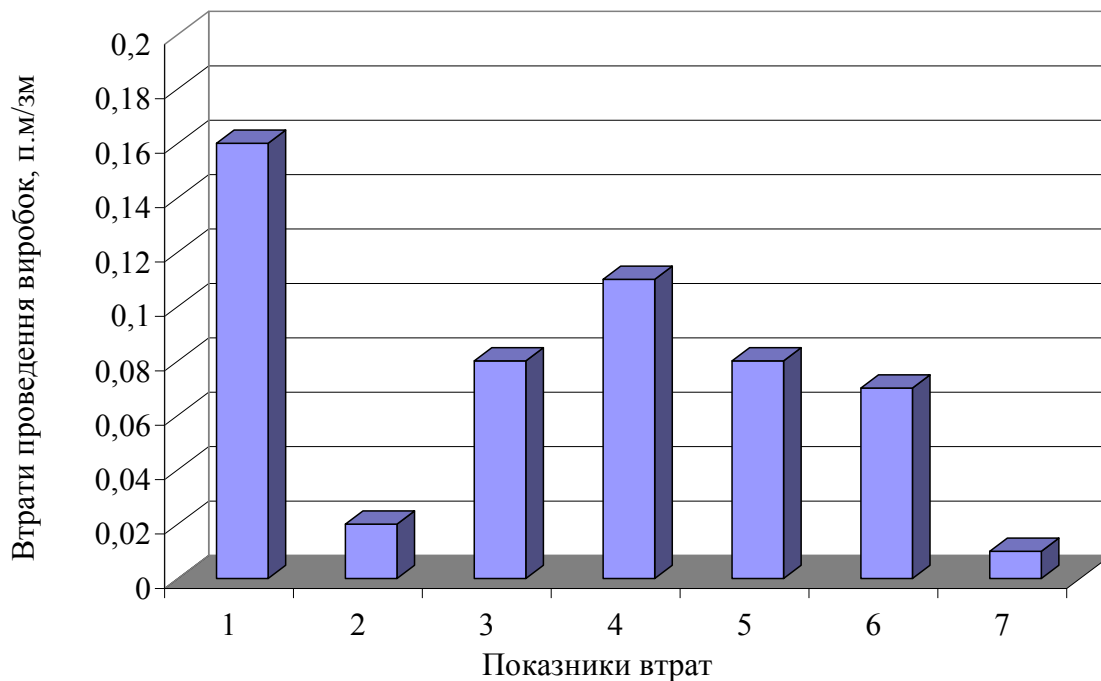
Оцінювані внутрішньозмінні втрати було класифіковано на три основні групи: тимчасові – хв/зм; кількісні (за числом випадків за зміну) – вип/зм і втрати проведення (у погонних метрах за зміну) – п.м/зм.

Як первинна інформація для кожної групи було прийнято сім найбільш характерних оцінюючих показників втрат:

- 1) організаційні причини – перевезення людей, виробнича дисципліна;
- 2) інші роботи – транспортування матеріалів, усунення зауважень гірничо-технічної інспекції і працівників ділянок вентиляції, спеціалістів з техніки безпеки і охорони праці;
- 3) аварії устаткування підготовчого вибою – прохідницького комбайна, бурового устаткування, електропостачання, засобів відкачування води;
- 4) аварії привибійного транспорту – стрічкового конвеєра, перевантажувача, канатної установки, рейкового шляху та його господарства;
- 5) аварії на дільниці внутрішньошахтного транспорту – відсутність електровоза, аварії перекидання;
- 6) аварії на дільниці конвеєрного транспорту – аварії конвеєрів;
- 7) очікування порожніх вагонів – обмін вагонеток на роз'їзді, переміщення порожніх вагонів від стовбура, маневри електровоза, відсутність порожніх вагонів.

Результати досліджень структури середньозмінних втрат одного підготовчого вибою на шахтах регіону наведено на рис. 3.2 та в табл. 3.1.





1 – очікування порожняка; 2 – аварії на ділянці внутрішньошахтного транспорту; 3 – аварії на транспорті ділянки; 4 – аварії забійного устаткування; 5 – організаційні причини; 6 – інші роботи; 7 – аварії на ділянці конвеєрного транспорту

Рис. 3.2. Структура середньозмінних показників втрат продуктивної роботи підготовчого вибою

За результатами оцінки середньозмінних показників втрат часу при комбайновому проведенні підготовчих виробок на шахтах регіону були встановлені потенційні джерела підвищення організаційно-технологічних параметрів підготовки запасів вугілля, що прирізуються, і позначена програма подальших досліджень щодо зниження трудомісткості транспортно-технологічних операцій. Для підвищення продуктивної роботи підготовчих вибоїв при підготовці до очисного виймання заскидних частин шахтних полів були виконані спеціальні дослідження трудомісткості операцій і видів робіт при діючих і перспективних схемах транспорту. Програмою і методикою цих досліджень передбачалося розробити для кожної з аналізованих прогресивних технологічних схем поопераційні економіко-математичні моделі, які враховують для кожного виду робіт, взаємозв'язки між їх трудомісткістю і чинниками, що впливають.

Наведені в табл. 3.1 статистичні показники втрат часу при виконанні підготовчих робіт, а також хронометражні спостереження за роботою швидкісних прохідницьких бригад і дані про нормативи часу за типовими збірками норм на гірничопрохідницькі роботи стало базою для формування поопераційної економіко-математичної моделі циклічно-потоккової транспортно-технологічної схеми комбайнового проведення виробок з використанням надгрунтових канатних доріг як єдиного транспортного засобу.

Таблиця 3.1

Втрати часу при веденні підготовчих робіт на шахтах регіону

Показники втрат часу	Тернівська		Павлоградська		Благодатна		Зах.-Донбаська		Дніпровська						
	2008 рік	2009 рік	2008 рік	2009 рік	2008 рік	2009 рік	2008 рік	2009 рік	2008 рік	2009 рік					
	+/-		+/-		+/-		+/-		+/-						
ХВИЛИН															
1. Інші роботи	11,2	61,8	+50,6	10,4	21,1	+10,7	-	11,9	+11,9	21,1	10,7	-10,4	6,0	18,1	+12,1
2. Організаційні причини	13,0	15,7	+2,7	15,5	23,5	+8,0	18,7	16,1	-2,6	14,8	14,7	-0,1	25,8	26,1	+0,3
3. Аварії забійного обладнання	7,4	18,7	+11,3	18,4	32,7	+14,3	10,3	19Д	+8,8	40,4	44,3	+3,9	40,8	24,9	-15,9
4. Аварії транспорту дільниці	3,8	29,8	+26,0	11,5	21,3	+9,8	5,0	12,8	+7,8	11,5	28,1	+16,6	24,6	51,5	+26,9
5. Аварії на дільниці ВШТ	8,0	31,8	+23,8	-	8,7	+8,7	4,3	17,0	+12,7	-	-	-	-	-	-
6. Аварії на дільниці ДКТ	-	-	-	-	-	-	24,9	-	-24,9	7,6	-	-7,6	3,9	14,3	+10,4
7. Очікування порожняка	31,5	32,0	+0,5	6,2	19,8	+13,6	57,0	115,5	+58,5	16,4	21,4	+5,0	19,9	10,8	-9,1
Разом:	74,9	189,8	+114,9	62,0	127,1	+65,1	120,2	192,4	+72,2	111,8	119,2	+7,4	121,0	145,7	+24,7

Для виконання умови, наведеної у виразі (2.12), була створена імітаційна модель, проведені хронометражні спостереження і виконано поопераційний аналіз трудомісткості процесів «кріплення» і «транспортування гірської маси по виробці». Імітаційна модель вказаних процесів створюється на основі практичного вираження дослідно-статистичних даних і принципів теорії явища.

Завдання такого моделювання полягає в тому, щоб на основі теорії і узагальнення фактичних досягнень пояснити і передбачити розвиток виробничого процесу. У результаті застосування імітаційної моделі планується, що до моменту закінчення процесу «кріплення» має бути завершений комплекс навантажувально-розвантажувальних, транспортних і маневрових робіт з вивезення гірської маси з вибою і подання рухомого складу з порожніми вагонетками у привибійний простір підготовчої виробки, тобто для здійснення процесу «руйнування – навантаження» подальшого циклу.

Метою поопераційного аналізу процесів «кріплення» і «транспортування гірської маси по виробці» є отримання повної характеристики закономірностей проходження виробничого процесу проведення виробки. Математичне завдання полягає у визначенні аналітичного виразу, що показує, як пов'язані між собою конкретні критерії оцінки (функції мети) і визначаючи їх чинники (аргументи). Оскільки системний метод технологічного моделювання передбачає як основну функцію мети трудомісткість робіт, а як основне обмеження – швидкість проведення виробки (продуктивність технологічної схеми), то виникла необхідність конкретизувати ці критерії стосовно специфічних умов шахт Західного Донбасу, визначити чинники, що найсуттєвіше впливають на них, і встановити взаємозв'язки між цими чинниками і критеріями.

Зазначимо, що в галузі розрахунків продуктивності праці прохідників здійснюється за відомою формулою з урахуванням коефіцієнта  $K_{зм}$ , який приводить цей показник до єдиної тривалості зміни, тобто

$$P = \frac{v_{зм} S_{CB}}{n} K_{зм}, \quad (3.4)$$

де  $P$  – продуктивність праці прохідників ( $\text{м}^3$  у світлі / люд.-змін);  $v_{зм}$  – швидкість проведення виробки, м/зм;  $n$  – чисельність змінної ланки прохідників при розрахунку.

Відповідно до рекомендацій [4, 117] у процесі досліджень закономірностей протікання виробничого процесу й окремих його операцій було використано показник «трудомісткість робіт», зворотний продуктивності праці за величиною. Зумовлено це можливістю прямого об'єднання (агрегації) його окремих складових за різними видами робіт і операціями:

$$T = (P)^{-1} = \frac{nt_{зм}}{v_{зм} S_{CB} K_{зм}}, \quad (3.5)$$

де  $t_{зм}$  – тривалість зміни, хв.

У процесі хронометражних спостережень і виконання розрахунків трудомісткість робіт вимірювалася в людино-хвилинах на  $1 \text{ м}^3$  виробки у світлі. При агрегації трудомісткості окремих операцій, які мають різні виміри об'ємів робіт, до загальної трудомісткості проведення виробок, що виражається за допомогою кубічних метрів у світлі, застосовуються відповідні коефіцієнти  $\alpha$ , наприклад:

– для навантаження гірської маси

$$\alpha_{\Pi} = \frac{S_{BЧ}}{S_{CB}}, \quad (3.6)$$

– для кріплення виробок

$$\alpha_{кр} = \frac{r}{S_{CB}}, \quad (3.7)$$

де  $r$  – кількість рам на 1 п.м виробки.

Важливе значення має і показник швидкості проведення виробки, що вимірюється в метрах готової виробки. Такий вимір характеризує інтенсивність досягнення вибоєм наміченої мети (своєчасної підготовки фронту очисних робіт незалежно від площі перерізу виробки). Останнє зумовлено тим, що при підготовці нового виїмкового стовпа пластові виробки, які його окантовують, проводяться з різною площею перерізу. При паралельному проведенні двох виробок з різною площею перерізу велике значення має рівномірне посування цих вибоїв з метою планомірного розвитку фронту очисних робіт.

Доцільність проведення таких коригувань зумовлена необхідністю мати в розпорядженні оптимальний баланс робочого часу на виконання основних процесів комбайнового проведення виробок при підготовці запасів вугілля, що прирізуються, проектування раціонального складу робіт для підвищення міри використання машин і механізмів та усунення вузьких місць у привибійному просторі виробки, що проводиться.

За результатами шахтних досліджень процесів комбайнового проведення підготовчих виробок у передових прохідницьких бригадах встановлено, що поопераційна модель трудомісткості робіт процесу «кріплення» має вигляд:

$$T_K = T_{\Pi.K} + T_{\Pi.L} + T_{У.П} + T_{У.Р} + T_{З.П}, \quad (3.8)$$

де  $T_{\Pi.K}$ ,  $T_{\Pi.L}$ ,  $T_{У.П}$ ,  $T_{У.Р}$ ,  $T_{З.П}$  – трудомісткість відповідно піднесення елементів кріплення, підготовки лунок, установки і розбирання підмостків, встановлення рам, затягування покрівлі та боків виробки.

Відповідно до рекомендацій ІГС ім. О.О. Скочинського [16] трудомісткість кожної операції  $T_i$  розчленовується на окремі складові її видів робіт як з механізованою (окремо), так і з ручною працею (відповідно  $T_{Mi}$  і  $T_{Pi}$ ), тобто

$$T_i = T_{Mi} + T_{Pi} . \quad (3.9)$$

Загальна трудомісткість проведення  $1 \text{ м}^3$  виробки характеризується сумою трудомісткостей окремих операцій, отже,

$$T = \sum_{i=1}^{\delta} T_i = \sum_{i=1}^{\delta} (T_{Mi} + T_{Pi} ) . \quad (3.10)$$

При цьому трудомісткість механізованих робіт визначається технічною продуктивністю устаткування  $R_T$  і числом керуючих ним прохідників  $n_M$  з урахуванням усіх основних чинників, що впливають на технічну продуктивність і наближають її до експлуатаційної характеристики.

Під технічною продуктивністю  $R_T$  устаткування прийнято розуміти хвилинну продуктивність (без аварій і простоїв), що досягається в найбільш характерних умовах роботи устаткування. Аналіз роботи комплексів прохідницького устаткування нового покоління (на базі комбайнів 1П – 110 і КСП – 32) в підготовчих обводнених виробках, які проводяться в заскидних частинах шахтного поля, показав, що при запланованих темпах посування підготовчих вибоїв традиційно до чинників, що впливають на продуктивність прохідницького устаткування, відносять гірничо-геологічні  $K_{г.г.}$ . Зумовлено це тим, що в чинних нормативних документах до чинників, які визначають сферу застосування прохідницького устаткування відносять лише ті, які формально можуть відхиляти його продуктивність в той або інший бік (міцність і абразивність вугілля і бічних порід, їх обводненість і схильність до здимання, коефіцієнт присікання порід і т. д.). Проте через відсутність досвіду експлуатації устаткування нового покоління не враховуються його підвищені адаптаційні можливості в складних гірничо-геологічних умовах.

Тому, як показник, що враховує потенційні джерела підвищення темпів комбайнового проведення виробок у складних гірничо-геологічних умовах, було введено коефіцієнт адаптації  $K_{адп} = 1,1 \dots 1,15$  транспортно-технологічної системи нового покоління. Визначається він відношенням загальної тривалості механізованих процесів, що виконуються традиційним транспортно-технологічним устаткуванням, до тривалості аналогічних процесів при використанні устаткування нового покоління.

Тривалість механізованих процесів встановлюється за результатами хронометражних спостережень з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей роботи системи (здатність маневрувати в складних гірничо-геологічних умовах, пересування допоміжного устаткування і т. д.) і її надійності, яка визначається коефіцієнтом готовності  $K_g$  традиційного устаткування і нового покоління з урахуванням трудомісткості ручних робіт.

Трудомісткість ручної праці  $T_{Pi}$  також визначається як середньозважена за об'ємом величина, виходячи з великої кількості фактичних хронометражних даних. При цьому враховуються організаційні  $K_{орг}$  чинники (такі, як число одночасно зайнятих робітників і ступінь поєднання робіт з іншими в часі та

просторі), а також можливі відхилення від середніх гірничо-геологічних умов  $K_{Г.Г}$  виконання гірничопрохідницьких робіт.

Зазначимо, що при визначенні трудомісткості виконання операцій, які відрізняються за функціональним призначенням, необхідно застосовувати коефіцієнт переведення  $\alpha$  з одиниць виміру трудомісткості в об'ємах робіт стосовно цієї операції до загальної одиниці виміру, тобто до  $1 \text{ м}^3$  виробки у світлі.

Таким чином, трудомісткості механізованих робіт і ручної праці можуть характеризуватися відповідно такими рівняннями:

$$T_{Mi} = \alpha \frac{n_{Mi}}{R_{Ti} K_{Г.Гi} K_{Mi} K_{Gi}}, \quad (3.11)$$

$$T_{Pi} = \alpha \frac{N_i}{K_{OPGi} K'_{Г.Гi}}, \quad (3.12)$$

де  $N_i$  – середньопрогресивні значення трудомісткості ручної праці прохідників, необхідної для виконання окремих видів робіт у певних організаційних і гірничо-геологічних умовах.

Загальна трудомісткість операції  $T_i$  визначається підсумовуванням трудомісткостей окремих видів робіт як з ручною, так і з механізованою працею з урахуванням надійності застосованого устаткування  $K_{Г}$  та тривалості відпочинку  $\mu_i$ :

$$T_i = \left( \alpha \frac{n_{Mi}}{R_{Ti} K_{Г.Гi} K_{Mi} K_{Gi}} + \alpha \frac{N_i}{K_{OPGi} K'_{Г.Гi}} \right) \mu_i. \quad (3.13)$$

Загальна трудомісткість проведення  $1 \text{ м}^3$  підготовчої виробки визначається у вигляді суми трудомісткостей кожної операції:

$$T = \sum_{i=1}^{\delta} \alpha_i \left( \frac{n_{Mi}}{R_{Ti} K_{Г.Гi} K_{Mi} K_{Gi}} + \frac{N_i}{K_{OPGi} K'_{Г.Гi}} \right) \mu_i. \quad (3.14)$$

Наведені в табл. 3.1 результати порівняльного аналізу хронометражних спостережень за роботою великої кількості підготовчих вибоїв по шахтах регіону показують, що близько 25 % робочого часу витрачається на простої, перерви і непродуктивну роботу підготовчих вибоїв з вини внутрішньошахтного транспорту. При цьому, з цього резерву приблизно 10 – 12 % вважаються потенційними джерелами підвищення темпів проведення виробок.

З урахуванням вищевикладеного й особливостей виробництва робіт можна констатувати, що в специфічних умовах шахт Західного Донбасу процес обґрунтування параметрів транспортно-технологічних схем на базі устаткування нового покоління необхідно здійснювати поетапно. Відповідно до структурно-логічної схеми досліджень насамперед створюється початкова технологічна модель з традиційними способами виконання робіт, потім виконується конструювання транспортно-технологічної схеми комбайнового проведення виробок на базі устаткування нового покоління, а на завершальному етапі обґрунтовуються експлуатаційні параметри нових засобів механізації і розробляються «Вихідні вимоги» на їх застосування. У процесі технологічного моделювання уточнюється структура трудових витрат з виявленням «вузьких місць» як найбільш суттєвих резервів досягнення функції мети та визначаються раціональні технологічні параметри процесу. При цьому схеми, що мають певну частку ручної праці, розраховуються за мінімально необхідною і максимально можливою чисельністю робітників, що відображається на досягненні відповідних значень швидкостей і трудомісткості робіт.

Останнє особливо актуально при проведенні похилих протяжних пластових виробок, коли в кінці кожного циклу робіт у вибої виробки із складу ланки делегуються висококваліфіковані прохідники для виконання маневрових операцій щодо заміни навантажених рухомих складів на порожні в гирлі виробки і на заїздах.

Виходом підсистеми є технологічна схема з параметрами і технічними умовами на створення необхідного прохідницького устаткування і планованими темпами проведення виробок. Слід також зазначити, що однією з найбільш важливих компонентів поопераційного моделювання є дослідження надійності технологічних схем. Під надійністю технологічної схеми розуміється її здатність упродовж певного періоду часу безаварійно здійснювати властиві їй функції, зберігаючи при цьому в заданих межах свої показники. Таким чином, коефіцієнт надійності технології (аналогічний коефіцієнту готовності устаткування) повинен відбивати відношення часу безперебійної роботи технологічної схеми до загального часу роботи з урахуванням технологічних перерв і тривалості усунення відмов. Таким чином, коефіцієнт надійності технології залежить від продуктивності й надійності індивідуальних машин або їх систем, а отже, і якості їх виготовлення. Останнє встановлюється за результатами шахтних досліджень вимушених простоїв прохідницьких вибоїв з технічних причин, які характеризують надійність гірничотранспортного обладнання, тобто його справність і здатність витримувати перевантаження в реальних умовах експлуатації.

Доцільність цих заходів підтверджують шахтні дослідження пропускної здатності виїмкових виробок зі складною гіпсометрією пласта в умовах шахти «Павлоградська» ВАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», які дозволили встановити надійність дослідного зразка надґрунтової канатної дороги типу ДКНП-1,6, що є одним з перспективних видів допоміжного транспорту в регіоні.

Результати шахтних досліджень і аналізу втрат часу з вини транспорту

при проведенні виїмкових виробок на шахті «Павлоградська» наведені в табл. 3.1. Крім того, у табл. 3.1 подано різні техніко-технологічні вади, які сприяють зносу тягового органа, роликкоопор та пошкодження лінійних елементів надгрунтової канатної дороги.

Встановлені види і категорії цих вад були зафіксовані в процесі технічного обслуговування надгрунтових канатних доріг шахти «Павлоградська» ВАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і ремонту її вузлів з використанням суб'єктивних методів діагностування, заснованих на візуальному контролі з використанням стандартних приладів.

Результати аналізу природних перешкод і технологічних збурень, які викликають відмови і простої надгрунтових канатних доріг у реальних умовах гірничого виробництва, показали, що практично по всіх указаних позиціях відсутні оперативні способи виявлення симптомів відмов і засобів контролю їх розвитку.

Наведені в табл. 3.2. показники відмов у роботі надгрунтових канатних доріг склали основу банку даних для встановлення резервів виробничого потенціалу в технологічних схемах дільничного транспорту, організації управління інформаційними потоками і способами діагностування режимів роботи канатних доріг в умовах невизначеності.

За результатами їх оцінки було встановлено, що апаратура дистанційного керування АДУ-11М, яка використовується в конструкції надгрунтових доріг, морально застаріла і не відповідає гірничотехнічним вимогам, які стосуються машин високого технічного рівня при експлуатації їх у нетипових виробничих ситуаціях. Крім того, для підвищення надійності й безпеки роботи надгрунтових канатних доріг у викривлених виробках протяжністю  $L \geq 2000$  м необхідно процеси транспортування вантажів по підземних гірничих виробках супроводжувати інформаційними потоками про поточні зміни: експлуатаційного стану виробок; місцезнаходження складу; натягу тягового тросу; енерговитрат та інших виробничих ситуацій.

Експертна оцінка одного з перспективних для регіону видів допоміжного транспорту дозволила встановити якісні й кількісні показники роботи надгрунтових канатних доріг у системі гірничопрохідницьких робіт. У реальних умовах гірничого виробництва тривалість вимушених простоїв гірничопрохідницького устаткування характеризувалася коефіцієнтом технологічних простоїв  $\eta_{пр}$ , який являє собою відношення тривалості простоїв  $h_{пр}$  надгрунтових канатних доріг за певний проміжок часу до суми тривалості фактичної  $h_{ф}$  її роботи і за той же період часу  $h_{пр}$ .

Виходячи з вищевикладеного, коефіцієнт простоїв гірничопрохідницького обладнання з вини транспорту (інакше коефіцієнт пошкодження або відмов надгрунтової канатної дороги) характеризується таким виразом:



$$\eta_{\text{пр}} = \frac{h_{\text{пр}}}{h_{\text{ф}} + h_{\text{пр}}} - \frac{1}{1 + \frac{h_{\text{ф}}}{h_{\text{пр}}}}. \quad (3.15)$$

Таблиця 3.2

Технологічні недоліки, що характеризують прості надгрунтових канатних доріг

Види і категорії недоліків		Спосіб усунення	Тяжкість усунення, хв/люд	
Технологічні	Надвелика вага рухомого складу	Легкі	Зведення маси складу	15/1
	Велика кількість вологи на трасі	Середні	Відвід води	120/1 60/2
	Розширення колії		Ремонт шляху	60/1
	Відмова стрілкового переводу		Ремонт стрілок	30/2
	Заштибовування рейкової колії		Зачистка шляху	60/1
	Перевищення ухилу шляху	Тяжкі	Вирівнювання ухилу траси	360/1
	Порушення баластного прошарку рейкового шляху		Баластування рейок і шляху	180/2
	Пошкодження кріплення виробки		Ремонт виробки	360/2
	Здимання порід підосви виробки		Підривання порід підосви	360/2
	Схід вагонеток з рейок		Постановка вагона на рейки	30/2
	Заштибовування кузова вагона породою		Зачистка кузова	30/1

У складних гірничотехнічних умовах функціонування засобів підземного транспорту тривалість продуктивної роботи надгрунтових канатних доріг нового покоління було рекомендовано [36] оцінювати коефіцієнтом їх адаптації – справної роботи транспортних засобів у нетипових або близьких до критичних умов експлуатації:

$$\eta_{\text{адапт}} = \frac{h_{\text{ф}}}{h_{\text{ф}} + h_{\text{пр}}} = 1 - \eta_{\text{пр}}, \quad (3.16)$$

де  $h_{\text{ф}}$  – тривалість продуктивної роботи транспортного обладнання за певний проміжок часу, хв/зм;  $h_{\text{пр}}$  – тривалість вимушених його простоїв за той же період, хв/зм.

Шахтними дослідженнями експлуатаційної надійності технологічних схем допоміжного транспорту із застосуванням надґрунтових канатних доріг встановлено, що найуразливішою ланкою подібних систем є їх тяговий орган (канат), який у процесі експлуатації зазнає багатократних позамежних динамічних навантажень. Параметри тягового органу й умови його експлуатації визначають кількість вагонеток, які одночасно транспортуються у рухомому складі, а також графік організації гірничопрохідницьких робіт у вибої.

### **3.3. Вплив коефіцієнта обертальності вагонеток на темпи проведення виробок зі знаковмінним профілем рейкового шляху**

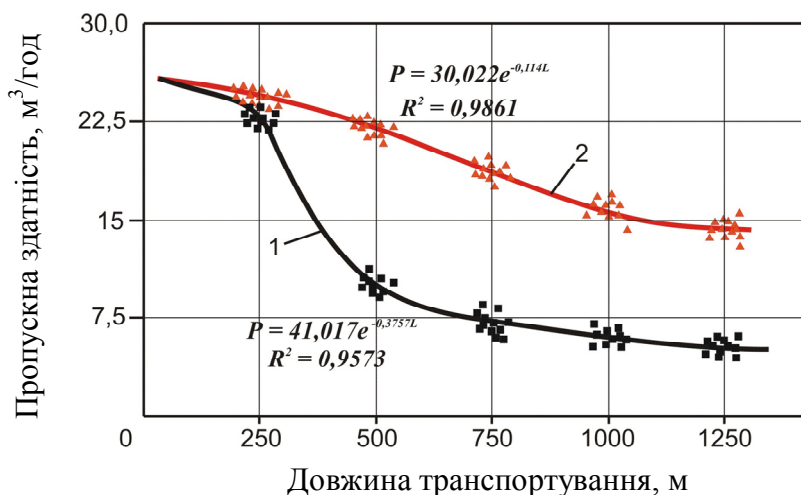
При нестійких обводнених породах і мінливій гіпсометрії пласта дільничні похилі виробки (вентиляційні та збірні хідники) на шахтах регіону, зазвичай, проводять з підриванням порід підосви. Ухили дільничних пластових виробок і фізико-механічні властивості порід підосви є визначальними чинниками при виборі виду привибійного транспорту і транспорту, що працює у виробці. Як відзначалося раніше, при схильних до здимання породах підосви та ухилах рейкового шляху  $i \geq 5\%$  в підготовчих виробках шахт Західного Донбасу переважно застосовують колісно-рейкові види транспорту з використанням вагонеток різної місткості, акумуляторних електровозів або лебідок з кінцевими канатами.

Важливою умовою інтенсивної роботи підготовчих вибоїв при комбайновому проведенні дільничних похилих виробок із застосуванням колісно-рейкових видів транспорту є забезпеченість їх необхідною кількістю вагонеток. Останнє пояснюється тим, що при збільшенні довжини виробок, а отже, і довжини відкочування гірської маси продуктивність циклічного (рейкового) транспорту  $Q_{\text{тр}}$  знижується. На рис. 3.3 наведено залежність продуктивності локомотивного відкочування породи з підготовчих виробок від довжини транспортування вантажів у виробці. Результати аналізу статистичних даних про роботу прохідницьких вибоїв показали, що при віддаленні вибоїв підготовчих виробок від їх гирла на відстань  $L \geq 350 \dots 500$  м довжина відкати породи і доставка вантажів починає лімітувати темпи їх проведення. Останнє зумовлене зниженням коефіцієнта обертальності вагонеток і збільшенням трудомісткості робіт у вибої у зв'язку з переведенням робітників прохідницької ланки на тривалий період у гирла виробки для виконання операцій з обміну навантажених вагонеток на порожні.

У процесі хронометражних спостережень встановлено, що на зниження темпів проведення підготовчих похилих виробок впливають не лише збільшення часу транспортування вантажів і постійне відволікання робочих прохідницької ланки на допоміжні роботи з обміну навантажених вагонеток на порожні, але і специфіка поведінки транспортно-технологічної системи в підготовчих виробках з інтенсивним здиманням порід підосви.

Час рейсу рухомого складу (цикл повної обертальності вагонеток) включає такі операції: час маневрів і завантаження рухомого складу шахтних вагонеток під перевантажувачем прохідницького комбайна; час руху складу

навантажених вагонів від підготовчого вибою до місця сполучення похилої виробки з горизонтальною і магістральною; час маневрів з обміну навантажених вагонеток на порожні; час руху сформованого порожнього рухомого складу від гирла виробки до навантажувального пункту підготовчого вибою (перевантажувача комбайна). Запропонований метод вирішення заснований на використанні теорії масового обслуговування транспортно-технологічних процесів.



1 – при відкочуванні локомотивами;

2 – при відкочуванні вантажів надгрунтовими канатними дорогами

Рис. 3.3. Залежність пропускної здатності підготовчих виробок від довжини переміщення вантажів рейковими видами транспорту

На практиці перевірка забезпеченості підготовчих і очисних вибоїв рухомим складом виконується методом розміщення вагонеток на робочих місцях відповідно до розроблених нормативів:

$$n = K_{рез} K_{рем} (n_{Н.П} + n_{О.П} + n_{ДВ} + n_{ПОВ} + n_{К.О}), \quad (3.17)$$

де  $n_{Н.П}$ ,  $n_{О.П}$ ,  $n_{ДВ}$ ,  $n_{ПОВ}$ ,  $n_{К.О}$  – кількість вагонеток до початку зміни відповідно на навантажувальних пунктах, на обмінних пунктах, у пристовбурному дворі, у русі (між обмінними пунктами), на поверхні й на канатах (для канатної відкатки).

Використовуючи цей метод, нами був виконаний аналіз парку вагонеток на шахті «Павлоградська». Результати розрахунків наведено в табл. 3.3 і 3.4.

Аналіз і синтез результатів досліджень структури середньозмінних втрат часу в підготовчих вибоях (рис. 3.1) і розрахунків потрібної кількості засобів рухомого складу (табл. 3.3 і 3.4) дозволили розкрити транспортно-технологічні проблеми, характерні для більшості шахт Західного Донбасу при комбайновому проведенні дільничних підготовчих виробок. Встановлено, що в умовах інтенсивного здимання порід підшоши стримуючим чинником, що істотно впливає на структуру робіт у підготовчому вибої, є транспортні процеси та операції.

Таблиця 3.3

Розстановка вагонного парку, потрібного для нормальної роботи шахти «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

№ з/п	Найменування об'єктів та виконуваних робіт	Необхідна кількість вагонів, шт.
1	519-й збірний штрек	12
2	519-й бортовий штрек (згори)	12
3	519-й бортовий штрек (знизу)	12
4	553-й збірний штрек	12
5	553-й бортовий штрек	12
6	Похилий магістральний конвеєрний квершлаг С <sub>5</sub> -С <sub>9</sub>	12
7	Похилий магістральний відкочувальний квершлаг С <sub>5</sub> -С <sub>9</sub>	12
8	Штрек для перевезення вантажів і людей пл. С <sub>4</sub>	12
9	4-й «біс» Східний магістральний конвеєрний штрек	12
10	Для забезпечення водозбірника гор. 235 м (період його очищення)	20
11	Для забезпечення ремонтних робіт відповідно до кожного горизонту	20
12	Для навантаження матеріалів і устаткування на поверхні за добу	30
13	Вагони з матеріалами й устаткуванням, що знаходяться в шахті під вивантаженням	50
14	Для забезпечення розрізних печей	12
15	Протипожежні потяги	5
	горизонт 235 м	5
	горизонт 160 м	5
16	Для забезпечення видобувних ділянок емульсією	12
17	Для забезпечення гараж-зарядних камер гор. 235 м, гор. 160 м	4
18	Вагони в ремонті	30
19	Вагони для заміни ремонтованих (на період їх ремонту)	40
	РАЗОМ	341
	Резерв 10 %	34
	РАЗОМ	375

## Необхідна кількість засобів рухомого складу

Найменування устаткування	Наявність, шт.	Необхідна кількість, шт.	Кількість засобів, що не вистачає, шт.
Електровоз АМ-8Д	19	63	44
Вагонетки усього:	251	375	124
УВГ-3,3	199	213	14
ВДК-2,5	42	162	120
ВПГ-18	10	16	6

Здійснюючи оцінку втрат часу в підготовчих вибоях з вини транспорту було виявлено, що головною причиною порушення змінного графіку виконання робіт у підготовчих вибоях є несвоєчасне подання у привибійний простір порожніх вагонів під завантаження. Відповідно до технологічного паспорту комбайнового проведення виробок за відсутності порожніх рухомих складів не можуть починатися процеси «руйнування вибою» і «навантаження гірської маси у транспортні засоби» – основні процеси прохідницького циклу.

У ході хронометражних спостережень встановлено причини затримок порожніх рухомих складів, а саме: довжина транспортування, стан траси, технічний стан транспортних засобів, аварії на ділянці внутрішньошахтного транспорту, аварії транспорту в межах підготовчої дільниці та інше.

У зв'язку з цим при формуванні моделі циклічно-потоккової транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок в умовах інтенсивного здимання порід підосви вперше запропоновано враховувати ступінь впливу несвоєчасного подання у привибійний простір порожніх вагонів і виражати його через коефіцієнт обертальності шахтних вагонів.

Для реалізації моделі циклічно-потоккової технології комбайнового проведення виробок було рекомендовано послідовне вдосконалення діючої системи привибійного і дільничного транспорту шляхом створення енергозбережної транспортно-технологічної системи на базі надгрунтових канатних доріг типу ДКНЛ та доріг важкого типу ДКНП-1,6 в комплексі з саморозвантажними вагонетками типу ВДК-2,5 та породним акумулюючим бункером.

Суть послідовного вирішення транспортно-технологічної задачі при комбайновому проведенні дільничних підготовчих виробок полягає в максимальному використанні на першому етапі ДКНЛ як єдиного транспортного засобу з поетапною заміною шахтних локомотивів у магістральних виробках на альтернативні види магістрального транспорту – надгрунтові канатні дороги типу ДКНП-1,6 або дизельні підвісні монорейкові дороги. Передбачено, що надгрунтові канатні дороги типу ДКНП-1,6 або підвісні монорейкові дороги будуть транспортувати гірську масу до дільничного акумулюючого бункера або напівстаціонарного пункту її перевантаження в засоби магістрального транспорту для подальшого транспортування в породний бункер пристовбурного двору.

З метою збільшення коефіцієнта обертальності вагонеток на першому етапі розглядався варіант закріплення за експериментальним підготовчим вибоєм рухомих складів з саморозвантажними вагонетками типу ВДК-2,5. Другим, не менш важливим етапом, є обґрунтування місця встановлення бункера в технологічному ланцюзі внутрішньошахтного транспорту, тобто раціональне видалення його від джерела вступу вантажу (вантажний пункт підготовчого вибою), що постійно змінює своє місце розташування.

Використовуючи системні методи проектування технологічних схем транспорту як основні чинники, що регламентують місце розташування бункера, прийняті такі технічні параметри транспортної системи:

- місткість шахтних вагонів;
- потужність тягових батарей акумуляторних електровозів;
- довжина відкочування вантажів від навантажувального пункту підготовчого вибою до бункера;
- швидкість і час руху навантажених і порожніх рухомих складів вагонеток;
- трудомісткість маневрових операцій;
- час розвантаження навантажених вагонеток та інше.

Як технологічні параметри комбайнового проведення виробок розглядались:

- перерізи підготовчих виробок;
- міцність вугільного пласта і породи;
- об'єми порушеного вугілля і породи;
- питома вага гірської маси;
- тривалість процесів кріплення та оформлення привибійного простору.

До переваг використання рекомендованих транспортно-технологічних схем, у порівнянні з діючими, належать зменшення середньої тривалості повної обертальності шахтних вагонеток у підземній мережі дільничних і магістральних виробок, а також можливість синхронного виконання транспортно-переміщуваних процесів – роботами з оформлення привибійного простору гірничої виробки (кріплення).

Таким чином, якщо відома середня тривалість повної обертальності вагонетки, що визначається на підставі хронометражних спостережень, можна встановити потрібну кількість вагонів для реалізації циклічно-поточної технології комбайнового проведення виробок, тобто:

$$n = K_{рез} K_{мат} K_{рем} \frac{\Pi_{ш.т} t_{сзв.об}}{(T_{зм} - T_{пз}) N_{зм}}, \quad (3.18)$$

де  $K_{рез}$  – коефіцієнт, який враховує необхідний резерв вагонеток,  $K_{рез} = 1,1 \dots 1,15$ ;  $K_{мат}$  – коефіцієнт, що враховує використання вагонеток для перевезення матеріалів і устаткування,  $K_{мат} = 1,1 \dots 1,15$ ;  $K_{рем}$  – коефіцієнт, який враховує кількість вагонеток, що в ремонті,  $K_{рем} = 1,1 \dots 1,15$ ;  $t_{сзв.об}$  – середньозважений час обертальності вагонетки, хв;  $\Pi_{ш.т}$  – пропускна здатність шахтного транспорту, т/добу.

При роздільному вийманні та транспортуванні вугілля і породи з підготовчого вибою у формулу (3.18) вносяться такі корективи:

$$n = K_{рез} K_{мат} K_{рем} \frac{t_{в} n_{в} - t_{п} n_{п}}{T_{г}}, \quad (3.19)$$

де  $t_{в}$  і  $t_{п}$  – час повної обертальності вагонетки з вугіллям і породою, год;  $n_{в}$  і  $n_{п}$  – кількість вагонеток з вугіллям і породою, вивезених з горизонту за добу, шт;  $T_{г}$  – тривалість роботи транспорту на горизонті з видачі вантажу протягом доби, год.

У наведених вище залежностях показники часу повної обертальності вагонетки з вугіллям  $t_{в}$  і породою  $t_{п}$  задається з урахуванням відстані транспортування від підготовчого вибою до пристовбурного двору і середньої швидкості руху поїздів. Така постановка розрахунку необхідної чисельності парку вагонеток була справедлива для шахт з локомотивним відкочуванням вантажів по прямолінійних горизонтальних відкочувальних виробках і для відстаней транспортування вантажів до 1500 – 2000 м.

У цей час в умовах доопрацювання запасів біля меж шахтних полів або при відпрацюванні запасів вугілля, що прирізуються, відстань транспортування вантажів від підготовчих вибоїв до пристовбурного двору збільшилася до 5000 – 6000 м. Збільшена на багатьох шахтах Західного Донбасу протяжність і багатоступінчастість порідних маршрутів з наявністю похилих і криволінійних ділянок змусила змінити існуючі підходи до визначення кількості в парку вагонеток, яка необхідна для функціонування підготовчих вибоїв у режимі виробничого завдання. Відповідно до загальної програми досліджень для створення технологічного взаємозв'язку між дільничними транспортними ланками з відкочуванням вантажів однокінцевими канатними лебідками і загальношахтними ланками з локомотивами була розроблена методика шахтних досліджень щодо встановлення коефіцієнта обертальності вагонеток у криволінійних трасах зі знакозмінним профілем рейкового шляху.

Згідно з методикою криволінійна траса рейкового шляху розбивається по пікетах на характерні ділянки із заїздами для маневрових робіт, з відповідними відстанями прямолінійних і криволінійних ділянок, ухилами, радіусами поворотів, типами стрілкових переводів та іншими ознаками (рис. 3.4). У процесі шахтних досліджень коефіцієнта обертальності вагонеток фіксується фактичний час проходження кожним рухомих складом характерних ділянок, реєструються вагові показники рухомих складів, швидкість і характер їх руху на досліджуваній ділянці.

Наведена на рис. 3.4 транспортна схема відображає один з реальних маршрутів руху навантажених і порожніх вагонеток від прохідницького вибою (точка А) виїмкового стовпа, що готується біля кордону шахтного поля шахти «Павлоградська», по похилій виробці, яка проводиться, до заїзду в пункт обміну навантажених рухомих складів на порожні (точка В), по криволінійній

ділянці В-С до пункту формування складу і далі по ділянках С-Д, D-E, E-F до клітьового стовбура (точка F) і в зворотному напрямку.

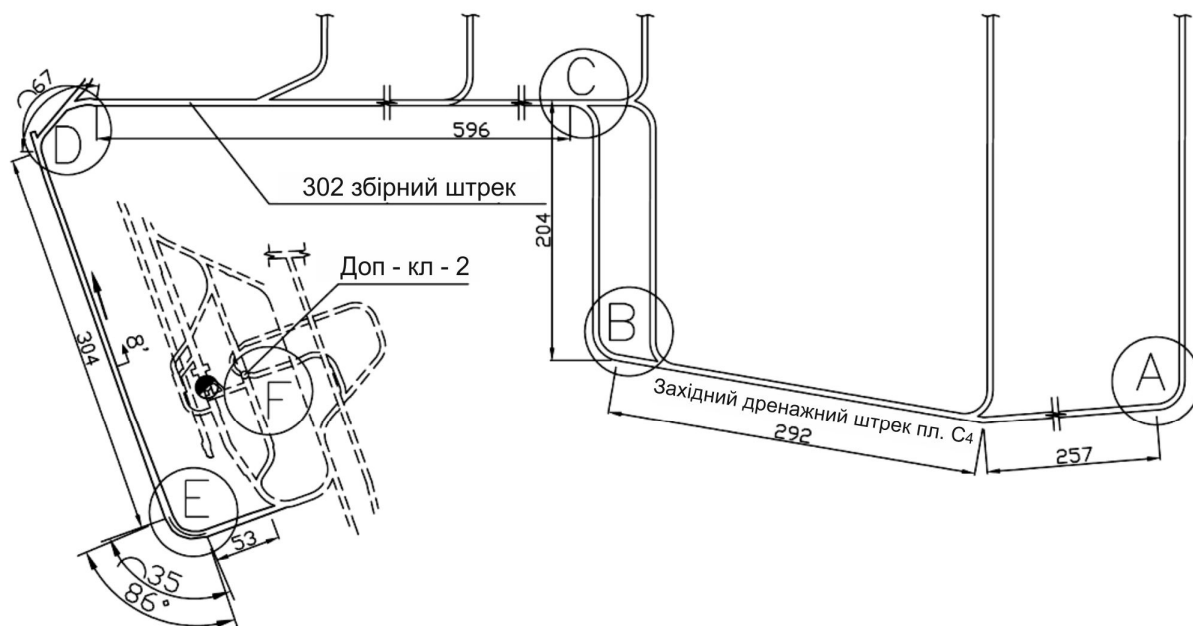


Рис. 3.4. Розрахункова схема транспортування породи від підготовчого вибою до пристовбурного двору

Процедура розрахунку коефіцієнта обертальності  $K_0$  однієї вагонетки для заданого маршруту між діючим підготовчим вибоєм (точка А) і стовбуром (точка F) складається з декількох етапів. Стосовно реального маршруту руху вантажопотоків у табл. 3.5 наведені позначення, які характеризують розрахункову схему, тобто конкретні ділянки проходження вантажів.

Таблиця 3.5

Характеристика маршруту руху вантажів

Характерні ділянки траси	Показники маршруту			
	Довжина ділянки, м	Ухил шляху, ‰	Середня швидкість, м/хв	Час руху складу, хв
AB	$l_5$	$i_5$	$v_5, v'_5$	$t_5$
BC	$l_4$	$i_4$	$v_4, v'_4$	$t_4$
CD	$l_3$	$i_3$	$v_3, v'_3$	$t_3$
DE	$l_2$	$i_2$	$v_2, v'_2$	$t_2$
EF	$l_1$	$i_1$	$v_1, v'_1$	$t_1$

Наведені в табл. 3.5 позначення характеризують:

$l_5 - l_1$  – довжину досліджуваних ділянок на маршруті А-F;

$v_5 - v_1$  – середні швидкості руху навантаженої вагонетки на досліджуваних ділянках А-В – Е-F;



$v'_5 - v'_1$  – середні швидкості руху порожньої вагонетки на ділянках, А-В – Е-Ф;

$i_5 - i_1$  – ухили шляху на досліджуваних ділянках А-В – Е-Ф;

$l_5 - l_1$  – довжина досліджуваних ділянок А-В – Е-Ф на маршруті А-Ф;

$t_5 - t_1$  – час руху вагонетки на досліджуваних ділянках А-В – Е-Ф.

З урахуванням нерівномірності завантаження рухомих складів і перерв у роботі транспортних установок з організаційних причин повний час обертальності вагонеток зводиться до встановлення параметрів локомотивного відкочування вантажів у шахті (продуктивності електровоза) з урахуванням фізико-механічних властивостей гірської маси, що перевозиться, параметрів траси і машин, організації робіт і перерв, пов'язаних з обслуговуванням самої машини [21].

На основі вищезазначеного та рекомендацій [118] знаходимо середній час  $t$ , який витрачається тільки на прямування вагонетки по маршруту А-Ф і в зворотному напрямку:

$$t_{\text{рух}} = l_5(1/v_5 + 1/v'_5) + l_4(1/v_4 + 1/v'_4) + l_3(1/v_3 + 1/v'_3) + l_2(1/v_2 + 1/v'_2) + l_1(1/v_1 + 1/v'_1). \quad (3.20)$$

Нехай  $K_o$  – це коефіцієнт обертальності однієї вагонетки між пунктами А і F за період довжиною 18 год. Зазначимо, що до розрахунку задаємо не 24, а 18 годин роботи транспортної системи, оскільки клітьовий підйом (пункт F) і вантажні підйоми ухилів Е-D і С-В згідно з «Правилами безпеки» знаходяться у роботі 18 годин.

Тоді

$$K = 18 / t_{\text{зар}}, \quad (3.21)$$

де  $t_{\text{зар}}$  – загальний час одного оберту вагонетки, який включає і  $t_{\text{рух}}$ , по маршруту А-Ф і у зворотному напрямку.

Було б неправильно при визначенні коефіцієнта обертальності вагонеток враховувати тільки час руху вагонетки  $t_{\text{рух}}$ . У такому разі коефіцієнт обертальності вагонеток буде завищено у п'ять разів. Результати хронометражних досліджень показали, що час руху вагонетки в обидва кінці складає в середньому 25 % від загального часу знаходження вагонетки в посуванні, тобто  $t_{\text{зар}} = 5 t_{\text{рух}}$ , оскільки до 75 % часу вагонетка у виробничому циклі затримується під час завантаження, розвантаження, у маневрах, у зчепленні, розчепленні, у формуванні потягу, у використанні його для переміщення матеріалів та ін. Тому коефіцієнт обертальності буде:

$$K_o = 18 / t_{\text{зар}} = (18/5) \cdot t_{\text{рух}} = 3,6 / t_{\text{рух}}. \quad (3.22)$$

Позначимо вантажопідйомність однієї вагонетки через  $P_1$ .

Тоді

$$P = 18/t_{\text{зар}} P_1 = 3,6/t_{\text{пyx}} P_1, \quad (3.23)$$

де  $P$  – вантаж, що перевозиться однією вагонеткою за 18 годин.

На підставі вищевикладеного в загальному вигляді коефіцієнт обертальності вагонетки:

$$K_o = 3,6 / \sum_{i=1}^n l_i (1/v_i + 1/v'_i). \quad (3.24)$$

Загальний час знаходження вагонетки в дорозі в обидва кінці:

$$t_{\text{зар}} = 5 \sum_{i=1}^n l_i (1/v_i + 1/v'_i). \quad (3.25)$$

Фактична продуктивність однієї вагонетки за 18 годин:

$$P = 3,6 P_1 / \sum_{i=1}^n l_i (1/v_i + 1/v'_i), \quad (3.26)$$

де  $n$  – кількість розгалужених транспортних маршрутів у шахті.

Розрахунки підтвердили низький коефіцієнт обертальності вагонетки між пунктами А і F, який протягом доби змінювався в межах 0,7 – 0,8.

Аналіз результатів шахтних досліджень показав, що при такому положенні вагонетка протягом доби не робить навіть одного обороту між підготовчим вибоєм і поверхнею, що негативно позначається на темпах проведення виробок і підготовки частин шахтного поля, що прирізується, до очисного виймання і подальшого розвитку шахти.

Відповідно до структурно-логічної схеми досліджень як одне з технічних рішень цієї проблеми розглядається встановлення бункера в існуючому транспортному акумулюючому ланцюзі з формуванням транспортно-технологічної системи на базі застосування надгрунтових канатних доріг.

Розрахунками встановлено, що реалізація ідеї створення енергозбережної адаптивної транспортно-технологічної системи в технічному рішенні дозволить:

– виключити малопродуктивну і небезпечну схему відкатки породи лебідками з однокінцевим канатом у вагонетках типу ВГ – 3,3 по протяжному маршруту А-В-С-D-E-F з низьким коефіцієнтом обертальності вагонеток (до 0,8);

– підвищити темпи проведення підготовчих вибоїв на 25 % за рахунок зниження вимушених простоїв через відсутність порожніх вагонів;

- знизити загальну потребу вагонеток у 2 – 3 рази шляхом збільшення коефіцієнта їх обертальності як у межах діючого транспортного ланцюга, так і в межах підготовлюваного горизонту;
- виключити протяжний маршрут руху вагонів по виробках зі знаковмінним профілем для розвантаження вагонеток у бункер стовбура;
- підвищити пропускну здатність післябункерної транспортної лінії з високим коефіцієнтом обертальності парку вагонеток (3 – 5) у межах діючої ділянки шахтного поля і знизити її енергоспоживання.

### **3.4. Моделювання навантажень у тягових органах надгрунтових канатних доріг для визначення допустимої кількості вагонів на канаті**

Накопичений на шахтах Західного Донбасу досвід використання надгрунтових канатних доріг легкого типу як єдиний транспортний засіб при проведенні підготовчих виробок дозволив визначити обсяг завдань, які вимагають спеціального дослідження для обґрунтування параметрів транспортно-технологічних схем із застосуванням канатних доріг важкого типу з метою експлуатації їх у дільничних і магістральних виробках.

Особливістю експлуатації доріг нового технічного рівня є застосування їх у протяжних криволінійних виробках зі знаковмінним профілем шляху. Як правило, надгрунтові канатні дороги важкого типу монтують у раніше пройдених дільничних і магістральних виробках, проекти яких орієнтувалися на застосування технологічних схем транспорту з відкочуванням вантажів локомотивами. Відмітимо, що в нормативних документах на проектування транспортних магістралей чітко зазначені радіуси закруглень рейкових шляхів для типів рухомого складу, що експлуатуються, які не відповідають умовам експлуатації надгрунтових канатних доріг при взаємодії тягового органу з напрямними роликкооперами. Шахтні дослідження режимів роботи надгрунтових канатних доріг показали, що в реальних умовах експлуатації однією з головних причин зниження ефективності їх застосування в криволінійних виробках є передчасне зношення каната.

Ефективність застосування надгрунтової канатної дороги в дільничних і магістральних виробках при підготовці запасів, що прирізуються, багато в чому визначається безпечними умовами експлуатації, високою продуктивністю та адаптацією до параметрів трас, які довільно змінюються. У результаті шахтних випробувань експериментального зразка надгрунтової канатної дороги важкого типу ДКНП-1,6 на шахті «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» встановлено, що вказані показники ефективності багато в чому визначаються запасом міцності навантаженої гілки тягового органу в момент пуску дороги, тобто від дії динамічних зусиль і напруги, яка виникає в канаті від вигину.

Параметрами тягового органу визначаються кількість вагонів на канаті при русі їх у криволінійних виробках зі знаковмінним профілем шляху і продуктивність відкатки гірської маси з підготовчого вибою та після доставки допоміжних матеріалів до нього.

Відповідно до комплексної програми досліджень і за результатами

шахтних випробувань експериментального зразка надгрунтової канатної дороги, була розроблена математична модель надгрунтової канатної дороги нового технічного рівня і виконано моделювання динамічних навантажень в її тяговому органі. Необхідність виконання подібних досліджень обумовлена практикою. Експериментально зареєстровано, що в момент пуску дороги виникають динамічні зусилля в канаті, які не лише впливають на його міцність і довговічність, але і сприяють стабільному проковзуванню на шківі, що розглядається як аварійний випадок.

У дослідженнях [6, 82] була розроблена математична модель надгрунтової канатної дороги в режимі пуску й отримане рішення на персональному комп'ютері та в графічному вигляді з відображенням необхідної цифрової інформації на дисплеї.

Графічне вирішення математичної моделі надгрунтової канатної дороги зводилося до встановлення швидкості шківів і рухомого складу, а також натягу тягового органу відповідно в гілках, що набігає й збігає. При цьому враховувалися показники тиску робочої рідини в нагнітальній магістралі гідронасоса й електромагнітний момент двигуна.

Для вирішення поставленого завдання як вхідного параметра системи задавалася швидкість привідного шківів, яка залежить від параметрів регулювання насоса, а як вихідного – коефіцієнт динамічності, що дорівнює відношенню максимального натягу каната ( $F_{Dmax}$ ) до його встановленого значення ( $F_C$ )

$$k_D = \frac{F_{Dmax}}{F_C}. \quad (3.27)$$

За результатами випробувань режимів роботи надгрунтових канатних доріг в умовах шахт Західного Донбасу визначено, що для вантажних канатних доріг нормований запас міцності тягового каната має бути не нижчий 5-кратного [73]. У свою чергу, статичний запас міцності  $n_{CT}$  каната залежить від ряду чинників:

$$n_{CT} = k_D k_i k_{CЧ} k_{ЗАЛ} k_B, \quad (3.28)$$

де  $k_D$  – коефіцієнт динамічності системи;  $k_i$  – коефіцієнт перевантаження цілих дротів каната при обриві й стоншуванні дротів зовнішнього шару, а також при корозійному зносі;  $k_{CЧ}$  – коефіцієнт, що враховує послаблення каната в місці зчалки;  $k_{ЗАЛ}$  – коефіцієнт залишкової втомної міцності матеріалу дротів;  $k_B$  – коефіцієнт, що враховує додаткову напругу в канаті від вигину.

Згідно з експериментальними дослідженнями канатів, що знаходяться в експлуатації [6], значення цих коефіцієнтів змінюються в межах:  $k_i = 1,2 \dots 1,4$ ;  $k_{CЧ} = 1,3 \dots 1,5$ . Коефіцієнт  $k_{ЗАЛ}$  в машинобудуванні задається не нижче 1,5, а коефіцієнт, що враховує вигин каната  $k_B$ , визначається за формулою:

$$k_B = \frac{\sigma_P + \sigma_B}{\sigma_P}, \quad (3.29)$$

де  $\sigma_P$  – напруга розтягнення в дроті каната, Па;  $\sigma_B$  – напруга вигину дроту каната на шківі, Па.

Використовуючи отриману за результатами хронометражних спостережень початкову інформацію (масу рухомого складу  $m_B$ , довжину транспортування  $L$ , швидкість руху складу, що встановилася, кут нахилу траси  $\alpha$ , діаметр каната  $d_K$ ), можна встановити для конкретного розрахункового випадку зміну напруги розтягування тягового органу від статичного навантаження:

$$\sigma_P = \frac{F_C}{S_P}, \quad (3.30)$$

де  $F_C$  – максимальний статичний натяг каната, Н;  $S_P$  – розрахункова площа перерізу всіх дротів каната, м<sup>2</sup>.

Вигин каната  $\sigma_B$  визначається з формули

$$\sigma_B = k \frac{\delta_{ДР}}{D_{Ш}} E_{ПР}, \quad (3.31)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує конструкцію каната;  $D_{Ш}$  – діаметр шківів, м;  $\delta_{ДР}$  – діаметр дроту, м;  $E_{ПР}$  – модуль пружності дроту каната.

Виміри, проведені в шахтних умовах, показують, що фактичний запас міцності тягових канатів надгрунтових канатних доріг близький до нормативного і знаходиться в межах  $n_{\Phi} = 5,5 \dots 7,5$ .

Таким чином, допустиме за міцністю тягового каната значення коефіцієнта динамічності може бути визначене як:

$$k'_D = \frac{n_{СТ}}{k_i k_{сч} k_{ост} k_B}. \quad (3.32)$$

Довговічність тягового каната відповідно до [6, 22, 73]:

$$N_K = \frac{N_B}{n_1 n_2 n_3} \left( \frac{\sigma_0}{\sigma_{max}} \right)^m, \quad (3.33)$$

де  $N_B$  – значення бази втомних випробувань зразків дротів відповідно до лінії регресії;  $n_1, n_2, n_3$  – коефіцієнти, що враховують зниження довговічності через повільну зміну навантаження в робочих режимах (порівняно з режимом

випробувань), наявність високочастотного динамічного навантаження, що накладається на основний цикл вантаження, розкид досвідчених даних;  $\sigma_0$  – межа втоми дроту, Па;  $\sigma_{\max}$  – максимальна еквівалентна напруга в дротах каната, Па;  $m$  – коефіцієнт лінії регресії.

У роботі [6] отримано рівняння емпіричної лінії регресії для сталевого дроту в умовах корозійного середовища:

$$y = 8,95 - 2,02 x, \quad (3.34)$$

де  $y = \ln N_B$ ;  $N_B$  – кількість циклів до руйнування;  $x$  – обмежена межа втоми на базі  $N_B$  при коефіцієнті асиметрії циклу  $r_0$ ,  $x = \sigma_{02r}$ .

З урахуванням результатів шахтних вимірів фактичних циклів вантажень для дроту в корозійному середовищі отримані усереднені показники межі втоми дроту  $\sigma_0 = 3,2 \cdot 10^8$  Па і значення коефіцієнтів  $n_1 = 3,5$ ;  $n_2 = 3,0$  і  $n_3 = 1,3$ .

Тоді вираз (3.33) набуває вигляду:

$$N_K = \frac{2,7 \cdot 10^6}{3,5 \cdot 3,0 \cdot 1,37} \left( \frac{3,2 \cdot 10^8}{\sigma_{\max}} \right)^{2,02}. \quad (3.35)$$

З урахуванням отриманих показників встановлювалася максимальна еквівалентна напруга в дротах канату при  $k_D = 1,2$  і  $k_D = 2,0$  і відповідно кількість циклів до руйнування канату  $N_K$ :

$$\sigma'_{\max} = \sigma_P k_D k_i k_{CЧ} + \sigma_B, \text{ Па.} \quad (3.36)$$

У результаті шахтних досліджень і розрахунків дійшли висновку, що при кількості циклів на добу  $n_{Ц} = 30$  і кількості робочих днів на рік  $n_p = 360$  (загальна кількість циклів на рік  $n_p = 10800$ ) довговічність тягового каната при коефіцієнті динамічності  $k_D = 2,0$  нижче у 2,3 рази, ніж при  $k_D = 1,2$ .

Досвід експлуатації технологічних схем проведення виробок з використанням надґрунтових канатних доріг свідчить, що термін служби тягового каната має бути не нижче 1,5 року, що відповідає коефіцієнту динамічності  $k_D$ .

У процесі шахтних досліджень [6, 22, 68] технологічних схем транспортування вантажів з використанням надґрунтових канатних доріг як єдиного транспортного засобу були встановлені допустимі значення коефіцієнта динамічності, які для умов Західного Донбасу склали: за міцністю тягового каната  $k'_D \leq 1,4$ ; за його довговічністю  $k''_D \leq 1,5$ ; за умови не ковзання каната на шківі  $k'''_D \leq 1,4$ . Надалі при розрахунках і експлуатації надґрунтових канатних доріг обґрунтованим рекомендовано вважати значення  $k_D \leq 1,4$ .

Під час перевірочних розрахунків варіювалися такі показники: маса складу вагонеток, що включає масу буксирувального візка ( $1 \cdot 10^4 \text{ кг} \leq m_B \leq 4 \cdot 10^4 \text{ кг}$ ); довжина транспортування ( $0,8 \cdot 10^3 \text{ м} \leq L \leq 3 \cdot 10^3 \text{ м}$ );

кут нахилу рейкового шляху ( $-6^\circ \leq \alpha \leq +6^\circ$ ); час розгону привідного шківів ( $10 \text{ с} \leq t_p \leq 40 \text{ с}$ ) і швидкість усталеного руху ( $1 \text{ м/с} \leq v_y \leq 5 \text{ м/с}$ ).

Для оцінки коефіцієнта динамічності при пуску надгрунтових канатних доріг співробітниками кафедри транспортних систем і технологій Державного ВНЗ «НГУ» визначався ступінь впливу кожного з варійованих параметрів на його величину [6, 22, 68]. Результати досліджень наведено в табл. 3.6 – 3.9.

Таблиця 3.6

Залежність коефіцієнта динамічності надгрунтової канатної дороги від маси рухомого складу

Час розгону, с	Коефіцієнт динамічності при масі рухомого складу, $\text{кг} \cdot 10^3$			
	10	20	30	40
10	1,62	1,61	1,60	1,60
20	1,39	1,38	1,37	1,37
30	1,30	1,30	1,29	1,29
40	1,26	1,26	1,25	1,25

Таблиця 3.7

Залежність коефіцієнта динамічності надгрунтової канатної дороги від довжини транспортування

Час розгону, с	Коефіцієнт динамічності при довжині транспортування, $\text{м} \cdot 10^3$		
	1	2	3
10	1,62	1,64	1,66
20	1,39	1,41	1,43
30	1,21	1,23	1,25
40	1,15	1,17	1,18

Таблиця 3.8

Залежність коефіцієнта динамічності надгрунтової канатної дороги від кута нахилу виробки

Час розгону, с	Коефіцієнт динамічності при куті нахилу виробки, град		
	2	4	6
10	2,2	1,71	1,51
20	1,66	1,39	1,29
30	1,48	1,28	1,20
40	1,39	1,23	1,17

Таблиця 3.9

Залежність коефіцієнта динамічності надгрунтової канатної дороги від швидкості встановленого руху

Час розгону, с	Коефіцієнт динамічності при швидкості встановленого руху, м/с		
	1	3	5
10	1,22	1,51	1,71
20	1,13	1,29	1,43
30	1,10	1,20	1,31
40	1,03	1,17	1,24

Аналіз отриманих значень дозволив зробити такі висновки:

- коефіцієнт динамічності надгрунтових канатних доріг при пуску практично не залежить від маси складу і довжини транспортування;
- кут нахилу виробки впливає на коефіцієнт динамічності, а саме: зі зменшенням кута нахилу він зростає;
- найбільш суттєвий вплив на коефіцієнт динамічності має швидкість встановленого руху (табл. 3.9) і час розгону шківів.

### Висновки

1. Зростаючий об'єм видобування і протяжність транспортних виробок пов'язані з віддаленням гірничих робіт, що зумовлює підвищення транспортних витрат. Росту витрат сприяє також перехід на потужніше транспортне устаткування і досконалі транспортні засоби.

2. При розробці заскидних частин шахтного поля раціональна організація транспортування вантажів на шахті ускладнюється тим, що технологічні схеми відкати і доставки вантажів в умовах активного здимання порід підпошви істотно відрізняються від рекомендованих типових схем.

3. При встановленні пропускної здатності кожної ланки особлива увага приділяється визначенню тривалості маневрування локомотива у навантажувальних пунктах підготовчих вибоїв, під час роз'їздів та на приймальних майданчиках породного акумулюючого бункера.

4. Особливістю шахтного транспорту є наявність стаціонарних і рухливих робочих місць, а також їх значна протяжність.

5. Встановлено потенційні джерела підвищення організаційно-технологічних параметрів підготовки запасів вугілля і визначено програму подальших досліджень щодо зниження трудомісткості транспортно-технологічних операцій.

6. З метою пошуку потенційних джерел циклічно-потокової транспортно-технологічної системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок в умовах шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» була виконана оцінка витрат часу підготовчих робіт. У процесі досліджень проаналізовано більше 57 % підготовчих вибоїв, що діяли на момент спостереження.



7. Оцінювані внутрішньозмінні втрати були класифіковано на три основні групи: тимчасові – хв/зм; кількісні (за кількістю випадків протягом зміни) – вип/зм і втрати проведення (у погонних метрах за зміну) – п.м/зм.

8. Важливою умовою інтенсивної роботи підготовчих вибоїв при комбайновому проведенні дільничних похилих виробок з використанням колісно-рейкових видів транспорту є забезпеченість їх парком вагонеток.

9. Виявлено, що на зниження темпів проведення підготовчих виробок впливають не лише збільшення часу транспортування вантажів і тривалість переходу робітників прохідницької ланки і навантаження вагонеток, які відволікаються на допоміжні роботи з обміну, на порожні на заїздах у гирла виробки, але і специфіка проведення підготовчих виробок, пройдених по пластах з активним здиманням порід піддошви.

10. Розрахунками встановлено, що реалізація ідеї створення енергозбережної адаптивної транспортно-технологічної системи у технічному рішенні дозволить:

- виключити малопродуктивну і небезпечну схему однокінцевої відкатки;
- підвищити темпи посування підготовчих вибоїв на 25 % за рахунок зниження вимушених простоїв через відсутність порожніх вагонів;
- знизити загальну потребу вагонеток у 2 – 3 рази через збільшення коефіцієнта їх обертальності;
- виключити протяжний маршрут руху вагонеток до стовбура по виробках зі знакозмінним профілем;
- підвищити пропускну здатність післябункерного транспортного ланцюга з високим коефіцієнтом обертальності парку вагонеток і знизити їх енергоспоживання.

11. Результати шахтних випробувань експериментального зразка надгрунтової канатної дороги важкого типу ДКНП-1,6 на шахті «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» дозволили встановити, що зазначені показники ефективності багато в чому визначаються запасом міцності навантаженої гілки тягового органу в момент пуску, тобто дією динамічних зусиль і напруги, що виникає в канаті від вигину.

## 4 ГАЛУЗЬ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК З ОБЛАДНАННЯМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

### 4.1. Формування чинників, які визначають параметри технологічних схем проведення дільничних виробок з транспортом нового покоління

Для формування чинників, які визначають параметри технологічних схем проведення підготовчих виробок із застосуванням транспортного устаткування нового покоління, були проведені шахтні випробування їх експлуатаційної надійності в умовах шахт Західного Донбасу. Розглядалися технологічні схеми проведення виробок за падінням та підняттям пласта з транспортуванням гірської маси і матеріалів надгрунтовими канатними дорогами вітчизняного виробництва. За основний показник надійності транспортно-технологічних схем комбайнового проведення виробок вважали простої підготовчих вибоїв з вини транспорту.

Для проведення детального аналізу причин зупинки підготовчих вибоїв, що застосовуються в регіоні, схеми комбайнового проведення дільничних виробок з транспортуванням вантажів надгрунтовими канатними дорогами було класифіковано за видом гірничопрохідницького устаткування (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Класифікація схем комбайнового проведення за видом застосовуваного транспортного устаткування

Назва шахти	Транспортно-технологічна схема проведення виробок		
	ГПКС → ДКН	4ПП-2М → ДКН	КСП-32 → ДКН
Гернівська	2	–	–
Павлоградська	9	–	–
Самарська	2	–	–
Дніпровська	5	1	–
ім. Героїв Космосу	7	1	–
Західно-Донбаська	–	2	1
Благодатна	–	–	2
ім. Сташкова	–	1	–

Наведена у табл. 4.1 комплектація гірничопрохідницького і транспортного устаткування зумовлена специфікою проведення дільничних виробок і діючими вказівками нормативних документів.

Встановлено, що з 33-х підготовчих вибоїв, що використовують надгрунтові канатні дороги як єдиний транспортний засіб при проведенні виробок, більше 75 % обладнані прохідницькими комбайнами легкого типу ГПКС, які працюють в обводнених виробках з породами підшви, схильними до здимання. У 15 % підготовчих вибоїв надгрунтові канатні дороги

застосовуються в комплексі з комбайнами важкого типу 4ПП-2 і лише у 9 % – з комбайнами нового покоління типу КСП-32.

Відповідно до рекомендацій доцільність застосування того або іншого виду підземного транспорту визначається за результатами розрахунків тягових характеристик транспортних засобів.

Проте специфічні особливості ведення гірничих робіт в умовах інтенсивного здимання порід підшоши і високої їх насиченості водою передбачають необхідність доставки до підготовчих вибоїв негабаритних або спеціальних вантажів. Тому при доставці нестандартних вантажів процедура формування системи допоміжного транспорту повинна не лише враховувати особливості й характеристики транспортних засобів, але і передбачати специфіку гірничого виробництва в складних гірничо-геологічних умовах.

На підставі вищевикладеного була проведена експертна оцінка способів проведення виробок з урахуванням застосовуваних засобів відкатки гірської маси з підготовчих вибоїв і доставки до них допоміжних матеріалів і устаткування. Порівняльна оцінка транспортно-технологічних схем у дільничних підготовчих виробках виконувалася методом експертних оцінок. Для проведення кількісної та якісної оцінки показники було розподілено згідно з прохідницьким і транспортним устаткуванням у вибоях [30, 68, 69].

При виборі способу транспортування вантажів по пластових дільничних виробках кожному з параметрів оцінки присвоюється певний символ:  $i_1$  – типова схема комбайнового проведення;  $i_2$  – найменування виробки;  $i_3$  – потужність пласта;  $i_4$  – кут падіння;  $i_5$  – наявність включень, прошарків;  $i_6$  – небезпека через раптові викиди;  $i_7$  – відносна газоносність;  $i_8$  – довжина виробки;  $i_9$  – водоприпливи;  $i_{10}$  – гіпсометрія підшоши виробки;  $i_{11}$  – стан бічних порід;  $i_{12}$  – щільність гірської маси;  $i_{13}$  – схема роботи комбайна;  $i_{14}$  – величина посування вибою за цикл;  $i_{15}$  – крок установки кріплення;  $i_{16}$  – площа перерізу виробки у проходці;  $i_{17}$  – частота підривання порід підшоши;  $i_{18}$  – коефіцієнт обертальності вагонеток;  $i_{19}$  – витрата матеріалів;  $i_{20}$  – стан рейкового шляху;  $i_{21}$  – добовий режим роботи підготовчого вибою;  $i_{22}$  – система контролю графіку вступу матеріалів;  $i_{23}$  – наявність проміжних ланок у транспортному ланцюзі;  $i_{24}$  – чисельність прохідницької ланки;  $i_{25}$  – технологія обміну вагонеток.

Згідно з результатами експертної оцінки транспортно-технологічних схем дільничних пластових виробок ранжування наведених чинників (варіантів показників) було зведено у таблицю-матрицю (табл. 4.2).

Зазначимо, що в оцінці кожного експерта виділялися різного роду транспортно-технологічні проблеми. Встановлено, що найбільш ефективною в гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу є транспортно-технологічна схема проведення виробок комбайном КСП-32 у поєднанні з надгрунтовою канатною дорогою. Проте детальний аналіз роботи підготовчих вибоїв із застосуванням наведеного комплекту гірничо-прохідницького устаткування показав різноманітність техніко-економічних показників проведення виробок. Шахтними дослідженнями встановлено, що в реальних умовах на швидкість проведення підготовчих дільничних виробок найсуттєвіше впливають гірничо-геологічні, гірничотехнічні та організаційні чинники, характерні тільки для цієї

транспортно-технологічної схеми. Ці специфічні чинники було умовно розділено на дві категорії: основні та випадкові.

Таблиця 4.2

Результати експертної оцінки транспортно-технологічних схем пластових дільничних виробок

Параметри оцінки	Транспортно-технологічні схеми проведення виробок		
	ГПКС ↓ ДКН	КСП-32 ↓ ДКН	4ПП-2М ↓ ДКН
$i_1$	1	1	1
$i_2$	3	2	3
$i_3$	3	2	2
$i_4$	3	2	3
$i_5$	3	2	2
$i_6$	3	1	2
$i_7$	2	2	3
$i_8$	3	3	3
$i_9$	2	1	1
$i_{10}$	5	5	5
$i_{11}$	3	2	2
$i_{12}$	2	1	1
$i_{13}$	2	1	1
$i_{14}$	2	2	2
$i_{15}$	2	2	2
$i_{16}$	3	1	2
$i_{17}$	1	1	1
$i_{18}$	2	1	2
$i_{19}$	2	2	2
$i_{20}$	2	1	1
$i_{21}$	3	2	2
$i_{22}$	3	3	3
$i_{23}$	3	3	4
$i_{24}$	4	4	4
$i_{25}$	5	4	4
$\Sigma i$	67	51	58

Для подальшого аналізу даних транспортно-технологічних схем з табл. 4.2 були виділені основні й випадкові чинники, що найсуттєвіше впливають на швидкість проведення дільничних підготовчих виробок. До основних віднесено:  $i_3$  – потужність пласта;  $i_7$  – газоносність транспортної виробки;  $i_8$  – довжина транспортування (довжина виробки);  $i_9$  – обводненість транспортної виробки;  $i_{13}$  – схема виймання;  $i_{14}$  – швидкість установаження тимчасового і постійного кріплення;  $i_{16}$  – переріз виробки;  $i_{17}$  – мінливість осі виробки;  $i_{18}$  – кількість транспортних одиниць;  $i_{20}$  – коливання профілю траси.

До «випадкових чинників» можна віднести швидкість виконання робіт, пов'язаних з ліквідацією аварійних ситуацій і проявів гірського тиску:

$i_{11}$  – температура і вологість вміщувальних порід;  $i_{10}$  – величина і частота здимання порід підшви виробки;  $i_{21}$  – величина деформації абочного кріплення;  $i_{22}$  – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку.

#### 4.2. Результати шахтних досліджень ефективності технологічних схем комбайнового проведення виробок із застосуванням надгрунтових канатних доріг

Відповідно до вимог [14] види і типи транспортних засобів, а також їх розташування у виробках, що проводяться, слід максимально уніфікувати з видом, типом і місцем розташування засобів транспорту в цих виробках на період обслуговування ними очисних вибоїв.

Економічними і доцільними для діяльності шахти в цілому є такий вид, тип і місце розташування транспорту, коли дотримується повна спадкоємність транспорту гірської маси і допоміжного транспорту при проведенні й подальшій експлуатації виробки, тобто коли використані при проведенні засоби транспорту (окрім привибійного) залишаються у виробці на тому ж самому місці на весь технологічний термін служби виробки [91].

Рекомендована комплектація транспортного устаткування для найбільш типових гірничотехнічних умов проведення підготовчих виробок наведена на рис. 4.1 і 4.2.

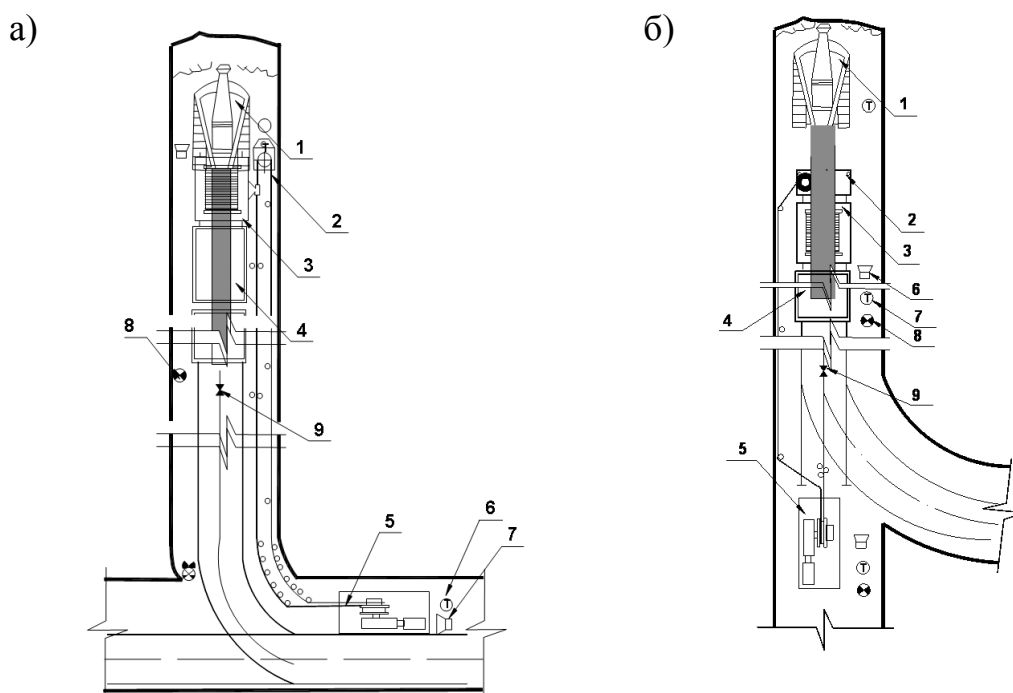


Рис. 4.1. Технологічна схема проведення виробок за падінням пласта

Технологічна схема транспортування гірської маси і матеріалів канатною дорогою типу ДКН-3 (рис. 4.1, а) включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3 – буксирувальний візок; 4 – вагонетку; 5 – привід; 6 – телефон; 7 – звуковий сигнал; 8 – світлове табло; 9 – бар'єр. На шахтах Західного

Донбасу цю схему рекомендовано застосовувати при проведенні дільничних виробок за падінням пласта, переріз яких у світлі  $S \leq 12 \text{ м}^2$  з кутом нахилу  $\alpha \leq 10^\circ$  і довжиною  $L \leq 2000 \text{ м}$ . Транспортування гірської маси здійснюється у вагонетках з глухим кузовом або з донним розвантаженням. Кількість вагонеток у партії відповідає об'єму породи, що виймається за цикл, і тяговим можливостям приводу канатної дороги.

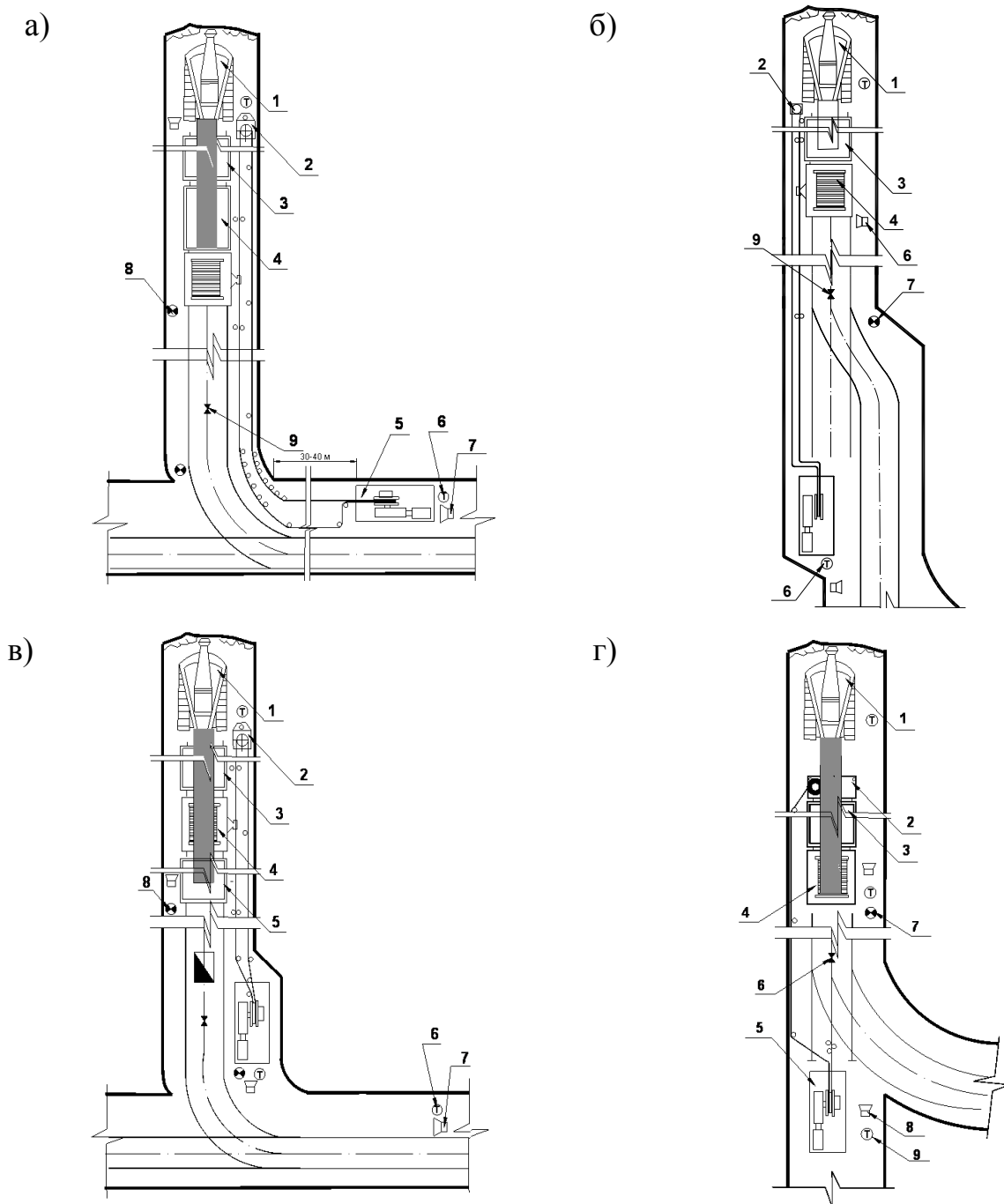


Рис. 4.2. Технологічна схема проведення виробок за підняттям пласта

Роботи щодо проведення підготовчих виробок організовані в чотири зміни, в кожену зміну працює ланка з шістьох робітників. Підготувавши прохідницький комбайн до роботи, машиніст починає виймання гірської маси.

Два прохідники зачищають підошву виробки за комбайном і заготовлюють кріпильні матеріали. Один прохідник стежить за навантаженням партії вагонеток під перевантажувачем. Під час навантаження вагонеток він подає команди по селектору (телефону) машиністові надгрунтової дороги та керує роботою перевантажувача, довжина якого складає 30 м.

Час виймання гірської маси на глибину кроку кріплення (0,8 м) і навантаження її у вагонетки складає у середньому 30 хв. Після цього навантажені вагонетки транспортують надгрунтовою дорогою до місця, де підготовча виробка з'єднується з магістральною, там обмінюють маневровим електровозом навантажені вагонетки на порожні. Час, що витрачається на обмін партій вагонеток під перевантажувачем, складає 30 – 40 хв. За цей термін прохідники виконують такі операції: кріплення вибою, нарощування рейкового шляху, вентиляційних труб та інше.

Кінцевий блок переміщують кожну зміну на довжину добового посування вибою за допомогою окремого гідравлічного циліндра (до 40 хв) і закріплюють на новому місці. У першу зміну, окрім пересування кінцевого блоку, виконують доставку матеріалів у вибій і їх вивантаження, профілактичний огляд і ремонт устаткування, перенесення апаратури контролю повітря і метану, нарощування протипожежного поставу і рейкового шляху. Для виконання цих робіт у першу зміну виходить ланка з семи робітників.

З метою зниження об'єму гірничопрхідницьких робіт привідна станція надгрунтової дороги розташовується на магістральній виробці.

Перевага схеми: простота обміну партій вагонеток на сполученні похилих дільничних і горизонтальних магістральних виробок та відсутність спеціальної камери для привідної станції.

Недоліки схеми: необхідність частого (кожну зміну) переміщення кінцевого блоку.

Технологічну схему (рис. 4.1, б) транспортування гірської маси і матеріалів канатною дорогою типу ДКНЛ-1 застосовують при проведенні гірничих виробок за падінням пласта з кутами нахилу  $\alpha \leq 6^\circ$  і завдовжки до 500 м. При більшій довжині темпи проведення виробок знижуються, а при довжині 1000 м – складають близько 100 м/міс. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3 – буксирувальний візок; 4 – вагонетку; 5 – привід; 6 – сигнал; 7 – телефон; 8 – світлове табло; 9 – бар'єр.

Організація робіт у вибої аналогічна схемі *a*.

Недоліки: низька продуктивність унаслідок малої швидкості руху (1 м/с), ривки при навантаженні.

З метою підвищення продуктивності транспортування вантажів у протяжних похилих виробках у комплексі з канатною дорогою типу ДКНЛ може бути використана маневрова лебідка для навантаження партії вагонеток і доставки її на роз'їзд [6].

Технологічна схема (рис. 4.2, а) рекомендована для транспортування гірської маси і матеріалів канатною дорогою типу ДКН-3 при проведенні дільничних виробок за підняттям пласта перерізом у світлі  $S \leq 12 \text{ м}^2$  з кутом нахилу  $\alpha \leq 10^\circ$  і довжиною до 2000 м. Вона включає таке прохідницьке

устаткування: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3 – буксирувальний візок; 4 – вагонетка; 5 – привідну станцію; 6 – телефон; 7 – звуковий сигнал; 8 – світлове табло; 9 – бар’єр. Доставку гірської маси здійснюють у вагонетках з глухим кузовом або з донним розвантаженням. Кількість вагонеток у партії відповідає об’єму гірської маси, що виймається за цикл.

Організація робіт у вибої аналогічна схемі рис. 4.1, а за винятком періодичності переміщення кінцевого блоку (один раз на добу в ремонтно-підготовчу зміну) і схеми маневрів на сполученні виробок.

Під час використання цієї схеми маневри на сполученні дільничної виробки з магістральним штреком виконують так: партію навантажених вагонеток доставляють буксирувальною вагонеткою до стрілкового перевалу і зупиняють. На буксирувальній вагонетці піднімають стабілізуючі катки і навантажену партію доставляють на магістральну виробку, де обмінюють на порожню за допомогою маневрового електровоза. Довжина перевантажувача прохідницького комбайна при використанні цієї схеми не перевищує 25 м.

Розташування привідної станції надгрунтової дороги на магістральній виробці дозволяє скоротити витрати на спорудження спеціальної камери.

Переваги: зниження трудомісткості робіт, пов’язаних з пересуванням кінцевого блоку, оскільки ця операція виконується раз на добу, а не кожену зміну (рис. 4.1, а); відсутність спеціальної камери для привідної станції.

Недоліки: складність маневрів на сполученні виробок; необхідність підйому стабілізуючих катків при проходженні стрілкових перевалів (при використанні спеціальних перевалів конструкції АТЗТ НВО «Вуглемеханізація» ця операція не робиться).

Технологічна схема (рис. 4.2, б) розроблена для транспортування гірської маси і матеріалів канатною дорогою типу ДКН-3 при проведенні виробок за підняттям пласта. У комплект устаткування входять: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3 – вагонетка; 4 – буксирувальний візок; 5 – привід; 6 – сигнал; 7 – світлове табло; 8 – телефон; 9 – бар’єр. Застосовують цю схему при проведенні дільничних виробок перерізом у світлі  $S \leq 12 \text{ м}^2$  з кутом нахилу  $\alpha \leq 10^\circ$  і довжиною  $L \leq 2000 \text{ м}$ . Транспортування гірської маси здійснюють у вагонетках з глухим кузовом або з донним розвантаженням. Кількість вагонеток у партії відповідає об’єму гірської маси, що виймається за цикл.

Організація робіт у вибої аналогічна схемі, наведеній на рис. 4.1, а. Маневри у сполученні виробок відбуваються так: навантажену партію вагонеток доставляють до стрілкового перевалу і зупиняють, буксирувальний візок відчіплюють (партія вагонеток стопориться башмаками); піднімають стабілізуючі катки і буксирувальний візок проходить через стрілковий перевід до привідної станції; потім навантажену партію вагонеток обмінюють на порожню за допомогою маневрового електровоза.

Перевага: зниження трудомісткості робіт відносно пересування кінцевого блоку.

Недоліки: необхідність проведення камери для привідної станції і двоколійної ділянки шляху.



Технологічну схему (рис. 4.2, в) транспортування гірської маси і матеріалів дорогою типу ДКН-3 у вагонах з донним розвантаженням при проведенні виробки змішаним вибоєм за підняттям пласта можна застосовувати за наявності під виробкою, що проводиться, конвеєрного штреку. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3, 5 – вагонетки; 4 – буксирувальний візок; 6 – привід; 7 – розвантажувальний бункер; 8 – телефон; 9 – світлове табло; 10 – сигнал. У цьому випадку над конвеєром обладнується розвантажувальний бункер для вагонеток з донним розвантаженням.

Організація робіт у вибої аналогічна схемі, наведеній на рис. 4.1, а. Буксирувальний візок розташований у середині рухомого складу: попереду нього знаходяться вагонетки для вугілля, у кінцевій частині – для породи. Після навантаження партію вагонів переміщують до розвантажувального бункера. Вагонетки з породою відчіплюють і маневровий електровоз обмінює їх на порожні після розвантаження у бункер вагонеток з вугіллям. Потім цикл повторюють. Для створення безпечних умов під час робіт і запобігання обриву вагонеток з породою від буксирувального візка застосовують оперізуючий канат, який з'єднує ці вагонетки і буксирувальний візок.

Переваги: скорочення часу на обмін вагонеток, спрощення схеми маневрів.

Недолік: необхідність спорудження спеціальної камери для привідної станції.

Технологічну схему (рис. 4.2, г) транспортування гірської маси і матеріалів канатною дорогою типу ДКНЛ-1 можна застосовувати при проведенні виробок за підняттям пласта з кутами нахилу  $\alpha \leq 10^\circ$  і довжиною до 1000 м. Ця схема включає: 1 – прохідницький комбайн; 2 – кінцевий блок; 3 – буксирувальний візок; 4 – вагонетку; 5 – привід; 6 – сигнал; 7 – телефон; 8 – світлове табло; 9 – бар'єр. Організація робіт у вибої аналогічна схемі, що наведена на рис. 4.1, а. Маневри на сполученні виробок роблять аналогічно схемі, що наведено на рис. 4.2, б.

Недоліки: невисока продуктивність, ривки під час пуску.

Результати хронометражних спостережень за виконанням технологічних процесів прохідницького циклу на шахті «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» з використанням надгрунтової канатної дороги як єдиного транспортного засобу при проведенні 504 збірного штреку довжиною  $L = 1100$  м наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Результати досліджень експлуатаційних параметрів надгрунтової канатної  
дороги

№з/п	Найменування операцій	Час операції, хв	Середнє арифметичне вибірки	Середньо-квадратичне відхилення	Відносна похибка вимірювання, %	Результати вимірювання	Надійна ймовірність	Примітка
I	Навантаження партії вагонеток у вибої	39,0 35,0 38,0 22,0 37,0 35,0 30,0 35,0 24,0 32,0	32,7	25,7	17,4	32,7±5,7	0,96	504-й зб. штрек, довжина L=1100 м, тип вагонеток ВД-2,5 Кількість вагонеток у партії – 7. Рух вантажу вниз. Надгрунтова дорога типу ДКН-3
II	Рух навантаженої партії вагонеток	12,0 10,0 13,0 13,0 13,0 18,0 16,0 13,0 17,0 14,0	13,9	2,515	18,0	13,9±2,515	0,96	
III	Рух порожньої партії вагонеток до вибою	13,0 13,0 14,0 13,0 13,0 17,0 20,0 14,0 13,5 13,0	13,3	2,33	16,2	14,3±2,33	0,96	
IV	Розвантаження навантаженої партії	17,0 25,0 30,0 20,0 12,0 20,0 20,0 35,0 30,0 32,0	24,1	7,7	9,2	24,1±7,7	0,96	

### 4.3. Раціональні параметри акумулювання вантажопотоків гірської маси для зниження енерговитрат і забезпечення мінімальних простоїв підготовчих вибоїв

Завдання формування раціональних вантажопотоків гірської маси для забезпечення мінімальних простоїв підготовчих вибоїв з вини транспорту в умовах інтенсивного здимання порід підшоши в криволінійних виробках зі знакозмінним профілем рейкової колії вирішується шляхом упровадження транспортних засобів нового покоління, що мають високу адаптаційну здатність, обґрунтування параметрів акумулювання гірської маси для підвищення коефіцієнта обертальності вагонеток, а також оперативного управління і контролю вантажопотоками.

У процесі функціонування транспортно-технологічної схеми проведення виробок виникають екстремальні ситуації, які змінюють характеристики виробничого процесу і не піддаються систематичному обліку.

Таким чином, необхідно визначити оптимальну схему планування маршруту для подальшого ефективного керування підземним транспортом. Для визначення оптимальної схеми планування маршрутів використовують відомий алгоритм Дейкстри, в основу якого покладено мінімізацію шляху при пошуку подальшого циклу, тобто технологічну схему допоміжних вантажопотоків можна подати у вигляді мережевого графіка, який є найбільш зручною формою моделювання комплексу робіт з управління матеріальними потоками. Задаючи різні умови транспортування вантажів, можна простежити зміну окремих характеристик мережі та вибрати найкращі варіанти здійснення комплексу робіт на різних етапах їх виконання.

На підставі рекомендацій [118] було побудовано граф  $G$  (технологічна схема допоміжних вантажопотоків) у вигляді мережі транспортних гірничих виробок (рис. 4.3). З урахуванням вершин  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , які відображають пристовбурний двір, граф  $G$  містить 15 вершин, які характеризують підготовчі й очисні вибої.

Відповідно до заданої схеми підготовки шахтного поля вершини  $a \dots m$  вміщують від двох до п'яти транспортних ланцюжків (мір вершин). Вершини  $A$ ,  $B$ ,  $C$  є витокami допоміжних вантажопотоків шахти. Можлива кількість маршрутів просування допоміжних вантажопотоків від пристовбурного двору до підготовчих і очисних вибоїв визначається сумою мір вершин  $a \dots m$ , тобто

$$\sum_{i=1}^n \rho(A) = \frac{1}{2} N, \quad (4.1)$$

де  $\sum_{i=1}^n$  – чисельність ребер, що характеризуються своїми довжинами,  $\sum_{i=1}^n L_i = L$ .

На сьогодні більшість програм розрахунків оптимальної схеми планування маршрутів локомотиву з вантажем будується на основі подібних алгоритмів. Проте на практиці вирішення оптимізаційної задачі шляхом знаходження мінімумів відстаней між вершинами не завжди виправдане.

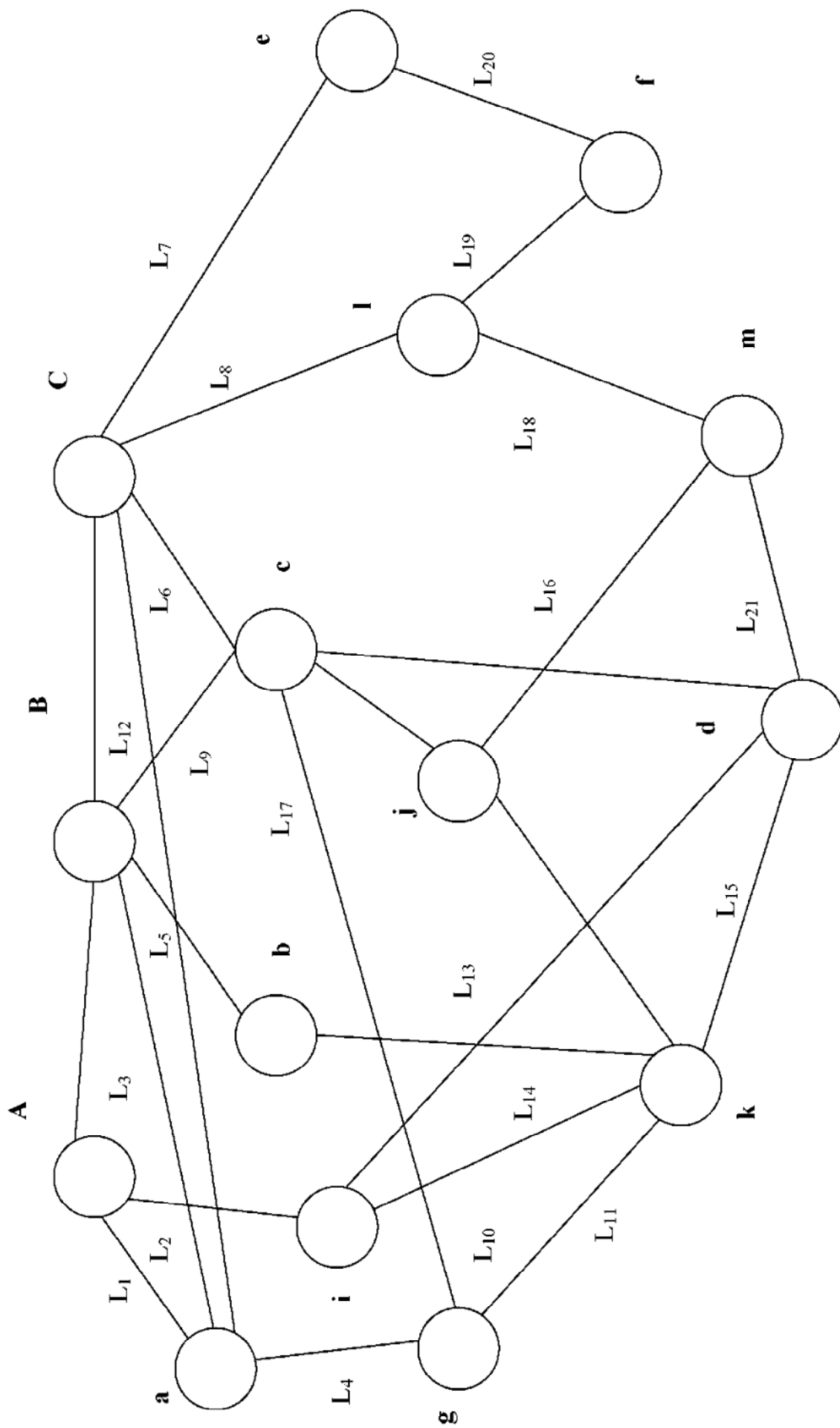


Рис.4.3. Мережа транспортних гірничих виробок

Стосовно шахтних вантажопотоків це може бути обумовлено наслідком різноманітних причин, а саме:

– постійною мінливістю підземних транспортних виробок і тягових характеристик локомотиву за експлуатаційними параметрами, коли для менших відстаней витрачається велика енергія руху локомотиву (електрична, механічна);

– наявністю екстремальних непланованих ситуацій (сходження локомотиву з рейок, ремонт шляху, простій і т. ін.).

У цих випадках за критерій оптимізації для здійснення оперативного безперервного контролю слід приймати мінімальні сумарні витрати енергії локомотиву на транспортування всієї заявленої маси вантажів до всіх заявлених пунктів.

Для механічної енергії [90]:

$$E_1 = \frac{V^2}{2g} \left( P_1 + 4P_2 \left( 1 + \frac{\rho^2}{r^2} \right) \right), \quad (4.2)$$

де  $V$  – швидкість руху локомотиву, м/с;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $P_1$  – вага локомотива, кН;  $4P_2$  – вага коліс, кН;  $\rho$  – радіус інерції колеса відносно осі, що проходить через його центр інерції, м;  $r$  – радіус коліс, м.

Для електричної енергії [74]:

$$E_2 = \frac{U^2}{2r_B(I+a)^2} t, \quad (4.3)$$

де  $U$  – напруга на навантаженні, Вт;  $r_B$  – внутрішній опір ланцюга контуру, Ом;  $a$  – коефіцієнт навантаження;  $t$  – час руху локомотива, с.

Запропонований підхід вирішення транспортної задачі дозволяє знайти сумарні витрати енергії для вершин (наприклад  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ) і порівняти їх між собою.

Необхідно визначити оптимальне значення витраченої енергії та відповідно шлях руху локомотива. Методи розрахунку витраченої енергії локомотива на одиницю шляху описані в роботах [62, 101].

Таким чином мінімізуються не відстані ребер, а енергія локомотива, яку витрачено при переході від однієї вершини до іншої (рис. 4.3).

Цей підхід до вирішення класичних транспортних завдань переміщення шахтних локомотивів в умовах складних трас дозволяє прискорити розробку методики моделювання і розрахунку параметрів процесів формування й управління шахтними вантажопотоками.

Зазначимо, що важливою проблемою сьогодення на всіх шахтах України є своєчасне забезпечення фронту очисних робіт. Через несвоєчасне вивезення гірської маси з підготовчих вибоїв і неритмічне переміщення шахтними локомотивами допоміжних матеріалів і устаткування у вибої протяжних

підготовчих виробок не виконуються терміни підготовки запасів, які плануються до очисного виймання.

Більше того, через велику протяжність виробок, знакозмінний профіль рейкового шляху і неоднакову вартість електроенергії в різний час доби питання енергозбереження набувають особливого значення для енергоємних підприємств. У подібних ситуаціях значно підвищується роль підземних акумулюючих бункерів, що встановлюються в транспортному ланцюзі та на ділянках перетину транспортних магістралей.

Важливими параметрами в ланцюзі транспортування гірської маси від підготовчих вибоїв до пристовбурного двору шахти є місткість породних бункерів і раціональне місце їх розташування. У зв'язку з цим при розширенні меж шахти «Павлоградська» замість локомотивної відкатки гірської маси з підготовчих вибоїв заскидної частини шахтного поля була розроблена і рекомендована до промислових випробувань технологічна схема транспортування породи (рис. 4.4) від підготовчих виробок 4-й ВМВШ, 4-й ВМКШ, 4 «біс» ВМКШ і 3-й ВМВШ, які проводилися із застосуванням експериментального зразка надгрунтової канатної дороги ДКНП-1,6, породного бункера (гезенка) і вагонеток з донним розвантаженням типу ВД-2,5.

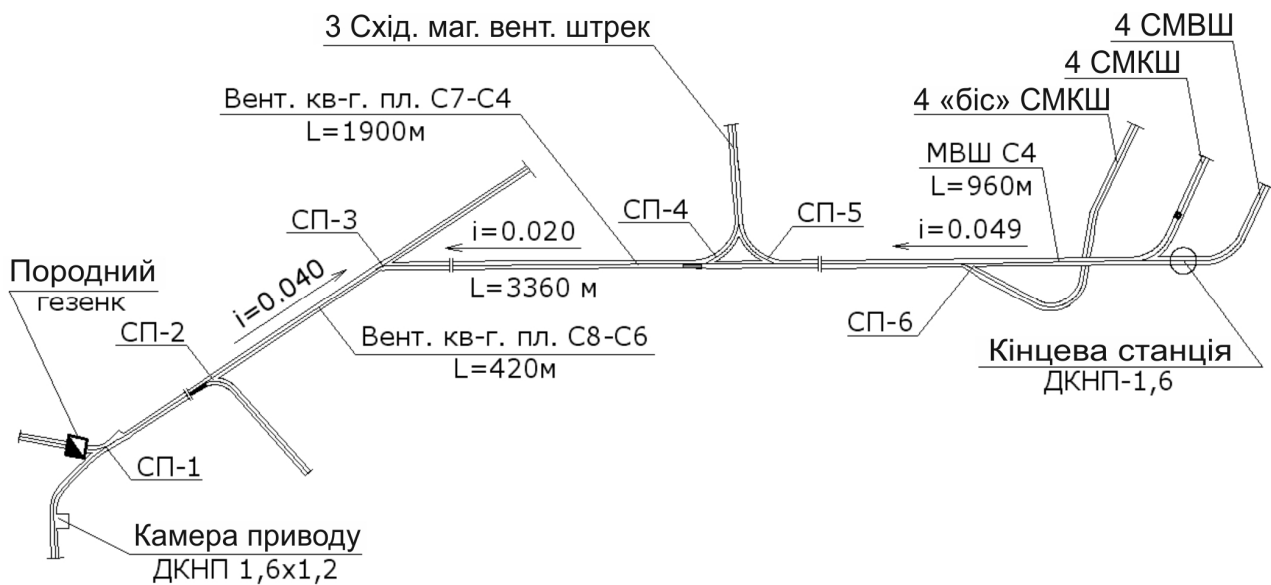


Рис. 4.4. Технологічна схема проведення виробок з використанням надгрунтової канатної дороги типу ДКНП-1,6 і породного гезенка

Основні технічні дані приводу надгрунтової канатної дороги ДКНП-1,6 наведено в табл. 4.4.

Місткість бункера для акумуляції сумарних вантажопотоків породи, що поступають з підготовчих вибоїв (виробок, що проводяться по пласту), визначається виразом:

$$Q_o = K_n Q_u / n_1 (0,5 + 0,5 K_n n_2 / n_3), \quad (4.4)$$

де  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт виходу породи з підготовчого вибою;  $Q_{\text{ш}}$  – добовий вантажопотік породи з підготовчих вибоїв, т;  $n_1$  – кількість робочих змін на добу;  $K_{\text{н}}$  – коефіцієнт нерівномірності виходу породи з підготовчих вибоїв;  $n_2$  – нормативна тривалість роботи приводу канатної дороги типу ДКНП-1,6 за зміну, год;  $n_3$  – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.4

Технічна характеристика приводу надгрунтової канатної дороги ДКНП-1,6

Найменування основних параметрів і розмірів	Норма
1. Тягове зусилля, кН, не більше	60
2. Лінійна швидкість шківа тертя (каната), м/с, не більше	2,85
3. Діаметр каната, мм	22,5
4. Редуктор: – тип – передатне число	РЦД-1150ОЛ 31,5
5. Електродвигун: – тип – частота обертання, об/хв – потужність, кВт	ВАОК-315М-6У5 1000 132
6. Габаритні розміри, мм, не більше: – довжина – ширина – висота	4810 4200 1750
7. Маса, кг, не більше	12900

За результатами шахтних досліджень встановлено, що застосування подібних транспортно-технологічних схем проведення дільничних підготовчих виробок дозволило значною мірою знизити споживання електроенергії за рахунок накопичення гірської маси в порідному гезенку при роботі підготовчих вибоїв у години «пік» і скачуванні її з бункера в години дії пільгових тарифів. Доцільність застосування подібних транспортно-технологічних схем наведено в розділі 4.4.

#### **4.4. Особливості оцінки ефективності технологічних схем комбайнового проведення підготовчих виробок з використанням ДКН як єдиного транспортного засобу**

Результати промислових випробувань експериментального зразка надгрунтової канатної дороги нового покоління показали, що є основні чинники, які впливають на вибір технологічних схем проведення виробок і виду транспорту при розширенні меж шахтних полів, такі як:

- вид прохідницького вибою (по вугіллю, змішаний – з видачею вугілля і породи, змішаний – із закладкою породи і видачею тільки вугілля);
- вид транспорту по виробці на термін її проведення та експлуатації;
- експлуатаційні параметри акумулюючих бункерів і місце їх розташування;
- енерговитрати на транспортування гірської маси, матеріалів, устаткування і людей.

З метою скорочення витрат на переобладнання транспорту після закінчення прохідницьких робіт рекомендовано використати надгрунтові канатні дороги як єдиний транспортний засіб як при комбайновому проведенні підготовчих виробок, так і в період їх експлуатації.

Для проектування транспортно-технологічних схем комбайнового проведення виробок необхідно мати в розпорядженні кількісні характеристики вантажопотоків породи і гірської маси від підготовчих вибоїв. При розрахунках зазвичай балансують максимальні значення змінних вантажопотоків, що поступають на відкотний горизонт (при магістральному транспорті) або на відособлені відкотні виробки (при дільничному транспорті) від кожного навантажувального пункту.

На діючих шахтах максимальні значення змінних вантажопотоків вугілля, породи і гірської маси можуть бути встановлені шляхом проведення хронометражних спостережень.

При проектуванні нових горизонтів (блоків) або додаткових запасів, що прирізуються, можна користуватися середньозмінними значеннями вантажопотоків вугілля, породи і гірської маси, які повинні поступати на навантажувальні пункти від очисних і підготовчих вибоїв при планованих навантаженнях і темпах проведення виробок. Більше того, з метою ресурсозбереження вантажопотоки вугілля з пластових підготовчих виробок треба направляти до вантажопотоків вугілля з очисних вибоїв.

Унаслідок цього для набуття максимальних значень змінних вантажопотоків необхідно середньозмінні значення помножити на змінний коефіцієнт нерівномірності.

Величини середньозмінних вантажопотоків вугілля від очисних вибоїв задаються відповідно до проектних значень добових навантажень на очисні вибої та передбачених режимів їх роботи:

$$A_{зм.ср} = \frac{A_{доб}}{n_{зм}}, \text{ Т/ЗМ}, \quad (4.5)$$

де  $A_{доб}$  – плановане добове навантаження на очисний вибій, т;  $n_{зм}$  – кількість змін на добу з видобутку вугілля.

Середньозмінний вантажопотік вугілля, породи і гірської маси від підготовчих вибоїв встановлюється відповідно до перерізу виробки, що проводиться, і планованих темпів її проведення:



$$U_{зм.ср} = SL_n \gamma_{ц}, \text{ т/зм}, \quad (4.6)$$

де  $S$  – переріз виробки в проходці,  $\text{м}^2$ ;  $L_n$  – середньозмінний темп проведення виробки,  $\text{м}$ ;  $\gamma_{ц}$  – щільність вугілля, породи або гірської маси в масиві,  $\text{т/м}^3$ .

Середньозмінний вантажопотік вугілля (гірської маси), що поступає на навантажувальний пункт, дорівнює сумі середньозмінних вантажопотоків від очисних і підготовчих (якщо не передбачається роздільне виймання і транспортування вугілля і породи) вибоїв, що подають вантаж на цей навантажувальний пункт:

$$A_{п.п} = \sum A_{зм.ср} + \sum U_{зм.ср}, \text{ т/зм}. \quad (4.7)$$

При роздільному вийманні вугілля і породи в підготовчих вибоях як суму середньозмінних вантажопотоків від підготовчих вибоїв  $U_{зм.ср}$  слід задавати тільки вантажопотік вугілля, що поступає на навантажувальний пункт.

За результатами досліджень параметрів дільничних транспортних виробок на діючих шахтах Західного Донбасу встановлено, що при доопрацюванні запасів біля меж шахтних полів або залученні до відпрацювання запасів, що прирізуються, середньозважена довжина відкатки досягає 5000 м і більше. Це передбачає підвищені вимоги при проектуванні й експлуатації шахтного рейкового транспорту.

Ефективність технологічних схем проведення підготовчих виробок із застосуванням надгрунтових канатних доріг як єдиного транспортного засобу визначається кількістю циклів з проведення виробки.

Цикл у підготовчому вибої – сукупність усіх процесів і операцій, які періодично повторюються і виконуються в певній послідовності. Час, що використовується для виконання одного циклу, визначає тривалість циклу і є одним з основних чинників, які істотно впливають на швидкість проведення виробки. Чим менше тривалість циклу, тим більша кількість циклів може бути зроблена на одиницю часу (зміни, доби і т. д.) і, отже, при однаковому посуванні за один цикл можна досягти більшої швидкості проведення виробки.

Традиційно облік витрат праці на підприємстві здійснюється через норму виробітку – об'єм робіт за зміну з проведення виробки комбайном (змінне посування) у погонних метрах, який має бути виконаний робітником або бригадою робітників за одиницю часу (годину, зміну). Спочатку визначається склад і об'єм робіт. Потім трудомісткість робіт як відношення об'єму робіт до встановленої норми виробітку.

$$H_{вир} = \frac{T_{зм}}{H_{ч}}, \quad (4.8)$$

де  $T_{зм}$  – тривалість однієї зміни, год;  $H_{ч}$  – норма часу.

Продуктивність праці за добу визначається шляхом розподілу величини посування вибою за одну добу  $V_{доб}$  на явочний склад прохідників за добу  $Ч_{я.прох.}$ :

$$P_{T.доб} = \frac{V_{доб}}{Ч_{я.прох}}, \text{ п.м/вих.} \quad (4.9)$$

Продуктивність праці за місяць визначається шляхом розподілу величини посування підготовчого вибою за місяць  $V_{міс}$  (у метрах) на обліковий склад бригади прохідників  $Ч_{об.прох}$ :

$$P_{T.міс} = \frac{V_{міс}}{Ч_{об.прох}}, \text{ п.м/міс,} \quad (4.10)$$

де  $P_{T.міс}$  – проектне місячне посування вибою, п.м;

$$V_{міс} = V_{доб} n_{p.д}, \text{ п.м} \quad (4.11)$$

де  $n_{p.д}$  – планова кількість діб роботи прохідницького вибою за місяць (задаємо 30 діб).

$$P_{T.міс.норм} = \frac{H_{в.уст} n_{зм} n_{p.д.}}{Ч_{зм}}, \text{ п.м.} \quad (4.12)$$

У розділі 2.4 зазначалось, що на шахтах регіону підвищення темпів посування підготовчих вибоїв традиційно досягається шляхом збільшення чисельності прохідницької ланки. Зумовлено це постійним відволіканням прохідників, які виконують операції з обміну навантажених вагонеток на порожні у гирлі виробки. У рекомендованих транспортно-технологічних схемах проведення виїмкових виробок з використанням надгрунтової канатної дороги як єдиного транспортного засобу ці операції виключаються, тому раціональна чисельність прохідницьких бригад визначається з урахуванням професійних навичок членів ланки, обсягів запланованих робіт у підготовчих вибоях і максимального поєднання механізованих операцій з ручними.

Явочна чисельність прохідницьких бригад, тобто чисельність, яка необхідна для роботи вибою протягом доби буде розрахована так:

$$Ч_{я.прох} = \frac{V_{доб}}{H_{к} K_{вн}}, \text{ осіб.} \quad (4.13)$$

Обліковою називається чисельність усіх робітників з урахуванням вихідних, відпусток, лікарняних, вона визначається за формулою:

$$Ч_{сп.прох} = Ч_{я.прох} K_{сп}, \text{ осіб.} \quad (4.14)$$

Режим роботи підприємства – кількість діб роботи підприємства впродовж року.

Коефіцієнт облікового складу – відношення режиму роботи підприємства до режиму роботи робітника, показує, у скільки разів треба мати більше робітників, щоб підприємство працювало без перерви ( $k = 1,86$ ). Технічний паспорт проведення виробки складається з таких документів:

– технологічного графіка організації робіт, який показує послідовність і час виконання процесу прохідницького циклу, кількість встановлених рам за зміну, склад робіт, а також чисельний склад робітників;

– графіка виходів робітників, де показано порядок чергування робочих змін для окремих працівників і їх вихідні дні (для забезпечення об'єктивності планування та обліку робочого часу);

– таблиці техніко-економічних показників.

Собівартість є сумарною витратою на проходження 1 п. м виробки.

У традиційних умовах виробництва планування собівартості проведення виробки складається з таких елементів витрат: заробітна плата (премія); відрахування на соціальне страхування; матеріали; електроенергія; амортизаційні відрахування.

Заробітна плата – відрядна і погодинна – розраховується за формулою:

– відрядна – добуток місячного об'єму робіт на комплексну розцінку:

$$Z_{\text{від}} = P_k V_{\text{міс}}, \text{ грн}; \quad (4.15)$$

– погодинна – добуток чисельності робітників на відповідний базовий оклад за Грейдом:

$$Z_n = 3П_{\text{сп}} Ч_{\text{я}}, \text{ грн}. \quad (4.16)$$

Для інженерно-технічних працівників пряма заробітна плата – базовий оклад за Грейдом або заробітна плата за контрактом. Наприклад, заробітна плата для гірничого майстра, який пропрацював неповний робочий місяць, буде визначена так:

$$3П = \frac{O_{\text{баз.сп}}}{K_{\text{вих.норм}} K_{\text{вих.факт}}}, \text{ грн}. \quad (4.17)$$

У прохідників для розрахунку елементу собівартості «Заробітна плата» слюсарів та інженерно-технічних працівників береться пропорційно кількості підготовчих вибоїв на ділянці. Види заробітної плати – основна (базова частина) і додаткова (змінна частина). Види додаткової заробітної плати: нічні, бригадирські, премія та ін.

Премія за Грейдом визначається як додаткова винагорода до базового окладу за перевиконання планового завдання і внаслідок високої продуктивності праці.

Відрахування на соціальне страхування. На фонд оплати праці здійснюються такі нарахування: до Пенсійного фонду, до Фонду соціального страхування на випадок тимчасової непрацездатності (лікарняні), до Фонду соціального страхування на випадок безробіття (виплати у зв'язку з безробіттям у Центрі зайнятості), до Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві (регресні позови і щомісячні регреси).

Матеріали. Витрати на матеріали 1 групи відносять на собівартість продукції відразу і в повному об'ємі, тобто на матеріали разового використання (зубки, хомути, міжрамні стягування, шпали, шланг зрошування, рейки, кріплення). Витрати на матеріали 2 групи включають у собівартість частинами залежно від терміну служби, тобто на матеріали тривалого користування. Матеріали належать до оборотних фондів. Оборотні фонди – частина виробничих фондів гірничого підприємства, повністю споживана в одному виробничому циклі, яка повністю переносить свою вартість на собівартість вугілля.

Електроенергія розраховується залежно від потужності споживача (двигуна), часу роботи за добу, місяць і від тарифу за 1 кВт·год. Час роботи за добу залежить від часу роботи комбайна.

Амортизаційні відрахування розглядаються як перенесення вартості устаткування на собівартість продукції частинами. Основні фонди – це засоби виробництва, що використовуються у виробництві впродовж багатьох циклів і зберігають при цьому свою початкову форму, зношуючись поступово, переносять свою вартість частинами на собівартість вугілля. Повна первинна вартість основних фондів – це вартість устаткування з урахуванням доставки і монтажу. Норма амортизації основних фондів – процентне відношення річної суми амортизації до первинної вартості основних фондів; частка основного капіталу, що регулярно переноситься на собівартість вугілля. Річна норма амортизації дорівнює 15 %, місячна – 1,25 %. Потонна ставка – це вартість будівель і споруд, що припадає на 1 т запасів корисних копалин.

Економічний ефект – це вигода, яка отримана в результаті проведення заходів щодо збільшення об'ємів виконання робіт і зниження долі кожного елемента витрат у собівартості 1 п. м.

Додатковий річний економічний ефект від підвищення швидкостей проведення підготовчих виробок розраховується за формулою:

$$E_{\text{дод}} = K_3 \frac{C_{\text{ш}} D \gamma_{\text{п.в}}}{100} \cdot \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ш}}} \cdot \left( 1 - \frac{v_1}{v_2} \right), \text{ тис. грн,} \quad (4.18)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт невідповідності зменшення кількості діючих підготовчих вибоїв темпам росту швидкості проведення виробок ( $K_3 = 0,8$ );  $C_{\text{ш}}$  – виробнича (загальношахтна) собівартість 1 т вугілля;  $D$  – річний видобуток вугілля на шахті до скорочення термінів підготовки вибою;  $\gamma_{\text{п.в}}$  – частка умовно-постійних витрат при проведенні підготовчих виробок у виробничій собівартості вугілля,  $\gamma_{\text{п.в}} = 5 - 12 \%$ ;  $V_{\text{д}}$ ,  $V_{\text{ш}}$  – середньомісячний об'єм проведення підготовчих

виробок на ділянці, де скорочені терміни проведення підготовки вибою, і в цілому на шахті;  $v_1$ ,  $v_2$  – середньомісячна швидкість проведення підготовчих виробок перед скороченням і після нього термінів підготовки виробки.

## Висновки

У результаті проведених теоретичних і експериментальних шахтних досліджень зроблені такі висновки:

1. Здійснено експертну оцінку способів проведення виробок з урахуванням засобів, що вживаються, відкатки гірської маси з підготовчих вибоїв та доставки допоміжних матеріалів і устаткування до очисних і підготовчих вибоїв.

2. Виконано порівняльну оцінку транспортно-технологічних схем методом експертних оцінок.

3. Встановлено, що найбільш ефективною в гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу є транспортно-технологічна схема проведення виробок комбайном КСП-32 у поєднанні з надгрунтовою канатною дорогою нового покоління.

4. Визначено, що економічно доцільним для діяльності шахти в цілому є такий вид, тип і місце розташування транспорту, коли дотримується повна спадкоємність переміщення гірської маси і допоміжного транспорту при проведенні й подальшій експлуатації пластових виїмкових виробок.

5. Визначено оптимальну схему планування маршруту для подальшого ефективного управління підземним транспортом; використаний алгоритм Дейкстри, в основу якого покладена мінімізація шляху при відшукуванні подальшого циклу. Технологічну схему допоміжних вантажопотоків подано у вигляді мережевого графіку, який є найбільш зручною формою моделювання комплексу робіт з управління матеріальними потоками.

6. Розроблено вимоги і рекомендації з використання надгрунтових канатних доріг нового покоління як єдиного транспортного засобу при підготовці запасів вугілля, що прирізаються.

## ВИСНОВОК

Монографія є завершеною науковою роботою, у якій на підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень подано вирішення актуальної задачі, що полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів енергозбережної транспортно-технологічної системи проведення дільничних підготовчих виробок із застосуванням надґрунтових канатних доріг як єдиного транспортного засобу. Рекомендована транспортно-технологічна схема комбайнового проведення виїмкових виробок синтезує технічні ресурси гірничопрохідницького і транспортного устаткування нового покоління на основі встановлених закономірностей його взаємодії і схеми адаптації до складних умов підготовки запасів вугілля, що додатково прирізуються, при розширенні меж діючого шахтного поля. Це дозволяє підвищити темпи комбайнового проведення підготовчих виробок на 18 – 35 % і забезпечити своєчасну підготовку виїмкових стовпів в умовах інтенсифікації очисних робіт.

Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Розроблено модель підвищення темпів комбайнового проведення виробок в умовах тектонічних порушень, що дозволяє коригувати параметри транспортно-технологічних процесів при підготовці запасів вугілля, які прирізуються, до діючих шахтних полів з метою збільшення терміну служби вугільного підприємства.

2. Встановлено взаємозв'язок між експлуатаційними параметрами прохідницьких комбайнів нового покоління і коефіцієнтом обертальності вагонеток при транспортуванні вантажів у протяжних виробках, викривлених у профілі й плані.

3. Запропоновано і науково обґрунтовано параметри організації робіт, які дозволяють підвищити темпи проведення підготовчих виробок шляхом синхронізації процесів кріплення і транспортування, а також зниження трудомісткості робіт під час виконання обмінно-транспортних операцій за рахунок їх раціональної організації.

4. Обґрунтовано методику вибору оптимальних параметрів енергозбережної транспортно-технологічної схеми комбайнового проведення дільничних виробок при підготовці запасів вугілля, що прирізується, із застосуванням комплексу транспортного устаткування нового покоління, адаптованого до складних гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу.

5. Для транспортування вантажів у протяжних виробках, викривлених у профілі й плані, встановлено коефіцієнт обертальності вагонеток та вибрані раціональні параметри акумуляції гірської маси та організації обмінно-транспортних операцій із заміни завантажених вагонеток на порожні.

6. Розроблено методику обґрунтування параметрів і схем організації комбайнового проведення гірничих виробок із застосуванням прохідницького і транспортного устаткування нового покоління, що дозволяє підвищити темпи і знизити трудомісткість гірничопрохідницьких робіт при доопрацюванні запасів вугілля біля меж шахтних полів і розробці заскидних частин шахтного поля.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Астро-Шумилов Г.К. Оценка затрат на извлечение и транспортирование породы от прохождения подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1991. – № 8. – С. 31.
2. Анализ фактических грузопотоков вспомогательных грузов на шахтах Донбасса / Г.Я. Пейсахович, В.А. Будишевский, А.А. Сулима и др.// Шахтный и карьерный транспорт. – Москва: Недра, 1986. – Вып. 10. – С. 21 – 26.
3. Денищенко А.В. Повышение эффективности шахтного вспомогательного транспорта // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 10. – С. 21 – 26.
4. Григорьев В.Н. Транспортные машины для подземных разработок / В.Н. Григорьев, В.А. Дьяков, Ю.С. Пухов. – Москва: Недра, 1984. – 561 с.
5. Вылегжанин В.Н. Адаптивное управление подземной технологией добычи угля / В.Н. Вылегжанин, Э.И. Витковский, В.П. Потапов. – Новосибирск: Наука, 1987. – 232 с.
6. Денищенко А.В. Обоснование параметров и технологических схем применения канатных напочвенных дорог при проведении горных выработок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / А.В. Денищенко. – Днепропетровск, НГА Украины, – 1999. – 19 с.
7. Курносоев А.М. Комплексный анализ опыта работы передовых бригад угольных шахт / А.М. Курносоев, Е.П. Захаров, В.С. Тополев. – Москва: Недра, 1982. – 447 с.
8. Методические основы оценки надежности технологических схем и определения рациональной организации очистных работ с многоуровневыми структурами. – Москва: ИГД им. А.А. Скочинского. – 1987. – 356 с.
9. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах: в 2 ч. – Москва: Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского, 1979. – Ч. 1, 2.
10. Усаченко Б.М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса / Б.М. Усаченко, В.Я. Кириченко, А.В. Шмиголь. – Москва: Недра, 1992. – 167 с.
11. Геомеханические и технологические проблемы закрытия шахт Донбасса / С.С. Гребенкин, В.В. Янко, В.Н. Ермаков и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 266 с.
12. Посулько Л.Н. Условия проведения выработок на шахтах Западного Донбасса / А.В. Денищенко, Л.Н. Посулько, А.А. Мартыненко // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 1. – С. 20 – 23.
13. Организация и управление шахтным строительством: справочник. – Москва: Недра, 1986. – 350 с.
14. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт. – Москва: ИГД им. А.А. Скочинского, 1986. – 455 с.
15. СОУ 10.1.00185790.007: 2006. Транспорт шахтний локомотивний. Перевезення людей і вантажів в виробках з ухилом від 0,005 до 0,05 %. Загальні технічні вимоги. – [Чинний від 2006 – 10 – 06]. – Київ: Мінвуглепром України, 2006. – 47 с.

16. Прогрессивная техника и технология на подземном транспорте угольных шахт / С.Я. Петренко, Г.Я. Палант, В.В. Шконда, А.Н. Чупика. – Киев: Техніка, 1990. – 271 с.
17. Технологические требования к схемам проведения наклонных выработок // Всесоюзный научно-исследовательский институт организации и механизации шахтного строительства. – Харьков, 1988. – 37 с.
18. Оцінка факторів обмеження ефективності транспортних схем при підготовці запасів вугілля в умовах шахт Західного Донбасу / В.О. Расцветаев, Л.М. Посулько, А.Л. Ширин, С.С. Жеглов // Розробка родовищ 2015: щоріч. наук.-техн. зб. / редкол.: В.І. Бондаренко та ін. – Дніпропетровськ: Літограф, 2015. – С. 117 – 124.
19. Ковальски В. Горное оборудование на 49-й международной ярмарке в Познани. – Глюкауф, 1987. – № 16. – С. 4 – 11.
20. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. в 2 ч. – Москва: Недра, 1981. – Ч. 1, 2.
21. Комплексная оценка транспортно-технологических схем комбайнового проведения подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса / В.А. Расцветаев, Л.Н. Посулько, М.Г. Дятленко, А.Л. Ширин // Проблемы горного дела и экологии горного производства: материалы V междунар. науч.-практ. конф. (14 – 15 мая 2010 г., г. Антрацит). – Антрацит, 2010. – С. 41 – 48.
22. Научное обоснование производительности транспортно-технологических схем и параметров шахтного транспорта высокого технического уровня: отчет о НИР: ГП-367 / Нац. горн. ун-т; науч. рук. Л.Н. Ширин. – Дніпропетровськ, 2006. – 126 с. – № ГР 0105U000520.
23. Адилов К.Н. Поточная технология угледобычи на шахтах / К.Н. Адилов. – Москва: Недра, 1991. – 215 с.
24. Амоша О.І. Перспективи розвитку та реформування вітчизняної вугільної промисловості на фоні світових тенденцій / О.І. Амоша, А.І. Кабанов, Л.Л. Стариченко. – Донецьк: ІСП НАН України, 2005. – 32 с.
25. Амурский Б.С. Средства комплексной механизации и автоматизации горнопроходческих работ за рубежом / Б.С. Амурский. – Москва: ЦНИЭИуголь, 1987. – С. 83.
26. Барон Ю.Л. Анализ совершенствования технологических схем проведения горных выработок / Ю.Л. Барон // Добыча угля подземным способом. – 1978. – № 7. – С. 27 – 29.
27. Гранкин И.С. Проведение подготовительных выработок / И.С. Гранкин, И.Л. Сушко, И.Л. Рудь. – Киев: Техника, 1981. – 97 с.
28. Балдин А.В. Надежность прогрессивных технологических схем проведения подготовительных выработок / А.В. Балдин, Э.Э. Нильва, И.Э. Цейтин. – Москва: ЦНИЭИуголь, 1977. – 296 с.
29. Оценка геометрических несовершенств рельсового пути в подземных выработках шахт Западного Донбасса / А.В. Денищенко, В.В. Зиль, Л.Н. Посулько, В.А. Расцветаев // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 6. – С. 79 – 81.



30. Посунько Л.Н. Резервы повышения темпов комбайнового проведения участковых подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 5. – С. 37 – 40.
31. Социально-экономический словарь-справочник. Угольная промышленность / Н.И. Гаркавенко, В.Д. Грунь, В.Н. Попов и др. – Москва: Недра, 2004. – 356 с.
32. Гелескул М.Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных выработок / М.Н. Гелескул, В.Н. Каретников. – Москва: Недра, 1982. – 479 с.
33. Технологические схемы разработки пологих пластов на шахтах Украины. – Донецк: ДонУГИ, 1999. – 244 с.
34. Транспорт гірничих підприємств / М.Я. Біліченко, Г.Г. Півняк, А.А. Ренгевич та ін. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 552 с.
35. Современные проблемы проведения и поддержания горных выработок на глубоких шахтах: монография / С.В. Янко, С.С. Гребенкин, А.М. Брюханов и др.; под общ. ред. С.В. Янко. – Донецк: ДУНГВО, 2003. – 256 с.
36. Единые нормы времени на техническое обслуживание очистных и подготовительных забоев в ремонтно-подготовительные смены. – Донецк: Донецкий ЦОТ, 1998. – С. 20.
37. Ликвидация аварий в угольных шахтах. Теория и практика / В.В. Радченко, С.Н. Смоланов, Г.М. Алейникова и др. – Киев: Техника, 1999. – 320 с.
38. Люкер А. Технический уровень проходки полевых и пластовых выработок буровзрывным способом / А. Люкер, В. Валь // Глюкауф. – 1982. – № 20. – С. 27 – 35.
39. Люльчак И.М. Зарубежные породопроходческие комбайны / И.М. Люльчак. – Москва: Информ-тяжмаш, 1987. – 37 с.
40. Техника и технология горноподготовительных работ в угольной промышленности / под общ. ред. Э.Э. Нильвы. – Москва: Недра, 1991. – 315 с.
41. Барташевский С.Е. Определение прогнозных технико-экономических показателей работы подготовительных забоев, работающих по буровзрывной технологии // Вибрации в технике и технологиях. – 1998. – № 5 (9). – С. 65 – 66.
42. Баркинг Г. Механизированная проходка полевых выработок на объединенной шахте «Рейнданц» / Г. Баркинг // Глюкауф. – 1994. – № 1. – С. 9 – 20.
43. Унифицированные типовые сечения горных выработок: в 3 т. – Киев: Будивельник, 1971. – Т. 1, 2, 3.
44. Кальницкий Я.Б. Безопасная эксплуатация подземного самоходного оборудования / Я.Б. Кальницкий. – Москва: Недра, 1982. – 44 с.
45. Колоколов О.В. Оставление породы в шахте как фактор повышения эффективности разработки угольных пластов на больших глубинах / О.В. Колоколов, В.Ю. Медяник, В.П. Бескровный // Науковий вісник НГУ. – 2006. – № 9. – С. 26 – 30.

46. Сагинов А.С. Теоретические основы проектирования поточной технологии подземной угледобычи / А.С. Сагинов, К.Н. Адилов // Вестник АН Каз ССР. – Алма-Ата. – 1982. – № 12. – С. 34 – 39.
47. Вебер Х. Значение техники проходки горных выработок для эксплуатации шахт / Х. Вебер // Глюкауф. – 1994. – № 10. С. 4 – 5.
48. Булат А.Ф. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов / А.Ф. Булат, А.Т. Курносоев. – Киев: Наук. думка, 1987. – 197 с.
49. Бузило В.И. Оценка состояния горного массива при разработке сближенных пластов / В.И. Бузило, В.Е. Васильев, А.Г. Кошка // Школа подземной разработки. – Днепропетровск: НГУ. – 2010. – С. 16 – 24.
50. Проведение и поддержание выработок в неустойчивых породах / В.А. Потапенко, Ю.В. Казанский, Б.В. Цыплаков и др. – Москва: Недра, 1990. – 336 с.
51. Проектирование систем угольных шахт, разрабатывающих крутые и крутонаклонные пласты / С.С. Гребенкин, С.В. Янко, Л.Н. Ширин и др. – Донецк: УкрНГЭК, 2001. – 340 с.
52. Семенов А.П. Технология ведения горных работ вблизи барьерных целиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02 / А.П. Семенов; ОФТП ДОНФТИ НАНУ им. А.А. Галкина. – Донецк, 2001. – 16 с.
53. Технология, механизация и организация проведения горных выработок / Б.В. Бокий, Е.А. Зимина, В.В. Смирняков, О.В. Тимофеев; под ред. Б.В. Бокия. – Москва: Недра, 1983. – 250 с.
54. Бурчаков А.С. Проектирование шахт / А.С. Бурчаков, А.С. Малкин, М.И. Устинов. – Москва: Недра, 1988. – 406 с.
55. Воспроизводство вскрытых и подготовленных запасов угля на шахтах / М.И. Устинов, В.П. Федоров и др. – Москва: Недра, 1990. – 380 с.
56. Заславский Ю.З. Новые виды крепи горных выработок / Ю.З. Заславский, Е.Б. Дружко. – Москва: Недра, 1989. – 256 с.
57. Малевич Н.А. Горнопроходческие машины и комплексы / Н.А. Малевич. – Москва: Недра, 1980. – 384 с.
58. Нильва Э.Э. Горно-подготовительные работы на угольных шахтах / Э.Э. Нильва, И.Э. Цейтин. – Москва: Недра, 1981. – 280 с.
59. Тиро А.М. О выборе показателей, характеризующих влияние смежных условий на работу самоходного погрузочно-транспортного комплекса (в горных условиях) / А.М. Тиро // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1969. – № 2. – С. 117 – 120.
60. Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы горных выработок. – Москва: Недра, 1988. – 233 с.
61. Ширин Л.Н. Перспективы развития адаптационных систем вспомогательного транспорта в условиях шахт Западного Донбасса / Л.Н. Ширин, Л.Н. Посунько, В.А. Расцветаев // Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-практ. конф., 17–22 сент., г. Ялта. – Днепропетровск: НГУ. – 2007. – С. 296 – 301.

62. Ширин Л.Н. Оптимизация схем взаимодействия погрузочного и транспортного оборудования и совершенствование технологии горно-подготовительных работ / Л.Н. Ширин, С.Е. Барташевский, В.Ю. Мельничук // Научно-прикладные проблемы разработки крутых и крутонаклонных угольных пластов Донбасса: монография / ред.: С.С. Гребенкин, Ю.Е. Мельничук. – Донецк: Регион, 1999. – С. 370 – 379.

63. Яворский В.М. Обоснование параметров технологии отработки угольных целиков камерами в условиях шахт Западного Донбасса: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.М. Яворский. – Днепропетровск, 2000. – 19 с.

64. Кузнецов К.К. Подготовка пластов выработками без подрывки боковых пород / К.К. Кузнецов, В.А. Панченко. – Москва: ЦНИЭИуголь, 1982. – 97 с.

65. Сопротивление движению серийного подвижного состава угольных шахт / А.А. Ренгевич, А.Н. Коптовец, Т.А. Сергеева, А.В. Денищенко, Ю.Е. Пономарев // Горная электромеханика и автоматика: респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1990. – Вып. 56. – С. 18 – 23.

66. Хубка В. Теория технических систем: пер. с нем. / В. Хубка. – Москва: Мир, 1987. – 208 с.

67. Ширин Л.Н. Состояние и перспективы развития технологии и средств проведения подготовительных выработок на горнодобывающих предприятиях Украины / Л.Н. Ширин, С.Е. Барташевский // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1997. – № 1 – 2. – С. 5 – 7.

68. Обоснование параметров энергосберегающих технологических схем подземного транспорта в условиях отработки совместных запасов шахт «Павлоградская» и «Терновская» ОАО «Павлоградуголь»: отчет о НИР: 01.05.02 / Нац. горн. ун-т; науч. рук. Л.Н. Ширин. – Днепропетровск, 2005. – 137 с. – № ГР 0105U007350.

69. Овчинников В.Ф. Совершенствование породно-транспортных систем угольных шахт Донбасса / В.Ф. Овчинников. – Киев: Техника, – 1991. – 197 с.

70. Перспектива розвитку підприємств вугільної промисловості Центрального району Донбасу / М.О. Алишев, В.В. Рудой, Ю.О. Мельничук та ін. – Донецк: УкрНТЭК, 2000. – 88 с.

71. Угольная промышленность Великобритании и Франции / Под. ред. Б.Ф. Братченко. – Москва: Недра, 1971. – 365 с.

72. Бова Ю.С. Проходчик горных выработок / Ю.С. Бова, Г.Н. Сафонов. – Москва: Недра, 1989. – 414 с.

73. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10: затв. Держ. ком. України з пром. безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010. – Київ, 2010. – 255 с.

74. Астахов А.С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых (геоэкономика) / А.С. Астахов. – Москва: Недра, 1991 – 488 с.

75. Безпека людини у надзвичайних ситуаціях / В.І. Голінько, М.Ф. Кременчуцький, В.Г. Ключков та ін. – Дніпропетровськ: НГА України. – 2000. – 128 с.

76. Крепление и охрана выработок в сложных горногеологических условиях / К.В. Кошелев, А.Г. Томасов, В.Л. Самойлов, И.И. Бурма. – Киев: Техника. – 1986. – 108 с.
77. Ларичев О.И. Качественные методы принятия решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – Москва: Наука, 1996. – 208 с.
78. Шахтный транспорт / В.А. Будишевский, Н.Д. Мухопад, А.А. Сулима, В.А. Кислун. – Донецк: Новый мир, 1997. – 349 с.
79. Временные методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий научно-технического прогресса в угольной промышленности Украины. – Донецк: ДонУГИ, 1994. – 280 с.
80. Инструкция по внедрению системы учета затрат и эффекта по мероприятиям НТП на угольных предприятиях Украины. – Донецк: ДонУГИ, 1993. – 375 с.
81. Кулешов В.В. Проблемы статистического моделирования и оптимизации отраслевых планов / В.В. Кулешов, М.Л. Лукацкая, М.А. Ягольницер. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. – 136 с.
82. Математические модели и методы расчета параметров процессов подземных горных работ и добычного оборудования: монография / под общ. ред. С.С. Гребенкина, В.Н. Павлыша. – Донецк: ВИК, 2007. – 385 с.
83. Ляшенко И.В. Совершенствование способов проведения подготовительных выработок смешанным забоем / И.В. Ляшенко, Э.Э. Нильва, А.М. Курганский. – Москва: ЦНИЭИуголь, 1984. – 189 с.
84. Методические указания по производству замеров горных выработок и определению (учету) объемов подземной добычи угля в зависимости от способов добычи и транспортировки. – Ленинград, 1989. – 44 с.
85. Средства механизации вспомогательных работ и ручного труда на шахтах: каталог: в 2 ч. – Москва: ЦНИЭИуголь, 1987. – Ч. 1, 2.
86. Организация производства и труда на угольных шахтах / С.Л. Цыбко, В.М. Глинкин, Д.В. Шукалов, В.П. Мышлин. – Киев: Техника, 1988. – 139 с.
87. Проведение и эксплуатация горизонтальных горных выработок на шахтах с крутым и наклонным залеганием угольных пластов / С.С. Гребенкин, С.В. Янко, Л.Н. Ширин и др. – Донецк: Регион, 2001. – 410 с.
88. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учебник / В.И. Бондаренко, А.М. Кузьменко, Ю.Б. Грядущий и др. – Днепропетровск: НГУ, 2003. – 708 с.
89. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления / В.В. Михайлов. – Москва: Энергоиздат, 1986. – 216 с.
90. Методы и средства решения задач горной геомеханики / Г.Н. Кузнецов, К.А. Ардашев, Н.А. Филатов и др. – Москва: Недра, 1987. – 248 с.
91. Нормативы нагрузки на очистные забои и скорости проведения подготовительных выработок на шахтах / ДонУГИ. – Донецк, 2007. – 41 с.
92. Салли В.И. К выбору критерия оптимальности в оптимальных расчетах / В.И. Салли, А.М. Солодовник, О.В. Петренко // Науковий вісник НГА України. – 1999. – № 3. – С. 135 – 136.

93. Фенченко П.Н. Охрана труда в угольной промышленности / П.Н. Фенченко, Ф.И. Евдокимов. – Москва: Недра, 1987. – 525 с.
94. Мельников Н.И. Проведение и крепление горных выработок / Н.И. Мельников. – Москва: Недра, 1988. – 500 с.
95. Рогов Е.И. Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной шахты / Е.И. Рогов, Г.И. Грицко, В.Н. Вылегжанин. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 239 с.
96. Экономия электрической энергии на угольных шахтах: ОС 12.25.011-84. – Введ. 1985 – 01 – 01. – Москва: МУП СССР, 1984.
97. Борисенко Л.Д. Статистическое моделирование шахтных производственных процессов / Л.Д. Борисенко, Л.Н. Занина. – Москва: Наука, 1982. – 102 с.
98. Временная инструкция по предотвращению пучения и повышению устойчивости капитальных горных выработок активной разгрузкой и последующим упрочнением пород. – Коммунарск, 1986. – 43 с.
99. Пиньковский Г.С. Резервы повышения эффективности шахтного строительства / Г.С. Пиньковский. – Москва: Недра, 1981. – 324 с.
100. Смоляницкий Д.Л. Организация работы шахтного транспорта / Д.Л. Смоляницкий. – Киев: Техника, 1986. – 287 с.
101. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под. общ. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – Москва: Недра, 1985. – 565 с.
102. Георгиевский В.В. Оптимальное планирование подготовительных работ на шахтах / В.В. Георгиевский. – Москва: Недра, 1979. – 248 с.
103. Кулиш В.А. Погрузка угля в забоях и на поверхности / В.А. Кулиш. – Донецк: Донбасс, 2007. – 310 с.
104. Трескен К. Комбайновая проходка горизонтальных выработок / К. Трескен // Глюкауф. – 1990. – № 6. – С. 37 – 43.
105. Повышение эффективности работы монорельсовых дорог при подготовке запасов угля к очистной выемке: монография / Л.Н. Ширин, В.А. Расцветаев, А.И. Коваль; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. – Днепропетровск: НГУ, 2014. – 144 с.
106. Ширин А.Л. Обґрунтування технологічних параметрів проведення виїмкових виробок зі складною гіпсометрією пластів: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02 : захищена 18.12.15 : затв. 25.02.16 / Ширин Артем Леонідович; Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ, 2015. – 161 с.
107. Механизация проведения подготовительных выработок / под ред. А.И. Петрова. – Москва: Недра, 1988. – 620 с.
108. Єдині норми виробітку на очисні й підготовчі роботи. – Київ, 2006. – 332 с.
109. Єдині норми виробітку (часу) на гірничопідготовчі роботи для вугільних шахт. – Київ, 2004. – 302 с.
110. Киржнер Ф.М. Оптимизация технологии разработки нарушенных угольных пластов / Ф.М. Киржнер. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 524 с.

111. Шашенко А.Н. Некоторые задачи статистической геомеханики / А.Н. Шашенко, С.Б. Тулуб, Е.А. Сдвижкова. – Киев: Пульсары, 2002. – 302 с.

112. Посуныко Л.Н. Обоснование параметров транспортно-технологических схем проведения участковых выработок при расширении границ шахтных полей: дис. ... канд. тех. наук: 05.15.02: защищена 26.11.10: утв. 23.02.11 / Посуныко Людмила Николаевна; Нац. горн. ун-т. – Днепропетровск, 2010. – 166 с.

113. Барташевский С.Е. Перспективы применения самоходного оборудования для комплексной механизации проведения выработок буровзрывным способом / С.Е. Барташевский, Л.Н. Ширин // Вибрации в технике и технологиях. – 1998. – № 3 (7). – С. 19 – 20.

114. Кариман С.А. Моделирование и оптимизация производственных процессов при добыче угля / С.А. Кариман, А.В. Брайцев, В.М. Шрамко. – Москва: Наука, 1978. – 116 с.

115. Реструктуризация угольной промышленности. (Теория. Опыт. Программы. Прогноз) / Ю.Н. Малышев, В.Е. Зайденберг, В.М. Зыков и др. – Москва: Росуголь, 1996. – 536 с.

116. Кауфман Л.Л. Влияние тектонической нарушенности пласта на экономические показатели работы шахт / Л.Л. Кауфман // Технология добычи угля и проведения подготовительных выработок. – 1981. – Вып. 50. – С. 39 – 45.

117. Единые нормы выработки (времени) на горно-подготовительные работы для шахт Донецкого и Львовско-Волынского угольных бассейнов / Донецкий научно-исследовательский проектный и внедренческий центр организации труда в угольной промышленности. – Донецк: Донецкий ЦОТ, 1992. – 287 с.

118. Организация системы сетевого планирования и управления комплексными разработками в горном деле. – Москва: Недра, 1966. – 220 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1 ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗШИРЕННІ МЕЖ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ .....	6
1.1. Особливості експлуатації транспортно-технологічних схем при доопрацюванні запасів біля меж вугільних шахт .....	6
1.2. Оцінка факторів, які визначають стан гірничопідготовчих робіт при проведенні дільничних виробок біля меж шахтних полів .....	12
1.3. Проектні рішення в галузі вдосконалення транспортно-технологічних схем підготовки запасів вугілля при розширенні меж шахтних полів .....	20
1.4. Формування загальної методики та постановка задач досліджень .....	26
Висновки .....	30
2 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАСТОВИХ ВИРОБОК БІЛЯ МЕЖ ШАХТНИХ ПОЛІВ .....	32
2.1. Класифікація транспортно-технологічних схем проведення підготовчих виробок в умовах шахт Західного Донбасу .....	32
2.2. Результати досліджень показників технологічності транспортних процесів при комбайновому проведенні пластових виробок .....	35
2.3. Обґрунтування ролі й місця розташування породних бункерів у діючих схемах підготовки запасів вугілля .....	47
2.4. Оцінка впливу організаційно-технічних факторів на темпи проведення виробок і завантаженість прохідницьких бригад .....	52
2.5. Алгоритм моделювання енергозбережних технологічних схем підготовки апасів вугілля при розширенні меж шахтних полів .....	68
Висновки .....	74
3 РАЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСІВ НАДГРУНТОВИХ КАНАТНИХ ДОРІГ НОВОГО ПОКОЛІННЯ .....	75
3.1. Методика вибору і розрахунку раціональних параметрів технологічних схем комбайнового проведення виробок з використанням засобів транспорту нового покоління .....	75
3.2. Дослідження потенційних джерел для обґрунтування циклічно-потоккової транспортно-технологічної системи комбайнового проведення виробок .....	80
3.3. Вплив коефіцієнта обертальності вагонеток на темпи проведення виробок зі знакозмінним профілем рейкового шляху .....	90
3.4. Моделювання навантажень у тягових органах надгрунтових канатних доріг для визначення допустимої кількості вагонів на канаті .....	99
Висновки .....	104
4. ГАЛУЗЬ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК З ОБЛАДНАННЯМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ .....	106
4.1. Формування чинників, які визначають параметри технологічних схем проведення дільничних виробок з транспортом нового покоління .....	106
4.2. Результати шахтних досліджень ефективності технологічних схем комбайнового проведення виробок із застосуванням надгрунтових канатних доріг .....	109
4.3. Раціональні параметри акумулювання вантажопотоків гірської маси для зниження енерговитрат і забезпечення мінімальних простоїв підготовчих вибоїв .....	113
4.4. Особливості оцінки ефективності технологічних схем комбайнового проведення підготовчих виробок з використанням ДКН як єдиного транспортного засобу .....	119
Висновки .....	125
ВИСНОВОК .....	126
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	127

Наукове видання

**Посунько** Людмила Миколаївна  
**Расцветаєв** Валерій Олександрович  
**Ширін** Артем Леонідович

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ  
ПРОВЕДЕННЯ ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК ПРИ РОЗШИРЕННІ МЕЖ  
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

Монографія

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписана до друку 19.01.2017. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 7,6.  
Обл.-вид. арк. 7,6. Тираж 100 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано  
у Державному вищому навчальному закладі  
«Національний гірничий університет».  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.

49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.