

ВУГІЛЬНА ШАХТА

В.І. Бондаренко
В.Ю. Медяник
М.К. Руденко
І.А. Ковалевська

п і д р у ч н и к

```
...OR_X":  
use_x = True  
use_y = False  
use_z = False  
on = "MIRROR_Y"  
d.use_x = False  
d.use_y = True  
d.use_z = False  
tion = "MIRROR_Z"  
_mod.use_x = False  
_mod.use_y = False  
_mod.use_z = True  
...  
ection at the end -add  
ob.select= 1  
r_ob.select=1  
text.scene.objects.acti  
("Selected" + str(modifi  
rror_ob.select = 0  
bpy.context.selected_ob  
ata.objects[one.name].se  
...  
Int("please select exact)  
... OPERATOR CLASSES -----
```

120

92

PREDI



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ШАХТА

ВУГІЛЬНА

В.І. Бондаренко
В.Ю. Медяник
М.К. Руденко
І.А. Ковалевська

п і д р у ч н и к

*для освітньо-професійної програми
підготовки бакалаврів і магістрів галузі
знань 18 «Виробництво та технології»
спеціальності 184 «Гірництво»*



Дніпро | ЛізуновПрес | 2020

УДК 622.2
Б 81

Затверджено Вченою радою Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» як підручник для студентів освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів і магістрів з гірництва за галуззю знань 18 «Виробництво та технології» спеціальності 184 «Гірництво»

(витяг з протоколу №11 засідання Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» від 18.09.2018 року)

рецензенти:

Ю.Т. Хоменко — проректор з навчальної роботи НТУ «ДП», проф.;
В.І. Бузило — директор Інституту природокористування НТУ «ДП», д.т.н., проф.;
В.І. Голінько — зав. кафедри охорони праці та цивільної безпеки НТУ «ДП», д.т.н., проф.

Вугільна шахта: підручник для вузів / В.І. Бондаренко, Б 81 В.Ю. Медяник, М.К. Руденко, І.А. Ковалевська — Дніпро : РВК НТУ «ДП», 2020. — 360 с. : іл. 118 : бібліогр. 51 найм.

ISBN 978-617-7659-05-0

У підручнику наведено базові уявлення про вугільні шахти. Розглянуто загальні відомості про пластові корисні копалини, поняття про шахту та технологічні комплекси поверхні.

Викладено питання щодо проведення гірничих виробок, розкриття і підготовки шахтних полів. Особливу увагу приділено технології виймання і засобів механізації в очисному вибої. Розглянуто також питання провітрювання, водовідливу, маркшейдерії, збагачення, електропостачання та структури управління гірничим підприємством.

УДК 622.2

ISBN 978-617-7659-05-0

© Бондаренко В.І., Медяник В.Ю.,
Руденко М.К., Ковалевська І.А. 2020
© Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», 2020
© Ткаченко К.Д., обкладинка, титул. 2020

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ



БОНДАРЕНКО ВОЛОДИМИР ІЛІЧ

Завідувач кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», гірничий інженер, доктор технічних наук, професор, дійсний член Академії інженерних наук України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України.



МЕДЯНИК ВОЛОДИМИР ЮРІЙОВИЧ

Доцент кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», гірничий інженер, кандидат технічних наук, Doctor of Philosophy (Ph.D), стипендіат кабінету Міністрів України для молодих вчених (2007 – 2009), лауреат премії НГУ в галузі освіти і науки.



РУДЕНКО МИКОЛА КОСТЯНТИНОВИЧ

Гірничий інженер, кандидат технічних наук, доцент.



КОВАЛЕВСЬКА ІРИНА АНАТОЛІВНА

Професор кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», доктор технічних наук, професор, лауреат державної премії України в галузі науки та техніки, академік Академії інженерних наук України, автор наукового відкриття.

До 120-РІЧЧЯ
КАФЕДРИ ГІРНИЧОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
ТА ОСВІТИ
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ

ПЕРЕДМОВА

Підручник «Вугільна шахта» в такому вигляді не видавався ні в нашій країні, ні на пострадянському просторі.

У підручнику висвітлено загальні базові уявлення про вугільну шахту та технологічні процеси, які протікають в надрах Землі при видобутку кам'яного вугілля.

Метою цього підручника є інформаційне забезпечення освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів і магістрів з гірничої справи галузі знань 18 «Виробництво і технології» спеціальності 184 «Гірництво».

Інноваційність підручника відображає:

- певний процес технології та розробки вугільних пластів підземним способом;
- доступність змісту для студентів, яка є основною вимогою для навчальної літератури.

У підручнику це реалізовано за рахунок структурного і системного викладу навчального матеріалу, використання досконалості літературної мови, якості ілюстрацій, використання матеріалів сучасних досягнень науки і техніки; враховано також євроінтеграційні процеси, що відбуваються в Україні та які висувають певні вимоги до змісту навчальної літератури.

Підручник складається з окремих глав. Спочатку розглядаються загальні відомості про геологію і техніку розвідки родовищ корисних копалин. Потім даються загальні поняття про шахту, технологічний комплекс поверхні. Розглянуто питання проведення гірничих виробок, розкриття, підготовки, технології виймання вугілля в очисному вибої, енергопостачання, водовідливу, вентиляції та безпеки праці; транспортних систем і технологій; шахтного будівництва, геотехніки і геомеханіки; стаціонарних машин і механізмів; збагачення корисних копалин; маркшейдерії та ін., що стосується роботи підземного гірничого підприємства.

Студентам видаються такі компетенції:

– обґрунтування технології і вибір механізації при проведенні гірничих виробок та їх способів охорони та підтримки; вибір схем розкриття, підготовки і систем розробки для вугільного родовища; обґрунтування технології виймання вугілля в очисному вибої; встановлення параметрів систем розробки з урахуванням фактора гірського тиску.

Системою знань для цього є:

– загальні відомості про корисні копалини і шахти; розробка пластових вугільних родовищ підземним способом;

– технологія виймання вугілля в очисному вибої; а також всі структурні ділянки управління гірничим підприємством.

Підручник призначений для підвищення якості вищої освіти, яке заплановане в нормативних документах, що регламентують підготовку гірничих інженерів за фахом 184 «Гірництво» спеціалізацій: інжиніринг гірництва; підземна розробка родовищ; аерологія та охорона праці; транспортні системи і технології; шахтне будівництво; геотехніка і геомеханіка; гірнична механіка; збагачення корисних копалин; техніка розвідки родовищ корисних копалин; маркшейдерія; обробка природних матеріалів.

Зміст підручника базується на узагальненні навчальної та наукової літератури як Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», так і інших вищих навчальних закладів і науково-дослідних інститутів.

З 01 вересня 2019 згідно Наказу НТУ «ДП» кафедра підземної розробки родовищ перейменована на кафедру гірничої інженерії та освіти.

Автори вдячні директору навчально-методичного управління НТУ проф. В.А. Салову за поради і рекомендації при написанні рукопису, а також співробітникам кафедри гірничої інженерії та освіти ст. викл. Лапку В.В. і ас. Малашкевичу Д.В. за комп'ютерну обробку та дизайн матеріалів посібника.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОЛОГІЮ

Навчальні цілі: *спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати геологічну будову земної кори на території України, які корисні копалини залягають у надрах і розробляються в басейнах країни*

1.1 Геологічна будова земної кори

Земна кора в межах території України континентального типу і має потужність близько 25 км. Найбільшої товщини в Україні земна кора досягає на Українському щиті та в Карпатах, а найменшої – в Закарпатті та під Чорним морем. Уявлення про земну кору виникло в XVIII в. У той час вчені вважали, що Земля утворилася з хмари розжарених газів. Охолоджуючись, ця хмара густішала до вогненно-рідкого, ущільнювалася і покривалася з поверхні твердою кіркою, під якою, як вважали, існує ще нестигле рідке ядро.

Тепер геофізики одностайно вважають майже всю Землю твердою. За сучасними уявленнями земна кора – це верхня, тверда, в основному кристалічна, складно побудована оболонка земної кулі з щільністю речовини у своїй підшві 2,9 – 3,2 г / см³. Нижче кори лежить більш щільна оболонка – мантія.

Товщина земної кори, будова, склад її гірських порід і їх властивості різко відрізняються в різних частинах материків і особливо в океанах.

На рис. 1.1 показано розріз земної кори.

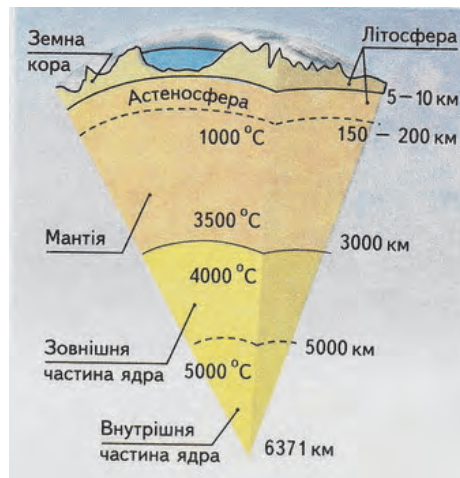


Рисунок 1.1 – Склад земної кори

На материках кора складається з трьох шарів: осадового, граніто-гнейсового і базальтового.

Назви їх умовні: вони вкоренилися в геології тому, що швидкості поширення сейсмічних хвиль у них близькі до тих, які спостерігалися при проходженні через осадові породи, граніти і базальти на поверхні Землі. На рис. 1.2 показано будову земної кори на материках.



Рисунок 1.2 – Будова земної кори

В океанах гранітний шар відсутній, а шар опадів дуже тонкий – не більше 2 км. У перехідній області від материків до океанів кора проміжного типу, з більш потужним гранітним шаром.

У зоні вулканічних дуг більш потовщений гранітно-гнейсовий шар, а в серединно-океанічних хребтах – базальтовий шар.

У гірських країнах кора майже вдвічі товща (до 70 – 80 км), ніж у рівнинних, за рахунок потовщення осадового і гранітного шарів. Будова Землі: оболонка земної кулі, земна кора, верхня мантія, нижня мантія, зовнішня частина ядра, перехідна зона між внутрішнім і зовнішнім ядром, внутрішнє ядро.

Зіставлення хімічного складу Землі в цілому, мантії і кори, а також всіх трьох основних шарів кори показує, що від ядра до кори збільшується вміст більш легких елементів: кисню, кремнію, алюмінію, калію, натрію.

Та ж закономірність спостерігається в осадовій оболонці в порівнянні з гранітним шаром, а в гранітному шарі – в порівнянні з базальтовим. Такий розподіл речовин в Землі і корі, очевидно, пов'язано з законом всесвітнього тяжіння і його проявом на Землі – силою тяжіння.

В Україні розташована низка різновікових тектонічних регіонів, серед яких – докембрійська Східно-Європейська, палеозойські Скіфська і Західно-Європейська платформи, кіммерійські та альпійські складчасті споруди, що мають складну геологічну історію і будову.

Український щит – одна з найдавніших геологічних структур Землі. Вона простягається через всю територію країни з північного заходу (с. Кльосов, Рівненська область) на південний схід майже до Азовського моря.

Площа щита становить близько 180 тис.км², довжина – понад 1000 км, а найбільша ширина – 250 км. Східно-Європейська платформа заходить в Україну своєю південно-західною і південною частинами і займає значну площу рівнинної України.

Залежно від глибини залягання осадової товщі в межах платформи виділяють кристалічні щити і масиви, плато, западини і прогини.

Фундамент української частини Східно-Європейської платформи утворює Український щит, що складається з твердих кристалічних докембрійських порід – гранітів, гнейсів, лабрадориту, амфіболітів і ін. Вони виходять на поверхню в долинах річок на території Рівненської, Житомирської, Черкаської, Дніпропетровської, Запорізької та деяких інших областей. У західному напрямку породи Українського щита занурюються на глибину до 4 – 6 км. Тут вони покриті потужним пластом палеозойських, мезозойських і кайнозойських відкладень, що утворюють Волино-Подільську плиту.

Волино-Подільська плита – крайова структура, на південному заході обмежена Карпатським передовим прогином. Докембрійський фундамент у межах Волино-Подільської плити знаходиться на глибині 2 – 2,5 км. На його нерівній поверхні, порушеної тектонічними розломами, залягають відкладення палеозою.

Кембрійські породи відслонюються в долині р. Горинь та на Могильовському Придністров'ї.

Відкладення ордовикської і силурійської систем (представлені карбонатними пісковиками і вапняками) найбільш поширені поблизу м. Кам'янець-Подільський, де формують схили долини Дністра та його приток.

На нерівній поверхні палеозойських порід незгодженно залягають юрські та крейдяні відкладення. Вони представлені переважно крейдою і мергелем, сумарна потужність мезозойських порід зростає зі сходу (20 – 30 м) на захід (600 – 800 м); палеогенові піски, глини і піщаник відслонюються лише на північному сході Волинського Полісся.

Значні площі (переважно на півдні) займають неогенові вапняки, піски, глини і гіпси.

Антропогенні відкладення мають майже суцільне поширення і представлені переважно лесовидними суглинками, а на Волинському Поліссі – льодовиковими, водно-льодовиковими, алювіальними й озерними відкладеннями.

Північно-східну частину України займає південно-західний схил Воронезького кристалічного масиву. Докембрійські породи залягають тут на глибині від 150 до 970 м і перекриті осадовими мезо-кайнозойськими відкладеннями пермського, юрського, крейдяного і палеогенового віку.

У багатьох місцях Сумщини, Харківщини та Луганщини (особливо на схилах річкових долин) відслонюються мергелі, вапняки, крейда, глауконітові піски, пісковики та глини. У будові сучасного рельєфу беруть участь відкладення антропогену.

Між Українським щитом і Воронезьким кристалічним масивом розташована Дніпровсько-Донецька западина – одна з найглибших западин на Східно-Європейській платформі. В осьовії її частині докембрійський фундамент знаходиться на глибині 12 – 20 км.

Дніпровсько-Донецька западина заповнена переважно девонськими (потужність понад 4 км) осадовими відкладеннями, карбоновими (3,7 км), пермськими (1,9 км), тріасовими (450 м), юрськими (650 м), крейдяними (650 м), палеогеновими (250 м) і неогеновими (30 м) породами.

До девонських і карбонових порід у Дніпровсько-Донецькій западині приурочені родовища **нафти і газу**.

Пермські відкладення представлені строкатими глинами, вапняками, доломітами і гіпсами. У товщі тріасових порід (глин, пісків, пісковиків і мергелів) розташована частина родовищ **газу**.

З мезо-кайнозойських відкладень в межах Дніпровсько-Донецької западини відслонюються юрські (на південно-західному схилі), крейдяні, палеогенові та неогенові породи. Найбільш поширені палеогенові піски, пісковики, мергелі і глини. Палеогенові та неогенові відкладення перекриті антропогеновими алювіальними пісками, моренними глинами і лесовидними суглинками.

У геологічній будові Донецької складчастої області беруть участь дислоковані девонські, карбонові і пермські відкладення. Найбільш стародавні, девонські відкладення поширені в басейні р. Мокра Волноваха і представлені вапняками, сланцями, пісковиками, базальтами і туфами.

Особливо велике значення мають карбонові відкладення, потужність яких становить 10 – 12 км. Це сланці, вапняки, пісковики, серед яких залягають численні (понад 200 км) пласти **кам'яного вугілля** – вже понад два століття головної корисної копалини Донбасу.

У північно-західній частині Донецького басейну зустрічаються пермські,

тріасові і юрські піщано-глинисті породи. На схилах пагорбів відслонюються крейдяні відкладення (мергелі, крейда), на периферії Донбасу зустрічаються палеогенові глини, піски, мергелі, а на південному сході – неогенові піски і глини.

З півдня до Східно-європейської платформи прилягає скіфська плита. Глибина залягання її фундаменту в Причорномор'ї змінюється з півночі на південь від 3 до 6 км, а в межах Сімферопольсько-Євпаторійського підняття фундамент знаходиться на глибині 0,5 – 1,5 км.

Палеозойські відкладення виявлені тільки за допомогою бурових свердловин на великій глибині.

Значне поширення і велику потужність мають тут мезозойські породи. У західній частині Причорномор'я виявлено тріаси відкладення; великої потужності (понад 1 км) досягають юрські породи, серед яких осадові та вулканогенні утворення.

Майже повсюдно поширені крейдові відкладення, що формують осадовий чохол значної потужності (0,4 – 1 км).

Палеогенові породи відслонюються в долинах річок у північній частині Причорноморської западини, а далі на південь вони занурені під неогенові відкладення і представлені мергелями, вапняками, пісковиками і глинами. Важливу роль в будові Причорноморської западини відіграють неогенові відкладення, що покривають всю її територію і представлені вапняками, пісками, пісковиками і глинами потужністю понад 200 м.

Кіммерійські та альпійські складчасті структури в Україні представлені Кримськими горами і Українськими Карпатами.

Сучасні Кримські гори, маючи зруйновані кіммерійські структури (Качинська, Південнобережна), утворилися в основному внаслідок альпійського орогенезу.

У складі Кримської складчастої структури виділяються підняття і прогини, ускладнені розривними дислокаціями і лакколитами. Основну роль в геологічній будові Кримських гір відіграють мезозойські відкладення. Головна гряда Кримських гір сформована з глинистих тріасових сланців, пісковиків і юрських флішевих порід.

Внутрішня гряда побудована з крейдяних глин і вапняків та палеогенових мергелів, вапняків і пісків. Неогенові вапняки і глини утворюють зовнішню гряду Кримських гір. Крім осадових, в будові Кримських гір важлива роль належить магматичним породам. Вони зустрічаються на Південному березі Криму, в районі Феодосії, Білогірська та Сімферополя. За характером залягання – це лаколіти (Аюдаг, Кастель і Партеніт), стародавні вулкани (Карадаг), дайки і

покриви, складені діоритами, ліпаритами, порфіритами й андезитами.

Магматичні породи проривають тріасові і частково юрські відкладення, що свідчить про магматичну діяльність після закінчення юрського періоду.

Керченський півострів має складчасту будову і характеризується наявністю грязьових вулканів. У його складній геологічній будові головну роль відіграють палеогенові та неогенові осадові відкладення.

Українські Карпати є частиною Карпатської гірської споруди альпійського віку. Вони складаються з Карпатської складної складчастої структури, Передкарпатського прогину і Закарпатської западини.

Характерними особливостями тектонічної будови Українських Карпат є зональність структур, що протягуються через весь регіон з північного заходу на південний схід, і наявність насувів (скиб) з амплітудою горизонтального переміщення 15 – 20 км в напрямку на північний схід.

Передкарпатський прогин складається з Покутсько-Бориславської, Самбірської і Більче-Волицької зон. Закарпатська западина поділяється Вулканічним хребтом на Солотвинську та Чопську (Мукачівську) западини.

Головну роль в геологічній будові Українських Карпат відіграють крейдові, палеогенові і неогенові відкладення, але в межах цієї території відслонюються і давні породи.

На Рахівському кристалічному масиві поширені протерозой-палеозойські гнейси, граніти, кварцити і сланці. Тут відслонюються палеозойські (переважно карбонові) сланці, кристалічні вапняки і кварцити. Невелике поширення мають тріаси і юрські конгломерати, вапняки, пісковики і мергелі. У долинах річок, ущелинах, на крутих схилах хребтів відслонюються крейдянні мергелі, вапняки, пісковики і аргіліти.

Палеогенові відкладення зустрічаються у всіх тектонічних зонах Карпат, і їх сумарна потужність досягає декількох тисяч метрів. Серед відкладень палеогенової системи переважають флішові утворення, створені шарами пісковиків, глин, мергелів і туфів порід.

У Передкарпатті та Закарпатті значно поширені неогенові соленосні відкладення, глини і піски.

1.2 Геологічна будова Донбасу

У вугленосній товщі Донбасу залягає 310 вугільних пластів робочої і неробочої потужності, з яких 95 пластів відносяться до відкладів нижнього карбону, 200 пластів до середнього карбону і 15 пластів до верхнього. Сумарна кількість вугільних пластів, що досягають робочої потужності, в середньому становить

120 пластів, у тому числі у відкладеннях нижнього карбону залягає 29 пластів, у середньому карбоні – 87 і у верхньому карбоні – 4 пласти. У басейні розробляється 70 пластів, у тому числі по різних районах від 2 до 40 пластів.

Більшість вугільних пластів (до 70%) має складну будову. Просту будову мають пласти потужністю до 0,6 – 0,7 м.

Прошарки у вугільних пластах представлені переважно глинистими сланцями.

Потужність робочих вугільних пластів по Донбасу коливається в широких межах: від 0,5 до 1,5 – 1,8 м при середній потужності пластів, що розробляються 0,7 – 1,0 м. Потужність деяких вугільних пластів досягає 2 – 2,5 м, але це відноситься переважно до окремих невеликих ділянок або груп шахтних полів.

У Донбасі переважають пологі пласти вугілля.

Круті пласти залягають в Центральному та Кадіївському районах і на окремих ділянках в інших районах.

Основними водоносними горизонтами в кам'яновугільній товщі Донбасу є вапняки і пісковики. В окремих районах басейну крейдяні відкладення і обводнені третинні піски також є великими водоносними горизонтами. Найвищу водовіддачу мають вапняки завдяки своїй тріщинуватості і дрібної закарстованості.

Пісковики мають меншу тріщинуватість, але значно більшу потужність, що досягає 80 – 120 м., і є одними з найбільших водоносних горизонтів, поширених на площі всього басейну.

Глинисті сланці та вугільні пласти практично неводоносні, частково водоносними є тріщинуваті піщані сланці.

Рух підземних вод у кам'яновугільній товщі відбувається по тріщинах гірських порід. Багатоводність порід знижується з глибиною.

У межах басейну виявлено понад 130 витриманих водоносних горизонтів зі значними притоками. Деякі водоносні горизонти витримуються на більшій частині басейну, а частина їх простежується тільки на території окремих його районів.

За своїм хімічним складом води дуже різноманітні. У Центральній частині басейну переважають води сульфатно-карбонатного, сульфатного і сульфатно-хлоридного складу, а по катіонах – кальцієво-натрієві, натрієво-кальцієві та натрієво-кальцієво-магнієві.

З глибиною мінералізація вод підвищується.

Вміщуючі породи вугільних пластів, які розробляються, мають середню стійкість. Переважаючими бічними породами вугільних пластів є глинисті сланці.

В окремих районах басейну в зв'язку зі зміною літологічного складу порід, що складають окремі світи, переважаючими бічними породами є пісковики і піщані сланці, значно рідше вапняки.

Механічна міцність гірських порід вкрай нерівномірна і коливається в широких межах.

Вугілля Донецького басейну відносяться до гумусових.

Сапропелітові різниці вугілля зустрічаються тільки у вигляді окремих лінз і вугільних прошарків.

Вугілля пластів, що залягають у відкладеннях середнього і верхнього карбону, володіють майже однаковою материнською рослинною речовиною, але мають різні якісні показники, що пояснюється в основному їх різним ступенем вуглефікації, різним ступенем відновлення і окислення в процесі їх формування, а також неоднаковою зольністю і сірчистістю.

Вміст фосфору у вугіллі досить незначний. Найбільш чисті і малосірчисті вугілля є в західному секторі Великого Донбасу (Південний і Західний Донбас) і відносяться до відкладів нижнього карбону.

У Донбасі встановлена закономірна зміна змісту летких речовин у вугіллі зі зменшенням їх вмісту в напрямку з північного заходу на південний схід і від стратиграфії верхніх до нижчих.

Вихід летких речовин коливається в широких межах – від 2% (антрацити) до 50% (довгополуменеє вугілля).

Зольність і вміст сірки в вугіллі коливаються в широких межах. Середній вміст природної золи в більшості вугільних пластів знаходиться в межах 7 – 20%. Малозольного вугілля з зольністю до 7 – 8% у басейні небагато. Здебільшого переважають вугілля середньосірчисте (1,5 – 3%).

Вугілля Донецького басейну переважно мають легку і середню збагачуваність.

1.3 Вугленосність

Пласти і прошарки вугілля характерні для всього розрізу кам'яновугільної системи, для відкладень верхнього палеогену і нижнього неогену північно-західної частини басейну.

Розташовуються вони через кожні 20 – 40 м один від одного; в східній частині басейну – через 100 м. Загальна кількість пластів і прошарків у нижньому відділі кам'яновугільної системи близько 100, в середньому – 200 і в верхньому – 15. Переважна частина робочих пластів має потужність від 0,6 до 1,0 м.

У Донецькому вугільному басейні поширені всі основні марки кам'яного вугілля: довгополуменеє (Д), газове (Г), жирне (Ж), коксове (К), спіснено-

спікливе (СС), пісне (Т), напівантрацити (НА) і антрацити (А), а також перехідні від бурого вугілля до довгополуменевого.

Петрографічний склад вугілля досить однорідний. Вугілля відноситься до класу гуміт, що містять іноді невеликі сапропелево-гумусові прошарки.

Для вугілля нижнього відділу кам'яновугільної системи характерні тонкі прошарки ліпто-біолітів.

Цікавим є той факт, що експлуатація більшості пластів вугілля супроводжується виділенням газів, у т.ч. метану; у міру збільшення глибини багатогазовість, як правило, збільшується.

Крім вугілля, Донбас багатий і іншими корисними копалинами: в північно-західній частині є низка родовищ природного газу (у т.ч. дуже велике – Шебелинське), в районі Артемівська і Слов'янська розробляються родовища кам'яної солі; в західній частині головної антикліналі – велике Микитівське сурм'яно-ртутне родовище; в Лисичанському районі та у Слов'янська – поклади крейди (для содової промисловості); в Амвросіївському та інших районах – крейдяні мергелі (для отримання цементу). Є флюсові вапняки і доломіт (головним чином у Волноваському і Старобешівському районах), кварцити, вогнетривкі глини і формувальні піски, пісковики, вапняки і кристалічні породи, що використовуються для промислового і житлового будівництва.

1.4 Загальні відомості про корисні копалини

Мінерально-сировинна база України – одна з найбагатших у світі за номенклатурою корисних копалин (120 видів) – представлена паливними (вугілля, нафта, газ, горючі сланці, торф), металевими (залізо, марганець, нікель, титан, уран, хром, золото) і неметалевими (кам'яна сіль, каолін, вогнетривкі глини, цементна сировина, флюси, вапняки) корисними копалинами. Такого обсягу достатньо для розвитку в країні галузей промисловості, орієнтованих на використання власної сировини.

Зараз в Україні розвідано 94 види корисних копалин і розробляється близько 8000 родовищ. Особливе значення для економіки мають поклади марганцевої (75% запасів СНД), залізної (31%), титанової (40%) руд, кам'яного вугілля (25%), самородної сірки (80%), каоліну (60%), графіту (50%) і вогнетривких глин (35%).

Незважаючи на розташування на території України двох нафтогазоносних провінцій і двох областей, видобуток нафти і газу не покриває потреб країни. Ці енергоносії імпортуються з Росії та Туркменістану. Однак Причорноморсько-

Кримський регіон є перспективним з відкриття нових родовищ нафти і газу, а інші вимагають нових технологій видобутку.

Криворізький залізорудний і Нікопольський марганцеворудний басейни одні з найбільших у світі серед рудних покладів кольорових металів.

Є унікальні родовища титанових руд у Житомирській і Дніпропетровській областях і розвідані недавно родовища золота в Закарпатті.

За запасами ртутної руди (Микитівське родовище в Донбасі) наша країна одна з лідерів у світі.

Одне з провідних місць у світі Україна займає і по запасах нерудних корисних копалин: – родовища самородної сірки й озокериту (Передкарпаття) найбільші в світі; – за запасами граніту і лабрадориту (Житомирщина) Україна поза конкуренцією в Європі.

Є в нашій державі і родовища дорогоцінного і напівкоштовного каміння (берилу, аметисту, бурштину, яшми, гірського кришталю) в Криворіжжі, Приазов'ї, Криму і Закарпатті.

Всі види мінеральної сировини складають потужну базу гірничодобувної промисловості: енергетика, чорна і кольорова металургія; промисловість хімічна, скляна, фарфоро-фаянсова; важка індустрія і промисловість будівельних матеріалів.

Наявні ресурси деяких видів корисних копалин значно перевищують власні потреби економіки України.

Територія України характеризується унікальністю фізико-географічних та геологічних умов, що сприяло формуванню значних обсягів природних ресурсів та їх різноманітності. Найбільш цінними серед природних ресурсів є земельні та мінерально-сировинні.

За багатством мінерально-сировинних ресурсів Україна є однією з провідних держав світу. Займаючи 0,4% суші, вона володіє 5% світових запасів корисних копалин загальною вартістю понад 11 трлн дол. США, за деякими видами корисних копалин, зосереджених у більш ніж 9000 родовищах, Україна займає провідне місце серед країн СНД, Європи та світу.

Основною вугільною базою України є Донбас, де промисловий видобуток вугілля відбувається з 1795 року. Донбаський вугільний басейн розташований на території Донецької та Луганської областей, східні його райони простягаються до Ростовської області Російської Федерації. Загальна його площа становить 60 тис.км².

Нафта і природний газ зосереджені в Дніпровсько-Донецькому (80%) і Причорноморсько-Кримському нафтогазоносних регіонах. Перспективними

щодо розробки вважаються нафтові та газові родовища на континентальному шельфі Чорного і Азовського морів.

Власні потреби України у нафті покриваються на 10 – 15%, у газі – на 25%. Розвідано 3 млрд тонн торфу і горючих сланців.

Залізні руди залягають у Криворізькому (18,7 млрд т), Кременчуцькому (4,5 млрд т), Білозерському (2,5 млрд т) і Керченському (1,8 млрд т) залізорудних басейнах.

Найбільші у світі поклади марганцевих руд містяться в Нікопольському басейні. Як значні оцінюються родовища нікелевих, хромітових, титанових, ртутних (2-ге місце в світі) і поліметалічних руд.

Родовища озокериту та самородної сірки – найбільші у світі. Запаси графіту – найбільші на європейському континенті.

В Україні з давніх часів ведеться видобуток кам'яної та калійної солі.

Таким чином, мінерально-сировинна база України має необхідний потенціал для забезпечення подальшого розвитку національної економіки, зокрема металургійної та хімічної промисловостей, виробництва кераміки та будівельних матеріалів.

Контрольні питання до 1 розділу

- 1. Як представлена земна кора в межах території України?***
- 2. Назвіть хімічний склад Землі.***
- 3. До яких порід приурочені родовища нафти і газу?***
- 4. Опишіть будову вугленосної товщі Донбасу.***
- 5. Які марки кам'яного вугілля поширені в Україні, а які за кордоном?***
- 6. Оцініть мінерально-сировинну базу України.***

2 КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати родовища кам'яного і бурого вугілля, які корисні копалини видобуваються в Україні

Вугільна промисловість України, що забезпечує видобуток і первинну переробку кам'яного і бурого вугілля, є однією з основних галузей паливної промисловості. Кам'яновугільні родовища зосереджені на південному сході (Донецький басейн) і північному заході (Львівсько-Волинський басейн) країни (рис. 2.1). Райони видобутку бурого вугілля розкидані на значній площі Українського щита і в Дніпровському буровугільному басейні.

2.1 Родовища кам'яного та бурого вугілля

Першовідкривачем кам'яновугільних покладів Донецького басейну вважається відомий російський рудознавець Г. Капустін, який знайшов їх в 1721 р. у нижній течії річки Сіверський Донець. Добувати корисні копалини тут почали в 1795 р. для забезпечення вугіллям Луганського ливарного заводу. Тоді на землях села Верхнього (нині територія м. Лисичанськ) був заснований перший в Донбасі кам'яновугільний рудник.



Рисунок 2.1 – Розташування кам'яновугільних родовищ на території України

У кам'яновугільний (карбоновий) період у східній частині України (між Дніпром і Доном) відбувалося багаторазове чергування суші і моря. Значне опускання території призвело до заповнення значного прогину потужними (понад 10 км) відкладеннями.

Тут існувало неглибоке прибережне море з заболоченою прилеглою сушею, на якій зростали первісні ліси.

Величезний обсяг їх біомаси послужив основою подальшого вугле-накопичення.

Про багаторазову зміну природних умов (суша-море) свідчить чергування шарів піщаників і тонких вугільних пластів (їх налічується понад 200).

У карбоновий період, що тривав 65 млн років (360 – 295 млн років тому), накопичилися вугільні товщі Донецького і Львівсько-Волинського басейнів.

Буровугільні родовища України, що утворилися протягом палеогенового періоду, значно молодше кам'яновугільних.

У цей час нерівності кристалічної поверхні Українського щита були зглажені і покриті відносно малопотужним чохлам осадових утворень – пісків, пісковиків і глин з буровугільними пластами.

2.2 Історичні нотатки

До 1802 р. Лисичанські вугільні копальні були єдиними промисловими розробками у всьому Донецькому басейні.

Найвищого рівня видобутку рудник досяг у 1840-ті роки, коли постачав вугілля Чорноморському пароплавству.

У 1835 р. на Петропавлівській шахті в основному штреку був прокладений перший рейковий шлях довжиною 76 м, по якому вугілля відкочували в дерев'яних вагонетках.

Перші відомості про поклади кам'яного вугілля в районі річки Сіверський Донець відомі з першої половини XVIII ст. Завдяки річці зосередження безлічі родовищ згодом отримало назву Донецький вугільний басейн (або Донбас).

З розвитком капіталізму в Росії в 70-ті роки XIX ст. почалася інтенсивна промислова розробка кам'яного вугілля в Донбасі, наростаюча швидкими темпами.

У 1880 р. було видобуто 1,4 млн тонн, у 1900 р. до 11 млн тонн, а в 1913 р. – близько 16,9 млн тонн.

Напередодні Першої світової війни в Донбасі зосереджувалося понад 70% всього вуглевидобутку Російської імперії.

У період Першої світової війни і що послідувала за нею, громадянської війни, видобуток вугілля значно скоротився (до 4,6 млн тонн, 1920 р.).

Перед початком Другої світової війни в Донбасі добувалося 83,7 млн тонн вугілля, що становило більше половини вуглевидобутку СРСР.

Максимальні обсяги видобутку кам'яного вугілля (майже 200 млн. тонн на рік) були досягнуті в Українській РСР у 1970-ті роки,

До моменту розпаду Радянського Союзу Україна займала друге місце в Європі з вуглевидобутку після Польщі.

У 1989 р. в Україні видобули 170,2 млн тонн, що в розрахунку на душу населення тоді складало 3500 кг вугілля (в цілому по СРСР – 2701 кг), в США – 3516 кг, Великобританії – 1771 кг, Франції – 294 кг, Чехословаччині – 7913 кг та Польщі – 7039 кг.

2.3 Скільки в Україні залишилося корисних копалин?

Вугілля і металу Україні вистачить ще мінімум на 300 – 500 років, з іншими корисними копалинами також справи йдуть не погано.

За роки незалежності з надр України було видобуто чимало корисних копалин, проте країна зберегла високий потенціал мінерально-сировинної бази (рис.2.3).

Частково це пов'язано зі зменшенням видобутку корисних копалин.

За різноманітністю і багатством мінерально-сировинна база України вигідно відрізняється від багатьох зарубіжних країн світу. Зокрема, по запасах корисних копалин Україна випереджає США, Канаду, Бразилію, Китай і багато країн Європи. На території країни розташовано близько 8 тис. родовищ 90 видів корисних копалин, з них понад 30 мають особливо важливе економічне значення. На момент розпаду СРСР (1990 – 1991 роки) мінерально-сировинний ком-

плекс України забезпечував 23 – 25% ВВП. З видобутком і використанням корисних копалин було пов'язано 48% промислового потенціалу України і до 20% її трудових ресурсів.

За роки незалежності видобуток природного газу скоротився в 1,4 рази – з 28,1 млрд м³ у 1990 році до 19,7 млрд м³ в 2014 році; видобуток нафти і газового конденсату в 2,7 рази – з 9,7 млн тонн у 1990 році до 3,6 млн тонн в 2014 році; вугілля в 1,6 рази – з 122 млн тонн в 1990 році до 75 млн тонн в 2014.

До рівня видобутку 1991 року (близько 200 млн т) наблизилася тільки сировина для чорної металургії (рудної і нерудної).



Рисунок 2.3 – Розташування мінерально-сировинної бази України

2.4 Нафта і газ

За часи незалежності з надр видобуто близько 500 млрд м³ газу і близько 100 млн тонн нафти (близько 500 млн т умовного палива (рис. 2.4).

У той же час баланс запасів вуглеводнів практично не змінився.

Якщо за часів Союзу на балансі України було 1,2 трлн м³ газу, то зараз – 1,15 трлн м³. Тобто різниця зовсім невелика.



Рисунок 2.5 – Мінеральна сировина і продукти її переробки

Досить сильні позиції України і у видобутку металів титанової групи, головним чином титану, цирконію і гафнію.

Ми займаємо 3-тє місце в світі за запасами оксиду цирконію, які оцінюються в 4 млн тонн. Значні запаси марганцю – близько 140 млн тонн.

В Україні зосереджено 10% світових запасів урану.

У нас у країні починається видобуток золота, запаси якого оцінюються в 3,2 тис. тонн.

Україна володіє значними запасами нерудних корисних копалин, які використовуються при будівництві – вапна, глини, піску, бетонної сировини, солі.

2.6 Корисні копалини сьогодні

У промисловому освоєнні в Україні в даний час знаходиться понад 3000 родовищ корисних копалин, на базі яких працювало більш ніж 2000 гірничодобувних і переробних підприємств.

Динаміка видобутку корисних копалин за останній період свідчить, що майже по всіх групах спостерігається стабільне зростання. Найвищі темпи зростання були в групі корисних копалин для будівництва.

Обсяг зовнішньої торгівлі України мінеральною сировиною і продукцією її переробки щорічно складає близько 10 млн доларів.

Експортні можливості України можуть бути істотно розширені за рахунок окремих видів кольорових металів, декоративно-облицювального каменю, перліту і цеоліту, які розташовані в Донецькому регіоні, а також на території Луганської, Дніпропетровської та Харківської областей. У родовищах Донбасу переважає енергетичне вугілля (56%), яке використовується для виробництва електроенергії та теплопостачання населених пунктів.

Основні його запаси зосереджені в Луганській області. Запаси коксівного вугілля, що застосовується для виплавки чорних металів, становить 44% загальних запасів.

Його родовища знаходяться переважно в Донецькій області, де розташована більшість шахт і сформувалися найпотужніші центри вуглевидобування – Донецьк, Макіївка, Єнакієве, Чистяково (Горез), Покровськ (Красноармійськ) та ін.

Запаси вугілля Львівсько-Волинського басейну відносно невеликі, що неминуче призведе в найближчі роки до припинення функціонування низки шахт, які вичерпали ресурси.

Незважаючи на відносно незначні обсяги видобутку вугілля, Львівсько-Волинський басейн грає виключно важливу роль в економіці західної частини країни та прилеглих територій.

2.7 Дніпровський басейн

У Дніпровському басейні буре вугілля видобувають переважно відкритим способом. Тут зосереджено близько 200 родовищ, з яких запаси майже 80 враховані в Державному балансі України. Буре вугілля, на відміну від кам'яного, завдяки підвищеній вологості, високому вмісту сірки і значній зольності має істотно меншу теплотворну здатність. Воно придатне для брикетування, напівкоксування, газифікації та виготовлення штучного гірського воску. Основними центрами буровугільної промисловості України є міста Ватутіне (Черкаська область) та Олександрія (Кіровоградська область). Буровугільна промисловість в обмежених обсягах розвинена також у деяких районах Житомирської області. Останнім часом значні запаси бурого вугілля (майже 400 млн. т) виявлено за межами Українського щита – на території Харківської області.

У післявоєнні роки в незначних масштабах було організовано видобуток бурого вугілля в західних областях країни – поблизу міст Золочева, Жовкви

(Львівська область), Коломиї (Івано-Франківська область) і в Закарпатті. Найвищого рівня вуглевидобуток тут досягла у 1955 р. – 981 тис. т (у тому числі в Закарпатті 400 тис. тонн, Львівській області – 454 тис. т) У зв'язку з вичерпанням запасів і початком розробки Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну буровугільні шахти і кар'єри Західної України припинили свою роботу.

Найвищий рівень видобутку бурого вугілля в Україні досягнуто в 1960 р. (12 млн. т). З тих пір спостерігається тенденція до його поступового зниження – за роки незалежності України видобуток бурого вугілля скоротився більш ніж у 5 разів.

Незважаючи на істотне скорочення обсягів видобутку за останні роки, вугільна промисловість України має значні перспективи для розвитку. Кризовий стан галузі, пов'язаний зі значним загальнодержавним спадом виробництва, викликаний зміною суспільно-політичного ладу і помилками в промисловій політиці країни.

Частка вугілля в загальному обсязі органічного палива в надрах України складає 95%.

Вугільна промисловість України є однією з базових галузей економіки. Її участь у ВВП України в 1999 році склала 5,1%. Вона є невід'ємною складовою інших найважливіших галузей: електроенергетики і металургії.

Однак останніми роками склалося велике протиріччя між надзвичайно важливим значенням вугільної галузі і технічним та економічним станом, в якому вона знаходиться.

Основні причини кризи у вуглевидобувній промисловості, це:

- великий знос основних фондів. Понад 30% шахт експлуатуються понад 50 років;
- недостатній рівень капітальних вкладень і інвестицій;
- зростання заборгованостей перед бюджетом, по заробітній платі, по регресним позовам;
- повільні темпи реструктуризації галузі.

Ситуація, яка склалася в українській вугільній промисловості, зараз дуже складна і просто необхідно розірвати це замкнене коло.

Зміни та новий підхід до вирішення проблем вугільної промисловості необхідні. В Україні є чимало шахт, які при відповідному підході до їх реструктуризації могли б працювати прибутково.

Одним з основних шляхів виходу з кризи є підвищення інвестиційної привабливості підприємств вугільної промисловості.

Серйозною проблемою є великий знос основних фондів. Ступінь зносу основних фондів за останні 25 років збільшилася до 70%, а в окремих випадках і більше.

Необхідне випереджаюче зростання капітальних вкладень в нові технології, модернізація основних фондів з урахуванням тривалого інвестиційного циклу.

Це підтверджує пріоритетність саме прямих інвестицій (вкладень у статутний фонд підприємства з метою отримання доходу та отримання прав на участь в управлінні цим підприємством).

Таким чином, в галузі склалася ситуація, при якій, з одного боку, існує гостра необхідність в прямому інвестуванні підприємства, а з іншого – гострий дефіцит вітчизняних джерел фінансування. В такому випадку джерелом інвестування можуть виступати і виступають закордонні компанії, банки та інші фінансові інститути.

Але якщо ризик, якому піддається національний інвестор, високий, то ризик іноземного інвестора посилюється ще недосконалістю законодавчої бази. Зараз багато закордонних інвесторів намагаючись мінімізувати ризики скоротили до мінімуму свою присутність в Україні.

Це свідчить про необхідність більш пильної уваги до питань, що стосуються інвестиційної діяльності в Україні з боку іноземних інвесторів.

У перспективі слід очікувати підвищення зацікавленості до участі в процесі інвестування вугільних підприємств в Україні з боку національних і зарубіжних інвесторів.

Донецьке вугілля, що видобувається переважно шахтним способом, має високу собівартість, яка пов'язана з глибоким (до 1 км і більше) заляганням пластів і відносно невеликою їх потужністю.

Значний рівень фізичної спрацьованості гірничодобувного обладнання, закриття деяких шахт, істотне скорочення видобутку вугілля (за роки незалежності України майже втричі) і дуже важкі умови роботи гірників призвели до зростання соціальної напруженості в традиційно шахтарському регіоні.

Для ефективного розвитку вугільної промисловості потрібен комплекс заходів, які складаються з реконструкції та модернізації шахт, збільшення безпеки праці (в середньому одне шахтарське життя припадає на 1 млн видобутого вугілля), навчання втрачених робітників гірників іншим спеціальностям.

Контрольні питання до 2 розділу

- 1. Де були вперше відкриті родовища кам'яного вугілля в Україні?*
- 2. У чому відмінність кам'яновугільних і буровугільних родовищ?*
- 3. Які позиції України в розробці металів титанової групи?*
- 4. Що являють собою корисні копалини України сьогодні?*

3 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ШАХТУ

Навчальні цілі: Спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати загальні поняття про шахту, як вона влаштована і для яких цілей служать гірничі виробки

3.1 Загальні відомості

Шахта (з нім. Schacht) – гірниче підприємство, яке здійснює видобуток пластових корисних копалин підземним способом і відвантаження їх споживачеві або на гірничо-збагачувальну фабрику. Традиційно шахтою називається підприємство при підземному видобутку кам'яного вугілля або горючих сланців, а також існують шахти для підземного видобутку важкої нафти.

При видобутку підземним способом руди шахту називають рудник (в шахтарських регіонах поширена вимова з наголосом на першому складі – рудник).

Шахта містить наземні споруди: копри, надшахтні будівлі, головні вентиляторні установки, дробильно-сортувальні фабрики, склади і сукупність підземних гірничих виробок, призначених для розробки родовища в межах шахтного поля (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Основні будівлі та споруди поверхневого комплексу шахтоуправління «Покровське»

Шахта – механізоване та автоматизоване підприємство, оснащене продуктивними машинами і механізмами для видобутку і транспортування корисних копалин, проведення гірничих виробок, водовідливу і вентиляції. Термін служби шахт, що відпрацьовують родовища, досягає 50 – 70 років і більше.

У рівнинній місцевості найчастіше розкриття пластів проводиться **вертикальними стовбурами**, рідше – похилими, від яких на різних горизонтах (поверхах) проводяться квершлагги до зустрічі з покладами корисних копалин. У гористій місцевості основні розкривні виробки – **штольні**.

В Україні найбільше вугільне шахтоуправління «Покровське»; залізнична шахта «Гігант» (Кривий Ріг, проектна потужність 12 млн т на рік), найглибша шахта - ім. О. О. Скочинського в Донбасі (глибина 1,2 км). Найглибші в світі шахти (до 4,5 км) з видобутку золота, срібла і алмазів – в Індії (шахта «Чемпіон-Риф») і ПАР (шахта «Вітватерсранд» і ін.).

3.2 Як складена шахта

Тверді корисні копалини витягують з-під землі трьома способами: підземним, відкритим або комбінованим (поєднанням відкритої розробки, а з глибини понад 300 м – підземним).

Сучасні підприємства гірничодобувної промисловості – величезні підприємства – справжні заводи. «Завод» для підземного видобутку – це **шахта**, для відкритого – **кар'єр**.

Майже всі роботи в шахті виконуються в наш час машинами. На різних шахтах вони бувають різними, залежно від того, які саме корисні копалини видобувають під землею – порівняно м'які або більш тверді. Наприклад, кам'яне вугілля можна різати спеціальними машинами, а ось руду через високу міцність доводиться підривати.

Шахта починається з глибокого колодязя або крутого тунелю – **стовбура**. Стовбур шахти проходять так само, як і колодязь: його потрохи поглиблюють зверху вниз, постійно зміцнюючи стінки, щоб вони не вкачувалися.

Зміцнюють стінки шахтних стовбурів бетоном, залізобетонними та чавунними кільцями – тубінгами.

Прохідники шахтних стволів оснащені:

– **перфораторами** – машинами, які за допомогою стиснутого повітря бурять неглибокі вузькі свердловини під вибухівку; **грейферами** для навантаження висадженої породи; **підйомними машинами**, які вантажать гірську масу і доставляють її на поверхню в сталевих цебрах, і багатьма іншими механізмами.

Призначення стовбура – зв'язок підземних робіт з поверхнею. По одних стовбурах ходять кліті (це сталеві коробки, схожі на кабіну ліфта), по інших – опускається і піднімається **скіп** – сталевий короб для руди або вугілля. Іноді, якщо стовбур не вертикальний, а похилий, то по ньому рухається стрічка конвеєра. Але майже на всіх стовбурах обов'язково є машини для підйому нагору корисних копалин і спуску-підйому в шахту людей, машин і обладнання. Немає машин тільки в спеціальних, вентиляційних стовбурах. Через них нагнітають у шахту свіже повітря.

Внизу від стовбура в різні боки відходять підземні коридори – **штреки**. У них укладено рейки або стоять конвеєри. По цьому штреку до шахтного стовбура підвозять вугілля або руду.

Якщо рухатися по штреку від стовбура, то потрапиш у **вибій** – туди, де корисні копалини відокремлюють від пласта і вантажать на конвеєр або у вагонетку.

Для того, щоб штреки та вибої, в яких добувають вугілля або руду (на вугільних шахтах вони називаються **лавами**), не були розчавлені величезними масами землі, що знаходиться зверху, їх кріплять – підпирають стелю колодами, залізобетонними та сталевими арками. З плином років дерев'яні кріплення поступилися місцем залізобетонним і сталевим. А у вугільних лавах працює механізоване «крокуюче» кріплення.

Багато років тому в руках у робітника-вибійника були лише кайло та лопата. Кайлом відбивалося вугілля, лопатою вантажилося в тачку або вагонетку, яку тягнув за собою сліпий від темряви кінь.

Зараз на вугільних шахтах вибійник керує врубовою машиною, гірничим комбайном, стругом і т.д.

Головна частина **врубової машини** – нескінченний ланцюг у формі петлі, на якій закріплено гострі зубки з твердого сплаву. Ланцюг приводиться в дію електродвигуном, і ним як пилкою підрізають вугільний пласт (рис.3.2).



Рисунок 3.2 – Врубова машина

Гірничий комбайн крім ріжучого пристрою, забезпечений механізмом подачі вугілля на конвеєр. Він одночасно розрізає вугільний пласт, відбиває від нього куски вугілля, подрібнює і завантажує на конвеєр (рис. 3.3; 3.4)



Рисунок 3.3 – Виїмковий комбайн «Донбас» з кільцевим баром і ріжучою без перекосу штангою з кільцевим вантажником

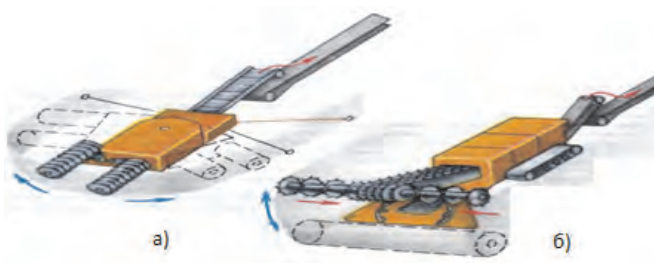


Рисунок 3.4 – Виїмкові комбайни для вузьких вибоїв:

а – 100л «Джефрі» (США) для тонких пластів з двома поворотними і хитними шнеками; б – «Лі Норіс» (США) для пластів середньої потужності зі спареними хитними шнеками

А вугільний струг – це щось на зразок величезного рубанка, яким, протягаючи його на сталевих ланцюгах і канатах взад і вперед, стругають пласт вугілля.

Але існують такі шахти, де немає ніяких комбайнів, ніяких стругів і конвеєрів (рис.3.5). Вугілля тут рубають не різцями і зубками машин, а струменем води.

Головна машина на такій шахті – **гідромонітор**, який схожий на гармату з коротким стволом або на величезний пожежний брендспойт. Вирываючись із

стовбура гідромонітора під тиском в десятки атмосфер, струмись води б'є в пласт вугілля і відбиває від нього куски різної величини. Потім потік води підхоплює це вугілля і по жолобах, прокладених у штреках гідрошахти замість конвеєрів, виносить його із вибою.

Якщо сили проточної по жолобах води виявляється недостатньо, то доводиться ставити насоси і качати вугілля разом з водою вже по трубах. Біля стовбура потік води, перемішаний з вугіллям, знову підхоплюють потужні насоси і по трубах відсмоктують воду разом з вугіллям нагору. Тут вода з вугіллям потрапляє в спеціальні басейни-відстійники.

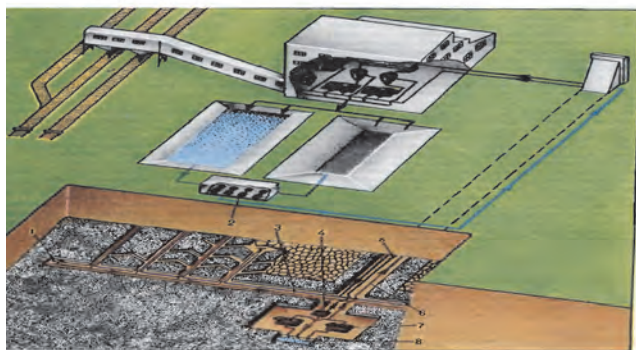


Рисунок 3.5 – Технологічна схема гідрошахти:

- 1 – гідромонітор; 2 – високонапірний насос; 3 – жолоб; 4 – нерухомий грохот; 5 – стрічковий конвеєр; 6 – пульпопровід; 7 – вуглесос; 8 – зумпф вуглесосної камери*

Коли все вугілля, навіть найдрібніше, осяде на дно, воду з басейнів випускають або женуть по трубах знову в шахту, до гідромоніторів. І вода знову проробляє весь свій робочий шлях. Крім того, вода, під великим тиском, крутить свердло, і її сили вистачає, щоб бурити свердловини у вугіллі. Вода обертає вентилятори, за її допомогою освітлюють штреки.

Гідрошахтне вугілля дешевше: менше обладнання, менше витрат енергії.

Останнім часом на шахтах працює все більше самохідних безрейкових машин – бурові верстати, екскаватори та вантажні машини, самохідні вагонетки.

Значну частину шахтарської праці взяла на себе автоматика.

Є й інший спосіб вивести гірника з-під землі – відкриті розробки. Широко розвинені райони відкритого видобутку кам'яного та бурового вугілля, фосфоритів, сірки та інших корисних копалин.

І нерідко на передбачуваному місці шахти виникав кар'єр. А це значить – повна безпека і чисте повітря для шахтарів, застосування найпотужніших екскаваторів, найдешевші руда і вугілля. Але дешевими вони будуть тільки тоді, коли питання про те, що будувати на новому родовищі – кар'єр або шахту, вирішено правильно. А для цього спочатку треба підрахувати, скільки некорисної породи треба вийняти з надр, щоб добути 1 кубометр корисних копалин.

Якщо 2 – 3 м³, то тоді кар'єр, а якщо 20 – 30 м³, – то шахту. Але буває і так, що на кубометр корисних копалин припадає лише 2 кубометри ґрунту, а кар'єр будувати не вигідно. Так, виходить, якщо багатий пласт лежить надто глибоко, то щоб його дістати, довелося б десятки років будувати кар'єр.

Тут вже доводиться будувати шахту.

Як не дивно, але кар'єри допомагають будувати кораблі. Правда, не зовсім, звичайні, а так звані плавучі земснаряди. Плавучий земснаряд – це невеликий корабель з ажурною стрілою, як у крана. До стріли прикріплена сталева тупоноса фреза. Коли стріла опускається, фреза впирається в дно котловану і, обертаючись, руйнує це дно. Куски зруйнованої породи разом з водою зтягуються в воронку землесоса і потужними насосами по трубах виносяться з котловану далеко в степ.

Але, як правило, кар'єри розробляють за допомогою екскаваторів і самоскидів або думпкарів – електровозів з самоперекидними вагонами. Екскаватори поступово розкривають породу, а самоскиди її вивозять.

3.3 Із історії гірничої справи

Поява гірничої справи, основу якої складає видобуток корисних копалин з надр Землі, відноситься до ранньої стадії розвитку людського суспільства.

Ще в період рабовласницького ладу існували підземні рудники для видобутку кремнію, з якого робили леза для сокир, ножів і наконечники копій. Куски кремнію відколювали кам'яними знаряддями і кайлами з оленього рогу.

Щоб у гірничих виробках було безпечно працювати, будували дерев'яні кріплення.

Розкопками виявлено сліди древніх рудників періоду бронзового століття. У Центральній Європі від цього періоду залишилися виробки зі слідами кріплень, сходів тощо.

Задовго до нашої ери гірнича справа існувала в Китаї, Японії, країнах американського континенту.

У рабовласницькому суспільстві велася розробка мідних і олов'яних руд, видобуток золота і срібла.

Вирішальне значення для розвитку виробничих сил мало виробництво заліза.

На гірничих роботах використовувалася праця величезної кількості рабів.

В епоху феодалізму в гірничій справі відбуваються значні зміни. В XI - XIII ст. гірнича справа широко розвивається в Центральній Європі, виникає поки що ручний відбій гірських порід.

Важливі вдосконалення в гірничій справі були зроблені в Європі в XV - XVI ст. Для підйому руди наверх почали застосовувати кінний привід і водяне колесо, з підземних виробок стали відкачувати воду - все це дозволило вести гірничі роботи на глибині до 150 м.

Вибухові роботи починають витіснити вогневий спосіб руйнування.

Вводиться мокре збагачення руд - флотація. Флотація дозволила вести розробку порівняно бідних руд.

У цей час в рудниках починають влаштовувати дерев'яні настили для переміщення по ним візків з корисними копалинами.

З'являються перші гірничі училища і посібники з гірничої справи.

У гірничій справі раніше, ніж в інших галузях промисловості, стали застосовувати парові машини, спочатку для відкачування води (вперше застосував англієць Т. Ньюкомен у 1711 - 1712 рр.), потім і для підйому корисних копалин на поверхню.

З епохи промислового перевороту (кінця XVIII - початок XIX ст.) удосконалюється техніка буріння, застосовуються вибухові речовини, вводиться рейкове відкочування з кінною тягою.

У 30-х роках XIX ст. починають застосовувати сталеві канати для підйому корисної копалини і відкатки, а через 20 років з'являються перші врубові машини (див. рис. 3.2).

В кінці XIX – початку XX ст. у зв'язку зі зростаючим попитом на корисні копалини інтенсивно розвивається техніка проходки стовбурів шахт.

Удосконалюються методи проходки, вентиляції і водовідливів. Це дозволяє збільшити глибину розробки до 1000 м, іноді до 2000 м. Вводиться електричний привід для підйомних машин, насосів, вентиляторів, електрифікується рудниковий транспорт, механізується зарубка за допомогою врубових машин, широко застосовуються відбійні молотки, що працюють на стиснутому повітрі (рис.3.6).



Рисунок 3.6 – Відбійний молоток

Як же видобувають корисні копалини в наш час?

Видобутку корисних копалин передуює розвідка їх родовищ. Це необхідно, щоб визначити запаси і якість вугілля або руди, економічну доцільність експлуатації даного родовища, а також способи розробки родовища.

Зараз широко застосовують геофізичні, геохімічні та біохімічні методи розвідки, допомагають геологам і різні космічні апарати.

Коли виявлено достатні запаси корисних копалин, приступають до розробки родовища. Для цього проводять за певним планом мережу підземних гірничих виробок або бурять свердловини.

Щоб розкрити родовище будують необхідні надземні і підземні споруди. З підземних виробок завжди буває не менше двох виходів на земну поверхню.

Зазвичай це з'єднані між собою вертикальні або похилі шахтні стовбури, штольні, за допомогою яких розкривають родовища. Глибина вертикальних стовбурів перевищує в деяких випадках 2000 м.

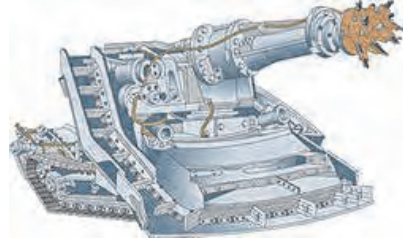
Після того як родовище розкрито, проводять виробку, щоб підготувати родовище до виймання.

Вибій, де видобувають корисні копалини, і виробки, що утворюються при цьому, називають очисними.

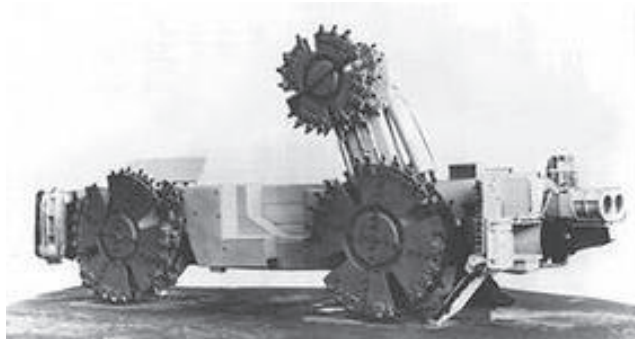
Підготовчі виробки й очисні роботи з видобутку корисних копалин виконують машинами: буровими, породонавантажувальними, комбайнами (рис.3.7).



а)



б)



в)

Рисунок 3.7 – Прогідницькі комбайни (а, б) і видобувний комбайн (в)

Видобуті корисні копалини доставляються від очисного вибою до земної поверхні рудниковим транспортом, а вантажі і люди по шахтному стовбуру – шахтним підйомом.

Всі підземні виробки забезпечуються свіжим повітрям, мають постійне електричне освітлення, а робітникам видаються ще й переносні рудникові лампи.

Вода з шахти постійно видаляється системою рудникового водовідливу.

Дерев'яне кріплення замінене металевим і пересувним механізованим кріпленням.

Спеціальні служби стежать за безпекою підземних робіт.

Вугілля, руда, азбест, слюда, каолін і багато інших корисних копалин надходять після видобутку на збагачувальні фабрики. Тут корисні копалини «збагачуються»: з них видаляють різні домішки.

Таким чином, гірничодобувна промисловість представляє комплекс галузей виробництва з розвідки родовищ корисних копалин, їх видобутку з надр Землі та первинної обробки – збагачення.

Залежно від виду копалини гірничодобувна промисловість ділиться на:

- паливнодобувна (нафтова, видобуток природного газу, вугільна, сланцева, торф'яна);
- рудовидобувна (залізорудна, марганцеворудна, видобуток руд, кольорових, шляхетних і рідкісних металів, радіоактивних елементів);
- промисловість неметалічних копалин і місцевих будматеріалів (видобуток мармуру, граніту, азбесту, крейди, доломіту, кварциту, каоліну, глини, гіпсу, мергелю, польового шпату, вапняку);
- гірничо-хімічну (видобуток апатитів, калійних солей, нефелина, селітри, сірчаного колчедану, борних руд, фосфатної сировини);
- гідромінеральних ресурсів (мінеральні підземні води, вода для водопостачання та інших цілей).

У нашій країні розвідані запаси вугілля, торфу, залізної і марганцевої руд, бокситів, міді, свинцю, нікелю, вольфраму. Є запаси нафти, природного газу та інших корисних копалин.

Вчені й інженери шукають нові методи розробки родовищ, розробляють технологію видобутку за принципом поточного виробництва.

У вугільних шахтах корисну копалину видобувають і вантажать на конвеєр гірські комбайни. Все ширше застосовують автоматизацію і дистанційне керування машинами і механізмами.

Гірнича справа має величезні перспективи розвитку, так як споживання корисних копалин весь час збільшується.

3.4 Гірничі виробки

Роботи, що виконуються при видобутку корисних копалин або породи, називають гірничими роботами. В результаті ведення гірничих робіт у товщі земної кори утворюються порожнечі (штучні порожнини), які називають гірничими виробками. Гірничі виробки дуже різноманітні за своєю формою, розмірами, призначенням і положенням у просторі.

Розрізняють виробки відкриті, розташовані біля земної поверхні, які мають незамкнений контур поперечного перерізу, і підземні – із замкнутим контуром поперечного перерізу, розташовані на деякій глибині від поверхні.

Відповідно до положення в просторі вони поділяються на вертикальні, горизонтальні та похилі.

3.4.1 Вертикальні гірничі виробки

Шахтні стовбури – виробки, що мають безпосередній вихід на земну поверхню і призначені для обслуговування підземних робіт.

Залежно від призначення стовбури можуть бути головними, допоміжними і вентиляційними.

Головний стовбур служить для підйому вугілля і породи на поверхню.

Допоміжний використовують для спуску і підйому людей, машин, матеріалів, видачі породи,

Вентиляційний призначений для подачі в шахту свіжого повітря або видачі з шахти забрудненого.

Гезенк – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню і призначена для спуску вугілля з верхнього горизонту на нижній під дією власної ваги, пересування людей, провітрювання тощо.

Сліпий стовбур – виробка, яка не має виходу на земну поверхню і призначена для обслуговування підземних робіт: підйому корисної копалини, провітрювання, спуску і підйому людей.

Сліпі стовбури проходять при розкритті частини родовища корисних копалин, яка розташована нижче горизонту, раніше розкритого пройденими з поверхні виробками.

Шурф – виробка невеликого перерізу і довжиною до 50 – 60 м, що має безпосередній вихід на земну поверхню і призначена для розвідки корисних копалин або для обслуговування підземних робіт: спуску кріпильного лісу, вентиляції, подачі закладного матеріалу і ін.

Свердловина – виробка, пройдена вибуруванням гірських порід, має круглий переріз діаметром до 2 м і більше.

3.4.2 Горизонтальні гірничі виробки

Штольня – виробка, що має безпосередній вихід на земну поверхню. Призначена вона, також як і стовбур, для обслуговування підземних робіт. Штольні зазвичай проводять в сильно пересіченій або гористій місцевості.

Штрек – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню і проводиться за простяганням пласта або покладу корисних копалин.

При горизонтальному заляганні родовища штрек проводять в будь-якому напрямку, оскільки горизонтальні пласти або поклади не мають ні простягання, ні падіння.

Квершлаг – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню і проводиться за пустими породами навхрест простягання або під кутом до простягання родовища.

Просік – виробка, що проводиться паралельно штреку по пласту корисної копалини, іноді з невеликим підриванням вміщуючих порід (на тонких пластах). Просік використовується при провітрюванні вибою штреку в період його проведення, а також для транспортування вугілля.

3.4.3 Похилі гірничі виробки

Бремсберг – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню, розташована за падінням пласта або порід і призначена для спуску різних вантажів за допомогою механічних пристроїв.

Ухил – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню, розташована за падінням пласта або порід і призначена для підйому різних вантажів з нижніх горизонтів на верхні.

Ходок – виробка, призначена для каналізації повітря, перевезення людей і вантажів.

Скат – виробка, яка не має безпосереднього виходу на земну поверхню, розташована за падінням пласта або порід і призначена для спуску корисної копалини під дією власної ваги.

Піч – виробка, що проводиться за підняттям пласта, призначена для провітрювання, пересування людей, а також для транспортування вантажів.

3.4.4 Очисні виробки

Лав – підземна очисна виробка великої протяжності, один бік якої утворений поверхнею масиву корисної копалини (вибоєм лави), а інший – обваленими породами виробленого простору (рідше закладного масиву).

Під вибоєм мається на увазі поверхня корисної копалини, що обмежує лаву і переміщується в результаті ведення гірничих робіт.

Камера – підземна виробка невеликої протяжності, що має при порівняно великих поперечних розмірах невелику довжину, яка обмежена з боків масивом

або ціликами корисної копалини при камерній системі розробки та камерно-стовповій системах розробки, або призначена для розміщення функціональних технологічних пристроїв, обладнання, матеріалів, інвентарю та ін.

Смуга – підземна очисна виробка, в якій транспортна та вентиляційна виробки розташовані по різних кінцях вибою з протилежних сторін.

Заходка – підземна очисна виробка невеликої протяжності, обмеженого перерізу, що безпосередньо примикає до виробленого простору, або відокремлюється від нього на час виймання невеликим ціликом корисної копалини.

Контрольні питання до 3 розділу

- 1. Які функції виконує гірниче підприємство?***
- 2. Як влаштована шахта?***
- 3. Як здійснюється виймання вугілля в шахті?***
- 4. Дайте класифікацію гірничих виробок.***
- 5. Назвіть вертикальні гірничі виробки.***
- 6. Перерахуйте горизонтальні гірничі виробки.***
- 7. Зобразіть похилі гірничі виробки.***
- 8. Опишіть та схематично зобразіть очисні гірничі виробки.***

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ПОВЕРХНІ ШАХТИ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, для яких цілей призначений комплекс гірничотехнічних будівель на поверхні і які функції він виконує

4.1 Загальні відомості

Комплекс являє собою гірничотехнічні споруди і будівлі на поверхні шахти, що забезпечують роботу її підземного господарства, а також зберігання на складі, переробку (за наявності відповідних комплексів) і відправку споживачам видобутої сировини.

До функцій технологічного комплексу поверхні шахти входять:

- провітрювання шахти, подача в шахту електроенергії, стисненого повітря, тепла, обладнання та матеріалів;
- спуск і підйом людей, приймання видобутої корисної копалини і пустої породи;
- сортування і збагачення корисних копалин;
- тимчасове зберігання продукції і відправка її споживачам;
- відвалоутворення пустих порід, підготовка закладних матеріалів;
- ремонт гірничих механізмів і обладнання;
- складування матеріалів, виробів і механізмів;
- обслуговування робітників шахти (лазня, лампова, табельна і ін.);
- забезпечення роботи адміністративно-управлінських і інженерно-технічних служб.

4.2 Планування шахтної поверхні

Планування технологічного комплексу поверхні шахти вирішується з урахуванням таких факторів:

- прийнятої схеми розкриття;
- взаєморозміщення вертикальних або похилих розкривних виробок;
- досягнення найвищої ефективності виробничого процесу;
- застосування прогресивної технології та видів транспорту;
- економічного використання території шахти, з урахуванням можливості розвитку підприємства;
- виробничого і господарського кооперування шахти з сусідніми об'єктами;
- спільного використання енергетичного і транспортного господарства, інженерних мереж, комунікацій та ін.

При висотній схемі машини і механізми розміщують в єдиному виробничому приміщенні одне під одним. Схема забезпечує найбільшу компактність технологічного комплексу поверхні шахти. При горизонтальній схемі основне обладнання розташовують на одному або близьких рівнях.

Корисна копалина від прийомних до навантажувальних пристроїв передається головним чином механічним шляхом (конвеєрами). При такій організації не потрібні висотні споруди, але з'являється необхідність у створенні більш складної технологічної транспортної мережі та відведення великих територій під технологічний комплекс поверхні шахти.

Змішана схема являє собою поєднання висотної та горизонтальної схем.

Технологічний комплекс поверхні шахти може складатися з окремих будівель, споруд або компонуватись у вигляді блоків.

Перше рішення характерно для шахт старої споруди, блокове – для технологічного комплексу поверхні шахти сучасних підприємств.

В основі останньої – принцип об'єднання будівель (головним чином каркасного типу) у великі блоки, що зводяться зазвичай з типових уніфікованих будівельних секцій.

Набір останніх для різних шахт, як правило, залишається незмінним, змінюються лише планувальні параметри секцій залежно від використовуваного технологічного обладнання, рельєфу місцевості та конфігурації відведеної під будівництво ділянки.

На сучасних шахтах технологічний комплекс поверхні шахти зазвичай формується у вигляді блоків головних і допоміжних стовбурів, адміністративно-побутового комбінату і низки окремих будинків.

4.3 Об'єкти шахтної поверхні

До технологічних комплексів поверхні вугільних шахт у різних поєднаннях секцій або окремих будівель і споруд входять:

- копри;
- надшахтні будівлі;
- будівлі підйомних машин, калориферних установок, вентиляторів, електростанцій, збагачувального (дробильно-сортувального) комплексу, компресорної установки, котельні, ремонтні електромеханічних майстерень;
- склади;
- адміністративно-побутовий комбінат;
- бункери;
- естакади, конвеєрні галереї та ін.

Серед них можна умовно виділити:

- основні будівлі і споруди, які безпосередньо пов'язані з технологією видобутку і видачі корисних копалин;
- допоміжні, які не беруть участі безпосередньо в технологічній схемі руху корисних копалин.

Одне з центральних місць серед перших займають копри, що відрізняються різноманіттям конструкцій, кількістю підйомних установок та ін. (рис.4.1).



Рисунок 4.1 – Типові копри вугільної шахти

Зазвичай в єдиний блок з копрами входять надшахтні будівлі (рис. 4.2).

Розміри, форма і конструктивні особливості надшахтних будівель залежать в основному від виду шахтного підйому, кількості підйомів, застосовуваного устаткування і технології видачі корисних копалин і пустої породи. Їх будівельний обсяг визначається призначенням будівлі, габаритами обладнання і виробничою потужністю шахти.

У будівлях для **підйомних машин** розміщуються відповідне обладнання, пускова і контрольна апаратура.

Розташування будівель щодо стовбура шахти залежить від схеми подйому. Приміщення для підйомних машин споруджують у вигляді окремих об'єктів технологічного комплексу поверхні шахти або секцій підйомних машин, що включаються в блоки будівель головних і допоміжних стовбурів.

Розташування будівлі **вентиляторів** визначається технологічною схемою вентиляції, а також вимогами раціонального рішення «Генерального плану» промислового майданчика та блокування об'єктів на поверхні шахти.

При всмоктувальній системі вентиляції споруджують зазвичай окремо розташоване приміщення, а при нагнітальній – його об'єднують у загальний блок з приміщенням калориферної установки.

Будинки **калориферних установок** призначені для розміщення в них обладнання, що підігріває і подає в шахту холодне повітря.

Споруди, що зводяться на поверхні шахти для цих установок, складаються з приміщення для калориферів і каналів. Залежно від системи вентиляції шахти будівлю калориферних установок розміщують поруч з надшахтними будівлями або з будівлею вентиляторів (при нагнетательній системі вентиляції).

Розміри будівель типових калориферних установок залежать від кількості повітря, що подається в шахту, кількості калориферів і їх поверхні нагрівання.

Електропідстанції на промислових майданчиках шахт переважно будови закритого типу споруджують у вигляді окремих будівель або секцій, що входять до складу блока головного стовбура.

Загальне їх компонування визначається схемою розміщення трансформаторів, масляних вимикачів та ін. А при об'єднанні електростанції з іншими приміщеннями компоновка залежить також від габариту і конструктивної схеми, встановлених для об'єданого блока.

Одним з основних ланок технологічного комплексу поверхні шахти є збагачувальний і дробильно-сортувальний (в разі їх розміщення на поверхні) комплекс.

Комплекси, схема і набір яких залежать від технологічної схеми поверхні, якості корисних копалин, якості збагачення та інших факторів, виділяються в самостійні споруди з необхідним підсобним господарством або об'єднуються в один блок з основними спорудами поверхні – надшахтними будівлями, вантажними бункерами. Місцезнаходження комплексу вибирається в результаті техніко-економічного порівняння можливих варіантів розміщення будівель і споруд по відношенню до шахтних стовбурів.

Компресорні установки, призначені для одержання стисненого повітря, який використовується на шахті як енергоносіє, можуть входити до складу блока допоміжного стовбура, але, як правило, їх розташовують у вигляді окремого комплексу. Складається він з будівлі компресорів та охолоджувальних пристроїв. Найбільш поширений тип останніх – градирні та бризкальні басейни.

Котельні розташовують по можливості поблизу від основних споживачів тепла: калориферної, адміністративно-побутового комбінату, опалювальних будівель технологічного комплексу поверхні шахти. На шахтах сучасної будови котельні, як правило, розміщують в окремо розташованих будинках. Ці об'єкти технологічного комплексу поверхні шахти мають приміщення для зберігання

оперативного запасу палива, котлів, насосів, вентиляторів, засобів хімічного водоочищення, подачі палива і шлакозоловидалення.

Шахтні ремонтні **електромеханічні майстерні**, як правило, входять до блока допоміжного стовбура. На шахтах старої споруди вони розміщені зазвичай в окремих будівлях або об'єднані з матеріальним складом шахти та іншими приміщеннями в загальний блок.

У майстернях виконують поточний і середній ремонти механізмів, виготовляють нескладні запчастини і відновлюють зношені деталі. Площі ремонтних майстерень визначаються кількістю і видом застосовуваних на шахті машин і механізмів залежно від виробничої потужності підприємства.



Рисунок 4.2 – Основні будівлі та споруди поверхневого комплексу шахти

Важливу роль в технологічному комплексі поверхні шахти грає складське господарство, яке містить:

- матеріальні склади, призначені для прийому, зберігання і видачі інвентарю, інструментів, спецодягу, матеріалів і устаткування;
- склади паливно-мастильних матеріалів для зберігання і видачі масел, які витрачаються при експлуатації шахтного обладнання;
- склади сипучих матеріалів (інертний піл і цемент), склади закладних матеріалів;
- склади вибухових матеріалів, склади кріплення і кріпильних матеріалів.

Для накопичення і зберігання видобутої корисної копалини служать різного роду регульовальні, роздавальні, аварійні (запасні) склади. Виконуються вони у вигляді бункерів великої місткості або у вигляді об'єктів відкритого

типу, що представляють штабеля корисних копалин, розташовані поруч із залізничними коліями.

Обладнуються склади стаціонарними або пересувними навантажувальними пристроями.

Об'ємно-планувальні рішення шахтних складів вибирають з урахуванням забезпечення прогресивної технології складування, комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт.

4.4 Адміністративно-побутовий комбінат (АПК)

АПК являє собою окремо розташовану будівлю або зблоковану з комплексом допоміжного стовбура. Будується вона як за типовими, так і за індивідуальними проектами. Найбільш поширені триповерхові будинки та будинки комбінованого планування (одно – і триповерхова частини).

До складу АПК входять приміщення:

- адміністративно-конторські (для інженерно-технічних працівників і керівництва шахти, нарядні ділянок, зала зборів і ін.);
- виробничі (лампова, респіраторна, телефонна станція, лабораторії, диспетчерська);
- санітарно-побутові (душові, умивальні, приміщення для сушіння і знепилювання спецодягу, пральня, буфет і ін.);
- санітарно-медичного обслуговування (медпункт, інгаляторій, фотарій, приміщення особистої гігієни жінок);
- допоміжного призначення (вестибюль, гардеробна, комори, технічні приміщення).

Елементами транспортних технологічних потоків корисних копалин і пустих порід є бункери, естакади, галереї.

Майже у всіх випадках піднята на поверхню корисна копалина поступає в приймальний бункер і, пройшовши через установки технологічного комплексу (збагачувального або дробильно-сортувального), потрапляє в навантажувальний бункер (півбункер). Приймальні бункери зазвичай розташовують в надшахтній будівлі. Конструкція, форма і їх габарити залежать від компонування споруди, необхідного запасу матеріалу, способів завантаження та вивантаження та ін.

Конструктивна характеристика об'єктів технологічного комплексу поверхні шахти, особливості їх розміщення та ін. визначають раціональність облаштування поверхні шахти.

Перспективи розвитку технологічного комплексу поверхні шахти пов'язуються зі спрощенням технології обробки гірничої маси в надшахтних будівлях за рахунок будівництва збагачувальних фабрик, відмовою від відкритих складів корисних копалин і заміною їх бункерами; з подальшою реалізацією принципу блокування на основі об'єднання видобувних і переробних виробництв, об'єднаних єдиною безвідходною технологією.

4.5 Історична довідка

Найбільші зміни технологічного комплексу поверхні шахти зазнали за останнє сторіччя. Це пов'язано з розвитком гірничої, гірничотранспортної техніки і технології, будівельної справи.

В основному до 30-х рр. 20 ст. поверхня шахт відрізнялась значною кількістю невеликих, малої поверховості дерев'яних, виробничих, допоміжних, складських і адміністративно-побутових будівель, розкиданих на великій території. Практично відсутні збагачувальні і дробильно-сортувальні споруди.

Транспортування корисних копалин і пустих гірських порід здійснювалося у вагонетках вручну або за допомогою лебідок; навантаження в залізничні вагони за допомогою тачок і носилок (рис. 4.3).

У 30-ті рр. починається компонування технологічного комплексу поверхні шахти не тільки за горизонтальними, але і за змішаними схемами.

Основні будівлі і споруди зводяться з каменю, металу, залізобетону. З'являються споруди для сортування корисних копалин і збагачувальної фабрики. Загалом завершується механізація всіх технологічних процесів на поверхні.

У ці ж роки починається робота по об'єднанню окремих будівель і споруд в загальні блоки.

У 2-й половині 40-х-початку 50-х рр. створюються індивідуальні проекти поверхні шахт з секційним принципом компонування будівель і споруд та об'єднанням їх у блоки.



Рисунок 4.3 – Технологічний комплекс поверхні шахти в 30- ті роки ХХ ст.

З'являється можливість індустріалізації будівництва будівель із збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення.

Впроваджуються висотні компоувальні схеми.

До середини 50-х рр. розробляються типові проекти поверхні вугільних шахт (виробничою потужністю 600, 900 і 1200 тис. т/рік).

у середині 60-х рр. здійснюється уніфікація об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель і споруд технологічного комплексу поверхні шахти. В результаті істотно спростився технологічний процес на поверхні. Це вдалося досягти за рахунок відмови, у деяких випадках, від бункерів і навантаження вугілля в залізничні вагони без попереднього збагачення корисних копалин, застосування автотранспорту для доставки породи у відвал, багатоканатного підйому і баштових копрів (відмова від будівлі підйомних машин) і інших рішень.

4.6 Технологічний комплекс поверхні

Поверхневий технологічний комплекс шахти – це сукупність технологічних ліній і вузлів, розміщених у будівлях і спорудах на поверхні шахти, що забезпечують роботу її підземного господарства, а також складування, переробку і відправку споживачам корисних копалин.

Поверхневий комплекс займає територію на земній поверхні, яку прийнято називати промисловим майданчиком.

На сучасній шахті поверхневі будівлі і споруди, як правило, згруповані в три блоки:

- блок головного стовбура;
- блок допоміжного стовбура;
- адміністративно-побутовий комбінат.

Крім того, на поверхні шахти розташовуються будівлі і споруди, що не входять у зазначені блоки.

Блок головного стовбура містить у собі: надшахтний копер, надшахтну будівлю з секціями вугільного і породного комплексу, будівлі скіпових підйомних машин, електропідстанцію, будівлю компресорної установки, будівлю котельні.

Блок допоміжного стовбура містить у собі: надшахтний копер; надшахтну будівлю, (секцію обміну вагонеток), будівлю клітьової підйомної машини, будівлю електромеханічної майстерні, матеріальний склад.

4.7 Характерні особливості та призначення основних об'єктів шахтної поверхні

Надшахтний копер споруджується над гирлом кожного стовбура. Він являє собою металеву або залізобетонну конструкцію, призначену для установлення шківів підйомної установки, провідників для напрямку руху підйомних посудин і пристроїв для розвантаження вугілля (породи).

Висота копрів зазвичай становить 15 – 40 м, іноді і більше залежно від висоти приймальної площадки, виду підйому і способу розвантаження підйомних посудин.

Надшахтна будівля розташована над стовбуром шахти і безпосередньо примикає до копра, що є його складовою частиною. Будівля служить для приймання і розподілу вантажів з шахти, навантаження матеріалів, які направляються в шахту, для розміщення шляхів, перекидачів, калориферної установки та іншого обладнання.

На шахтах, де провадиться збагачення і сортування вугілля, до надшахтних будівель примикає будівля збагачувальної фабрики або сортування.

Будинки підйомних машин споруджують поруч зі стовбуром, іноді їх об'єднують з надшахтними будівлями або мають у своєму розпорядженні на копрі. Вони служать для розміщення підйомних машин, які здійснюють підйом і спуск людей, вугілля, породи і матеріалів за допомогою підйомних канатів і судин (скіпи, кліті, бадді).

Котельня призначена для опалення будівель і споруд та обігріву в зимовий час стовбурів шахти калориферною установкою.

Будівля електростанції є найважливішим енергетичним об'єктом шахти.

Електростанція призначена для розподілу електроенергії та зниження напруги з 3000 – 6000 В до 660, 380 і 220 В.

Будівля компресорної станції призначена для розміщення компресорних установок, що живлять стисненим повітрям підземні машини і механізми.

Будівля шахтного вентилятора служить для розміщення вентиляційних установок, які забезпечують провітрювання гірничих виробок.

Будівля холодильної установки призначена для розміщення стаціонарної поверхневої холодильної установки, що служить для охолодження повітря, що подається в шахту.

Будівля дегазаційної установки призначена для розміщення вакуум-насосної станції, за допомогою якої проводиться відсмоктування по спеціальних трубах з вугільних пластів і бокових порід метану з метою зниження багатогазовості шахт, ділянок, окремих гірничих виробок.

Збагачувальна фабрика оснащується необхідним обладнанням, машинами і механізмами, призначеними для збагачення (поліпшення якості) вугілля та поділу його за крупністю.

Навантажувальні бункера – це ємності певних розмірів, які використовують для короткочасного зберігання вугілля і породи. Вони з'єднані з блоком головного стовбура конвеєрною галереєю.

Вугільні (аварійні) склади служать для тимчасового зберігання вугілля при можливій затримці подачі під завантаження залізничних вагонів.

Лісовий склад і деревообробні цехи служать для зберігання і обробки деревини, а також для заготівлі кріпильного лісу.

Породні відвали призначені для складування породи, що видається з шахти.

Шахтна поверхня шахти, яка будується, істотно відрізняється від тієї, що експлуатується.

У період проходки стовбура і прилеглих до нього виробок шахтобудівники прагнуть до того, щоб у низкі випадків застосовувати пересувні будівлі та споруди. Це робиться для досягнення мінімальних витрат часу на їх спорудження і демонтаж. До таких об'єктів належать: будівлі підйомних машин і лебідок (у вигляді вагончиків), компресорна станція, побутовки робітників.

4.8 Навколостовбурний двір

Навколостовбурний двір служить для забезпечення організованого й ефективного пропуску всього вантажу, що видається з шахти на поверхню (корисних копалин, гірської породи), а також прийому з поверхні вагонеток з кріпильними, закладними та іншими матеріалами і обладнанням.

Навколостовбурні двори класифікують за такими основними ознаками:

- типом транспортних засобів, схемами руху вантажних потоків;
- напрямком надходження вантажів;
- кількості транспортних виробок і рейкових шляхів;
- типом підйому і підйомного обладнання.

За типом транспортних засобів навколостовбурні двори підрозділяються на:

- локомотивні (для вагонеток з глухим кузовом і донним розвантаженням);
- конвеєрні, з яких найбільше поширення на діючих шахтах отримали локомотивні навколостовбурні двори для вагонеток з глухим кузовом;
- у проектах нових і реконструйованих шахт – локомотивні навколостовбурні двори для вагонеток з донним розвантаженням.

За схемами руху вантажопотоків розрізняють навколостовбурні двори:

- кругові;
- петльові;
- човнокові;
- тупикові.

На шахтах переважно застосовуються кругові і петльові навколостовбурні двори, які характеризуються більш простими (у порівнянні з човноковими і тупиковими) маневрами, більшою компактністю і простішою прив'язкою до конкретних гірничо-геологічних умов.

У напрямку надходження вантажів розрізняють односторонні та двусторонні навколостовбурні двори.

За кількістю транспортних виробок і рейкових шляхів виділяють навколостовбурні двори з однією прямолінійною багатокільною виробкою і кількох одно- або двокільних виробок.

За типом підйому і підйомного обладнання розрізняють навколостовбурні двори для вертикального підйому і підйому по похилих стовбурах.

У свою чергу, навколостовбурні двори для підйому першого виду поділяються на клітьові і скіпо-клітьові; другого – на конвеєрні, скіпові, для підйому двома кінцевими канатами в вагонетках з донним розвантаженням.

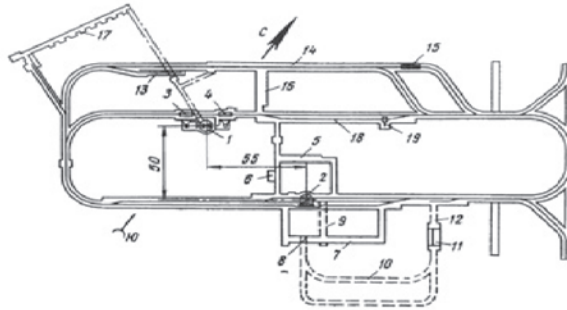


Рисунок 4.4 – Схема кругового околоствольного двору для вугільної шахти:
 1 – скіповий стовбур; 2 – клітьовий стовбур; 3 і 4 – вугільна і породна розвантажувальні ями; 5 – камера очікування; 6 – камера медпункту;
 7 – камера центральної електростанції; 8 – камера головного водовідливу;
 9 – водотрубний ходок; 10 – водозбірник; 11 – камера освітлюючих резервуарів;
 12 – камера зневоднюючої установки; 13 – депо протипожежного поїзда;
 14 – гараж-зарядна; 15 – ремонтна майстерня; 16 – камера випрямної підстанції; 17 – склад ВМ; 18 – шлях для стоянки пасажирського складу;
 19 – санузел

На шахтах України найбільш поширені скіпо-клітьові навколостовбурні двори.

Загальними недоліками локомотивних навколостовбурних дворів для вагонеток з глухим кузовом є складність маневрових операцій з подачі вагонеток до місця розвантаження, розформування і сортування змішаних складів, зустрічний рух поїздів по окремих виробках, значний обсяг гірничих робіт, велика кількість змін ходу, висока трудомісткість робіт з причеплення – розчеплення складів.

Застосування принципово нових типів шахтних вагонеток з донним двостороннім розвантаженням дозволило створити більш сучасні схеми навколостовбурних дворів, що забезпечують потокову схему руху транспорту без розчеплення складів, високу пропускну здатність.

Скіпові гілки таких навколостовбурних дворів виконуються спільними для породи і вугілля, що виявляється можливим у зв'язку з донним розвантаженням вугільних і породних вагонеток.

Технологічні схеми навколостовбурних дворів з конвеєрною доставкою відрізняються простотою. В них відсутні маневри з навантаженими і пустими

складами вагонеток, корисні копалини більш рівномірно безперервним потоком надходять в навколостовбурні двори, скорочується чисельність обслуговуючого персоналу і загальний обсяг навколостовбурних виробок.

Місткість скіпових вугільних (вантажних і порожнякових) технологічних гілок навколостовбурних дворів:

- зі звичайною технологією 1,5 – 2 склади;
- з потоковою технологією – 1 склад.

Пропускна здатність навколостовбурних дворів при використанні:

- вагонеток з глухим кузовом 4 тис. т/добу. ;
- то ж, при потоковому русі складів 6 тис. т/добу;
- вагонеток з відкидним днищем 10 тис. т/добу; при конвеєрному транспорті до 30 тис. т/добу (визначається продуктивністю конвеєра).

За кордоном найбільш поширені навколостовбурні двори з потоковою схемою руху складів. Пропускна здатність їх 4 – 10 тис. т/добу.

За основний напрямок відкатних виробок навколостовбурного двору приймають гілку клітьового стовбура, яка збігається з напрямком осі клітей, а гілка скіпового стовбура й обгонні виробки розташовуються переважно паралельно клітьовій гілці.

Основні відмінні ознаки навколостовбурних дворів:

- розташування клітьової гілки по відношенню до магістральної виробки (паралельні, перпендикулярні, діагональні);
- кількість напрямків підходу вантажів;
- характер руху вагонеток.

Розрізняються навколостовбурні двори тим, що:

- кругові вагонетки входять і виходять за межі навколостовбурного двору однієї і тієї ж лобової стінки;
- човнокові вагонетки входять однією лобовою стінкою, а виходять іншою.

У човнокових навколостовбурних дворах вугілля може транспортуватися не тільки в вагонетках, а й конвеєрами і безпосередньо надходити в бункер скіпового підйому.

Породу, матеріали та інші вантажі перевозять у вагонетках або монорейковим транспортом.

Найбільшого поширення набули кругові навколостовбурні двори з перпендикулярним або паралельним розташуванням транспортних виробок по відношенню до головного магістрального штреку або квершлягу.

Навколостовбурні двори з круговим рухом вагонеток можуть бути з двостороннім або одностороннім надходженням складів. В останньому випадку

навколостовбурний двір, в якому вантажна гілка головного стовбура є продовженням квершлягу, називається петльовим.

Вибір типу навколостовбурного двору визначається цілою низкою чинників, у т.ч. .:

- кутом падіння пластів;
- їх кількістю і відстанню між ними;
- способом розкриття шахтного поля;
- стійкістю гірських порід, в яких передбачається споруджувати навколостовбурний двір.

Крім того, враховується економічність прив'язки того чи іншого типу навколостовбурного двору в конкретній схемі розкриття. Мінімальний його обсяг досягається в тому випадку, коли клітьова гілка є одночасно частиною магістральної виробки. Крім протяжних виробок у навколостовбурному дворі передбачається спорудження різних камер.

Навколостовбурні двори функціонують протягом всього терміну служби шахти. Об'єм навколостовбурних виробок може становити до 20 тис.м³.

Контрольні питання до 4 розділу

- 1. Перерахуйте функції технологічного комплексу поверхні.*
- 2. Які фактори впливають на планування поверхні?*
- 3. Які об'єкти шахтної поверхні входять в технологічний комплекс?*
- 4. Допоміжні будівлі та споруди в технологічному комплексі.*
- 5. Призначення адміністративно-побутового комбінату.*
- 6. Призначення основних об'єктів шахтної поверхні.*
- 7. Класифікація навколостовбурних дворів.*
- 8. Назвіть і відзначте на рис 4.2 основні будівлі та споруди поверхневого комплексу.*

5. ГІРНИЧА ТЕРМІНОЛОГІЯ

Навчальні цілі: Спираючись на матеріал розділу, студент повинен чітко знати і застосовувати гірничу термінологію, як основу основ підземної розробки родовищ

5.1 Елементи залягання корисних копалин

Пластом прийнято називати геологічне тіло, складене однорідною осадовою породою, обмежене двома приблизно паралельними поверхнями, яке займає значну площу.

Пласт має три виміри: довжину, ширину і товщину, які називають відповідно простягання падіння і потужність.

Лінією простягання називають лінію, що утворюється при перетині поверхні (покрівлі або підшви) пласта з горизонтальною площиною.

Падіння пласта або його нахил до горизонтальної площини вимірюється кутом падіння α , утвореним лінією падіння та її проекцією на цю площину.

За кутом падіння пласти поділяють на чотири групи:

- пологі – з кутом падіння до 18° ;
- похилі – від 19° до 35° ;
- крутопохилі – від 36° до 55° ;
- круті – від 56° до 90° .

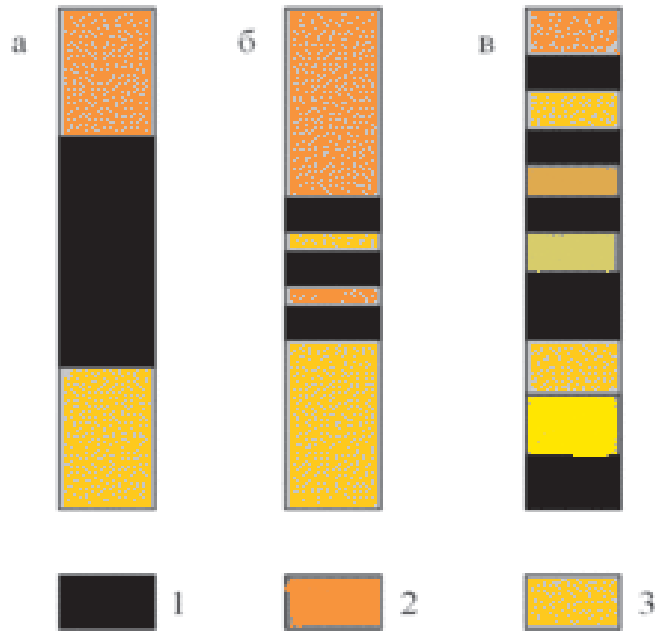
Вище і нижче вугільного пласта залягають вміщуючі гірські породи. Товща порід, що залягає над пластом корисної копалини, називається **покрівлею** пласта, а яка залягає під пластом – **підшвою** пласта.

Відстань між **підшвою** і покрівлею пласта по нормалі називається потужністю пласта m . За потужністю пласти поділяють на чотири групи:

- дуже тонкі – потужністю до 0,7 м;
- тонкі – від 0,71 м до 1,2 м;
- середньої потужності – від 1,21 м до 3,4 м;
- потужні – понад 3,5 м.

Розрізняють пласти простої і складної будови. Пласт простої будови складається з корисних копалин. У пласті складної будови вугілля розділяється на окремі шари (пачки) прошарками породи.

Пласти складної будови мають повну і корисну потужність. Потужність пласта разом з розташованими в ньому прошарками породи називають повною потужністю. Корисна потужність пласта дорівнює його повній потужності за вирахуванням суми потужностей всіх прошарків породи.



*Рисунок 5.1 – Будова вугільного пласта:
а – простий; б – складний; в – вельми складний;
1 – вугілля; 2, 3 – порода*

Сумарну потужність пачок корисних копалин і прошарків породи, що фактично виймають при розробці, називають вийманою потужністю пласта. Частина пласта, що виходить на земну поверхню або знаходиться неглибоко від неї під насосами, називають виходом пласта.

Кілька пластів кам'яного вугілля, що залягають в певній товщі вміщуючих порід, складають світу.

5.2 Розміри перерізів виробок

Розміри поперечного перерізу виробки визначаються габаритами підйомних посудин або транспортного устаткування (кліті, скіпи, вагонетки, електровози, конвеєри та ін.), необхідними зазорами між кріпленням і зазначеним устаткуванням, а також кількістю повітря, яке повинно проходити виробкою. Необхідно, щоб площа поперечного перерізу виробок забезпечувала б переміщення по ним повітря зі швидкостями не більше гранично допустимих: в

стовбурах, призначених тільки для спуску і підйому вантажів – 12 м/с; у стовбурах, використовуваних для підйому людей, квершлагах, відкатних та вентиляційних штреках, капітальних і панельних бремсбергах і ухилах – 8 м/с; у всіх інших гірничих виробках, пройдених по вугіллю і породі – 6 м/с; у робочому просторі очисних вибоїв – 4 м / с.

У вертикальних стовбурах додатково враховуються розташування і кількість підйомних посудин, наявність іншого обладнання (сходове відділення, трубопроводи, електрокабелі і ін.), а в горизонтальних і похилих виробках – кількість рейкових шляхів.

Площа перерізу виробки, яка визначається за внутрішнім утворюючим кріплення, називається площею перерізу у світлі. Площа поперечного перерізу круглих стовбурів у світлі характеризується діаметром стовбура, який приймається від 4 м до 8,5 м з інтервалом 0,5 м (площа перерізу від 12,6 м² до 56,7 м²). Мінімально допустима площа поперечного перерізу горизонтальних і похилих виробок становить 3,7 м². Окремі виробки мають площу перерізу 20 м²–25 м².

Для полегшення визначення розмірів поперечного перерізу виробок на виробництві та при проектуванні, а також для типізації параметрів, які характеризують виробку, проектними організаціями розроблено типові перерізи різних горизонтальних і похилих гірничих виробок з урахуванням особливостей розробки родовищ, різних видів кріплення і застосовуваного транспортного устаткування.

5.3 Шахтне поле

Частина родовища, відведена для розробки однієї шахті, називається шахтним полем.

Межами шахтного поля є умовні поверхні, що обмежують його за простяганням і падінням. У разі негоризонтального залягання родовища зазвичай розрізняють межу за підняттям (верхня межа), падінням (нижня межа) і простяганням (бічні межі).

На маркшейдерських планах проводять також вертикальний розріз шахтного поля вхрест простягання порід. Пласти вугілля або поклади викреслюють з дотриманням їхнього справжнього кута падіння.

При невитриманих елементах залягання пласта або коли в межах родовища є великі геологічні порушення або шахтні поля діючих шахт, шахтні поля можуть мати найрізноманітнішу конфігурацію. Їх межі в даному випадку є фіксованими.

Шахтне поле характеризується розмірами: довжиною за простяганням і глибиною.

Довжина шахтного поля за простяганням може досягати 20 км, за падінням 4 км – 5 км, а найбільш поширені відповідно 6 км – 7 км і 2 км – 3 км.

Шахтні поля з усіма розташованими в їх межах виробками зображують на **маркшейдерських планах**: при пологому, похилому і круто-похилому заляганні пластів у вигляді проекції на горизонтальну площину; при крутому – на вертикальну площину. З цього випливає, що довжина похилих виробок на планах, як правило, виявляється зменшеною.

Тільки горизонтальні виробки, нанесені на плани, мають неспотворену довжину. Можлива проекція і на площину, паралельну пласту; в цьому випадку всі виробки наносяться без спотворення їх розмірів.

Якщо родовище розробляють тільки однією шахтою, то його форма зумовлює конфігурацію шахтного поля, а межі родовища і шахтного поля приблизно збігаються. У разі поділу родовища на шахтні поля, при витриманих елементах залягання пластів шахтному полю по можливості надають форму прямокутника, витягнутого за простяганням. В цьому випадку межі шахтного поля, а отже, і його розміри встановлюються проектувальниками на підставі техніко-економічних розрахунків.

На маркшейдерські плани і на плани гірничих робіт зазвичай наносять і ізогіпси пласта, які являють собою лінії перерізу підосви (або покрівлі) пласта з подумки проведеними на однаковій відстані одна від одної горизонтальними площинами. Відстань між площинами, отже, і між ізогіпсами по вертикалі h приймають залежно від кута падіння, складності форм залягання родовища і прийнятого масштабу. Отже, чим більше кут падіння пласта, тим ближче розташовуються ізогіпси одна від одної, і навпаки.

Ізогіпса підосви ґрунту пласта зумовлює напрямок штреків, що проводяться по пласту. За ізогіпсами зазвичай проводять нижню і верхню межі шахтного поля.

5.4 Запаси шахтного поля

У межах шахтного поля розрізняють: **геологічні, балансові та забалансові** запаси корисних копалин.

Геологічними називають загальну кількість запасів корисних копалин родовища.

Балансовими називають такі запаси, розробка яких економічно доцільна; за якістю корисної копалини вони відповідають вимогам їх промислового вико-

ристання, а за кількістю та умовами залягання придатні для добування при сучасному рівні техніки і технології.

Позабалансові запаси не відповідають чинним кондиціям по потужності й якості, проте їх слід розглядати як об'єкт освоєння в майбутньому, у міру розвитку техніки, технології видобутку і переробки корисних копалин.

Балансові запаси рівні геологічним за вирахуванням позабалансових запасів.

До позабалансових відносять запаси, які зосереджені в пластах неробочої потужності і вугілля має високу зольність, понадлімітний вміст сірки або залягає на глибині, недоступній для розробки з використанням існуючої технології.

Запаси корисних копалин залежно від їх вивченості поділяються на чотири категорії: **A, B, C₁ і C₂**.

До категорії **A** відносяться запаси, детально розвідані і вивчені за допомогою гірничих виробок: є повні дані про якість корисних копалин.

До категорії **B** відносяться запаси, які розвідані і вивчені в меншій мірі, ніж запаси категорії **A**. Запаси цієї категорії оконтурені розвідувальними виробками, що дозволяють з'ясувати основні особливості залягання й якість корисних копалин без поділу їх на кондиційні та некондиційні. Кондиції пластів встановлюються залежно від їх потужності, марки і зольності вугілля, району розташування родовища, кута падіння пластів та інших факторів.

До категорії **C₁** відносяться запаси, які встановлені на підставі даних окремих розвідувальних виробок, геологічних і геофізичних зйомок; умови залягання і якість корисних копалин вивчені в загальних рисах.

До категорії **C₂** відносяться запаси, оцінені тільки за геологічними даними.

Будівництво нової шахти допускається в тому випадку, коли запаси категорії **A + B** складають більше 50% загальних запасів шахтного поля, а інша частина відноситься до категорії **C₁**.

При розробці шахтного поля не всі балансові запаси можуть бути видані на поверхню. Частина їх залишається в надрах і становить втрати. Величина втрат оцінюється у відсотках або виражається у вигляді коефіцієнта втрат, що являє собою відношення кількості втрачених корисних копалин до їх балансових запасів.

Втрати корисної копалини прийнято розділяти на три групи:

1. Втрати в запобіжних і бар'єрних ціликах названі **загальношахтними**. Запобіжні цілики запобігають шкідливому впливу гірничих робіт на штучні та природні об'єкти на поверхні або на гірничі виробки. Бар'єрні цілики ізолюють шахтні поля, оберігають діючі гірничі виробки від прориву в них поверхневих

або підземних вод, а також газів або замульовані пульпи з виробленого простору або ліквідованих гірничих виробок.

2. Втрати, пов'язані з **геологічними порушеннями** пластів і навколишніх порід і **гідрогеологічними умовами**, які не дозволяють вести нормальне відпрацювання ділянок.

3. Втрати **експлуатаційні**, які містять втрати по площі (не виїняті частини ціликів у підготовчих виробках, в очисному просторі і на межах виїмкових дільниць) і по потужності пласта (пачки вугілля, залишені в покрівлі, підосві або між шарами пласта в очисних і підготовчих виробках); втрати від неправильного ведення гірничих робіт (цілики, що залишаються внаслідок обвалів або затоплення виробок; протипожежні цілики, що ізолюють окремі частини шахтного поля одна від одної; опорні цілики, що тимчасово утримують породи покрівлі пласта від обвалення у вироблений простір); втрати відбитого вугілля в результаті неповної видачі його з очисного вибою, при вибухових роботах, при транспортуванні по виробках.

Частина балансових запасів, яка може бути видана на поверхню при розробці родовища, називається **промисловими запасами**, вони рівні балансовим за вирахуванням втрат.

Кількість корисної копалини, що видобувається з родовища, оцінюється коефіцієнтом вилучення C , який показує, яку частину балансових запасів видають на поверхню. Величина C залежить від гірничо-геологічних умов, особливо від потужності і кута падіння пласта, цінності корисної копалини, глибини розробки, технології ведення гірничих робіт, і коливається в межах 0,8 – 0,9.

Промислові запаси шахтного поля, що має форму правильного прямокутника, можна орієнтовно підрахувати за формулою, т:

$$Z = S H \Sigma m p C, \quad (5.1)$$

де S і H – розміри шахтного поля відповідно за простяганням і падінням, м;

Σm – сумарна потужність робочих пластів, м;

p – середня щільність корисної копалини, т / м³.

При орієнтовних розрахунках можна приймати середню щільність антрациту 1,6 т/м³, кам'яного вугілля – 1,35 т/м³, бурого вугілля – 1,2 т/м³.

Добуток потужностей пласта на середню щільність вугілля називають **продуктивністю пласта**, т/м²,

$$P = m p \quad (5.2)$$

Продуктивність пласта – це маса вугілля (в тоннах) в призмі, площа основи якої 1 м^2 і висота дорівнює потужності пласта, м.

За ступенем підготовленості до видобування промислові запаси поділяються на **розкриті, підготовлені та готові до виймання**.

Розкриті запаси – частина промислових запасів, для розробки яких не потрібно додаткового проведення капітальних гірничих виробок (стовбурів, штолень, капітальних квершлагів, бремсбергів), тобто виробок, що проводяться за рахунок капітальних вкладень і зарахованих на баланс основних фондів підприємства.

Підготовчі запаси – частина розкритих запасів, які оконтурені основними виробками і не вимагають для подальшої їх підготовки до очисного виймання проведення додаткових підготовчих виробок.

Готовими до виймання запасами вважають частину підготовлених запасів, для отримання яких проведені всі підготовчі та нарізні виробки і закінчені роботи з підготовки очисних вибоїв.

5.5 Основні параметри шахти

Шахта, як гірниче підприємство, характеризується **якісними і кількісними** параметрами.

Якісні характеристики містять відомості, які визначають принципові особливості підприємств і можуть бути виражені лише шляхом їх опису, наприклад, спосіб розкриття та підготовки шахтного поля.

Кількісні характеристики (параметри) шахти висловлюють за допомогою чисел. До основних кількісних параметрів відносять виробничу потужність, термін служби, балансові і промислові запаси, розміри шахтного поля за протяганням і падінням.

Розрізняють виробничу та проектну потужності шахти.

Виробнича потужність шахти A – максимально можливий в реальних умовах видобуток корисної копалини встановленої якості в одиницю часу (добу, рік), яка визначається виходячи з умов виробництва в аналізованому періоді на основі найбільш повного використання устаткування, раціонального режиму роботи, ефективної технології та організації виробництва при дотриманні вимог безпеки і правил технічної експлуатації.

Проектна потужність – потенційно можливий обсяг видобутку вугілля, передбачений затвердженим проектом і відповідний закладеним рішенням з техніки, технології та організації робіт; вимірюється в т/рік або т/добу.

Термін служби T підприємства – час, протягом якого будуть вилучатись промислові запаси. Отже, між основними параметрами вугільної шахти існує залежність:

$$T = Z / A, \quad (5.3)$$

тобто при постійних запасах зі збільшенням проектної потужності шахти термін служби її зменшується.

Зі збільшенням проектної потужності шахти обсяг капіталовкладень при її будівництві, віднесених до 1 т промислових запасів, зростає, експлуатаційні ж витрати, які пов'язані з обслуговуванням підйому, водовідливу, утриманням адміністративно-господарського апарату, через скорочення терміну служби шахти, навпаки, зменшуються. Тому A і T вибирають такими, щоб собівартість 1 т видобутого вугілля була найменша. Такій мінімальній собівартості 1 т вугілля відповідає область оптимальних, найвигідніших значень проектної потужності шахти.

Зниження собівартості 1 т вугілля досягається і зменшенням капітальних витрат на будівництво шляхом застосування раціональних способів розкриття, систем розробки, технологічного комплексу на поверхні, а також за рахунок інтенсифікації та концентрації гірничих робіт і забезпечення високої продуктивності праці на базі застосування досконалих машин, обладнання й автоматизації, сучасних методів організації виробництва, всебічної економії матеріалів, електроенергії та ін.

Фактична виробнича потужність діючих у даний час шахт коливається в широких межах. Поряд з великими шахтами, добовий видобуток яких досягає 20 тис.т, працюють і невеликі шахти з видобутком 1000 т/добу.

Більш потужні шахти забезпечують найкращі показники продуктивності праці і собівартості вугілля. Тому в даний час рекомендується будувати великі шахти з досить великим терміном служби. Термін служби шахт виходить як похідна величина при обґрунтуванні потужності шахти і запасів її поля.

Протягом всього терміну служби підприємства виділяються такі характерні етапи: будівництво і введення в експлуатацію, освоєння проектної потужності, стабільна робота, підготовка нових горизонтів (або реконструкція): загасання видобутку і вибуття потужності.

Проектну потужність вугільних шахт і розміри шахтних полів обґрунтовують техніко-економічними розрахунками з урахуванням новітніх досягнень науки, техніки і передового досвіду.

Виробнича потужність шахти не є величиною постійною. При зміні гірничо-геологічних умов, технічного прогресу, можливої реконструкції вона змінюється в часі, іноді в досить широких межах.

5.6 Стадії розробки родовища

Корисна копалина найчастіше залягає глибоко під землею. Тому щоб приступити до її вилучення, необхідно детально розвідати місце залягання, розробити проект, в якому передбачити спосіб розкриття та підготовки шахтного поля, побудувати гірниче підприємство і здати його в експлуатацію.

Розкриттям називають забезпечення доступу з поверхні до родовища шляхом проведення гірничих виробок для створення умов підготовки корисної копалини до виймання.

Мета розкриття родовища – створення транспортних зв'язків між очисними вибоями (видобуток вугілля) і пунктом прийому його на поверхні, забезпечення умов для безпечного переміщення людей, а також комфортних умов на робочому місці. При цьому транспортні зв'язки розуміються в широкому сенсі, тобто транспортування гірничої маси і допоміжних вантажів; перевезення людей до робочих місць і назад; збір води в шахті і відкачування її на поверхню; подання свіжого повітря до очисних та підготовчих вибоїв, відведення забрудненого повітря й ін.

Розкривні виробки діляться на головні та допоміжні.

До **головних** відносяться виробки, що мають безпосередній вихід на поверхню (стовбури, штольні).

До **допоміжних** – що не мають безпосереднього виходу на поверхню (квершлага, сліпі стовбури, гезенки).

Підготовкою називають проведення підготовчих виробок після розкриття шахтного поля, що забезпечує умови для ведення очисного виймання.

Очисне виймання – комплекс робіт з вилучення корисних копалин в очисному вибої. Очисне виймання становить сутність підземної розробки і містить комплекс процесів по відділенню корисних копалин від масиву, доставки його до місць навантаження в транспортні засоби, кріпленню і підтримки виробленого простору та ін.

Однією з особливостей технології видобутку корисних копалин є безперервність переміщення робочого місця, яка забезпечується систематичним відтворенням фронту очисних вибоїв шляхом проведення підготовчих і нарізних виробок.

Таким чином, очисне виймання і відтворення фронту очисних вибоїв, що забезпечується проведенням підготовчих і нарізних виробок, які передбачені прийнятою системою розробки, є взаємопов'язаним, єдиним процесом.

Сукупність робіт з розкриття, підготовки родовища і виймання вугілля називають **підземною розробкою родовища**.

При розробці родовищ повинні бути забезпечені такі основні вимоги:

1) застосування найбільш раціональних і ефективних методів видобутку основних і спільно з ними залягаючих корисних копалин, недопущення понаднормативних втрат корисних копалин;

2) здійснення дорозвідки родовищ корисних копалин та інших геологічних робіт, виконання маркшейдерських робіт, а також ведення робіт, передбачених технічною документацією;

3) облік стану і руху запасів і втрат корисних копалин;

4) недопущення порушеності розроблюваних і сусідніх з ними родовищ корисних копалин в результаті проведених гірничих робіт, а також збереження запасів корисних копалин, що консервуються в надрах;

5) збереження і облік водночас видобуваних, тимчасово невикористовуваних корисних копалин, а також відходів виробництва, що містять корисні компоненти;

6) раціональне використання відходів виробництва, а також правильне їх розміщення;

7) безпека для життя і здоров'я працівників та населення, охорона надр та інших об'єктів навколишнього природного середовища, будівель і споруд; розробка і затвердження планів ліквідації аварій.

Контрольні питання до 5 розділу

1. На які групи ділять пласти за кутом падіння і потужності пласта?

2. Як визначають розміри перерізів виробок?

3. Що називається шахтним полем?

4. Які існують запаси шахтного поля і як їх визначити?

5. Які бувають втрати вугілля в шахтному полі?

6. Назвіть основні параметри шахти?

7. Перерахуйте стадії розробки родовища

8. Які основні вимоги висувають при розробці місця-залягання корисних копалин

9. Які порушення неприпустимі при проектуванні та розробці корисних копалин?

10. Проаналізуйте кількісні та якісні параметри шахти з точки зору бізнес-інжинірингу

6 ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу студент повинен знати основні фізико-механічні властивості гірських порід, основні способи руйнування гірських порід; які застосовуються форми поперечного перерізу гірничих виробок

6.1 Основні фізико-механічні властивості гірських порід

Нижче подано терміни, визначення та короткі характеристики основних фізико-механічних властивостей гірських порід, що роблять найбільш сильний вплив на процес їх руйнування.

До таких властивостей гірських порід слід віднести їх твердість, абразивність, пружність, крихкість, пластичність, пористість, щільність, тріщинуватість, стійкість.

Твердість характеризує здатність гірської породи чинити опір впровадженню в неї різця, пуансона або іншого твердого тіла. Твердість породи в цілому (агрегатна твердість) відрізняється від твердості складаючих її мінералів.

Абразивність гірських порід – це особлива властивість порід, що виражається в здатності зношувати породоруйнівний інструмент в процесі буріння.

Пружність гірських порід – здатність породи відновлювати первинну форму і об'єм після припинення дії зовнішніх зусиль.

Крихкість гірських порід – здатність гірської породи руйнуватися без помітної пластичної деформації під дією зовнішніх зусиль.

Пластичність гірських порід – здатність породи невідворотно змінювати, без порушення цілісності, свою форму і розміри під дією зовнішніх зусиль; найчастіше проявляється в умовах всебічного стиснення породи.

Встановлено, що гірські породи, що володіють високими пружно-пластичними властивостями, розбурюються повільніше, ніж пружно-крихкі породи.

Пористість гірських порід – наявність в породи пустот (пор); оцінюється коефіцієнтом пористості, що є відношенням сумарного об'єму пір і пустот у породи до об'єму породи.

До основних фізичних властивостей гірських порід відносяться щільність порід і щільність твердого компонента породи.

Щільністю породи називається маса одиниці об'єму породи з природною вологістю і непошкодженою будовою.

Стійкість гірських порід – здатність породи тривалий час зберігати попередню позицію, при розкритті її в масиві (при бурінні свердловин, проходці стовбурів і інших гірничих виробок); залежить від умов залягання, характеру зв'язку між частинками породи, тріщинуватості та ступеня вивітрювання.

При бурінні в слабостійких породах руйнуються стінки свердловини, знижується вихід керна, підвищується знос бурових коронок і знижується швидкість буріння.

Тріщинуватість гірських порід – сукупність в породі тріщин особистого походження та різних розмірів. Наявність тріщинуватості зменшує міцність породи, але збільшує її абразивність.

Вологоємність гірських порід – здатність породи утримувати ту чи іншу кількість вологи.

Водопроникність гірських порід – здатність породи пропускати воду за наявності перепаду тисків.

Водопоглинання гірських порід – здатність сухої породи вбирати воду при дотриманні її в воді при атмосферному тиску і кімнатній температурі; визначається як відношення різниці в масах вільно насиченого і сухого зразків породи до маси сухого зразка.

Зернистість гірських порід – сукупність розташування частинок в породі, які можуть відрізнятися за своєю внутрішньою будовою, формою і розміром. Розрізняють породи дрібно- середньо- і грубозернисті.

Шаруватість гірських порід – повторювана в розрізі неоднорідність опадів: за складом, крупністю зерна, забарвленістю та іншими особливостями.

Межа міцності при стисненні – максимальна величина стискаючого напруження, яку відчуває порода в мить руйнування зразка; визначається як відношення навантаження, яке руйнує зразок, до первісної площі його поперечного перерізу.

Межа міцності при розтягуванні – максимальне розтяжне напруження, яке відчуває порода в мить руйнування зразка; визначається як відношення навантаження, яке руйнує зразок, до первісної площі його поперечного перерізу.

Межа міцності при сколюванні – максимальне сколююче напруження, яке відчуває порода в мить руйнування зразка; визначається як відношення навантаження, яке руйнує зразок, до площі зсуву.

Межа міцності при вигині – максимальне вигинаюче напруження, яке відчуває порода в мить руйнування зразка; визначається як відношення вигинального моменту, що руйнує зразок, до моменту опору відповідного перерізу.

Руйнівна напруга – міра внутрішніх сил у деформівній породі, яка викликає її руйнування.

Питома контактна робота руйнування – повна робота руйнування, віднесена до площі контакту різця алмазу шарошки з породою.

Значний вплив на руйнування гірських порід при бурінні надає такий показник, як тимчасовий опір стиску. Дослідним шляхом встановлено, що рівні за визначенням тимчасового опору деяких гірських порід стиску, розтягу і сколюванню показують, що межа міцності порід при сколюванні в 6 – 12 разів менше міцності при стисненні.

У свою чергу межа міцності при розтягуванні в 1,5 – 2 рази менше опору на сколювання.

6.2 Руйнування гірських порід

6.2.1 Загальні відомості

Руйнування гірських порід – це порушення суцільності природних структур гірських порід (мінеральних агрегатів, масивів гірських порід) під дією природних і штучних сил.

Руйнування – складний фізичний або фізико-хімічний процес, характер розвитку якого залежить від величини і швидкості прикладання навантаження, напруженого стану об'єкта, його міцності і структурних властивостей. Відповідно до цього руйнування може протікати на мікро- і макроскопічному рівнях.

Мікроскопічне руйнування (розміри зони руйнування до 1 мм) виникає в місці контакту руйнуючого елемента з породою і супроводжується розривом зв'язків між зернами або порушенням хімічних зв'язків у кристалі, мікротріщинами, зрушенням вздовж поверхонь ковзання.

Макроскопічне руйнування (розміри зон руйнування 1 см і більше) характеризується розвитком однієї або багатьох тріщин, що порушують суцільність масивів у значних обсягах.

У всіх випадках руйнування починається з процесу на мікроскопічному рівні, при певних умовах набуває макроскопічні масштаби.

Природне руйнування відбувається в результаті гравітаційних (зсуви, осідання ґрунтів, обвали, осипи), вулканічних, глибинних, тектонічних процесів, вивітрювання інших природних процесів і явищ.

На гірничих об'єктах природне руйнування супроводжується обваленням підземних гірничих виробок, бортів кар'єру тощо і являє собою негативний

фактор, вплив якого знижують вибором спеціальних технологічних схем ведення робіт, кріпленням виробок, закріпленням ґрунтів і т.д.

З іншого боку, порушення суцільності підземних товщ (наприклад, під дією гірського тиску) спрощує процеси виймання, а руйнування породних товщ інтенсифікує дегазацію гірських порід.

Штучне (примусове) руйнування – основний процес технології видобутку і переробки твердих корисних копалин; здійснюється в результаті механічного або вибухового впливу на гірські породи, в меншій мірі – гідравлічного, вибухо-гідравлічного, термічного, електричного, електромагнітного, комбінованого.

При цьому руйнівні навантаження носять квазістатичний характер (швидкості їх застосування вимірюються одиницями або десятками м/с) і виникають вони при бурінні, різанні, механічному дробленні, або динамічний (сотні і тисячі м/с) – при ударному і вибуховому руйнуванні.

Руйнування при бурінні свердловин має ряд особливостей і відбувається шляхом відділення від масиву частинок різної крупності в межах площини вибою при наявності тільки однієї оголеної поверхні і зростанні з глибиною впливу гірського тиску.

Найбільшого поширення набув **механічний** спосіб буріння, при якому руйнування має об'ємний втомний або поверхневий характер. У першому випадку, коли напруги в породі перевищують межу її міцності, порода руйнується на деяку глибину, яка зберігається при переміщенні породоутворюючих елементів по вибою і може перевищувати їх впровадження.

Об'ємне руйнування найбільш ефективно, бо вимагає найменших питомих витрат енергії.

Втомне руйнування відбувається при контактних напруженнях менших, ніж міцність породи, і настає після багаторазового впливу навантажень в результаті утворення і поступового розвитку в породі мікротріщин. При ще менших значеннях напруг відбувається поверхнєве руйнування, коли породоутворюючі елементи, переміщаючись по вибою без впровадження, стирають породу. Такий процес найменш ефективний, бо веде до інтенсивного зносу інструменту і відрізняється високими питомими енерговитратами.

6.2.2 Основні способи руйнування гірських порід

У даний час відомі **механічні, фізико-хімічні, термічні, термомеханічні** та інші способи руйнування гірських порід.

При **механічних** способах у породах створюються напруження, які перевищують межу їх міцності.

При **термічних** способах руйнування порід відбувається за рахунок виникнення в них термічних напружень і різного роду ефектів (дегідратація, дисоціація, плавлення, випаровування і т.д.).

При **термомеханічних** способах тепловий вплив здійснюється цілеспрямовано для попереднього зниження опірності породи подальшому механічному руйнуванню.

Хімічні (фізико-хімічні) способи руйнування порід передбачують використання високоактивних хімічних речовин.

При механічному способі руйнування в породи створюються дуже значні місцеві напруження, що призводять до їх руйнування.

При бурінні породи руйнуються в основному за рахунок стиснення і сколювання.

Механічний спосіб буріння представлений двома основними видами:

- ударним бурінням;
- обертальним бурінням.

При ударному бурінні порода руйнується під дією ударів буровими клиновими наконечниками, які називаються долотами.

При обертальному бурінні порода зрізається або роздавлюється і стирається у вибої спеціальними ріжучими та дроблячими долотами або різцями коронок.

Ударне буріння в свою чергу поділяється на штангове і канатне. У першому випадку бурові наконечники опускаються в свердловину і приводяться в дію металевими стрижнями – штангами, у другому – канатом.

Ударне буріння на штангах може проводитися з промиванням вибою свердловини або без промивання.

Руйнування породи при ударному бурінні здійснюється по всій площі поперечного перерізу свердловини; такий спосіб називається бурінням суцільним вибоєм.

При механічному обертальному бурінні різанням до породоруйнівного інструменту (алмазні, твердосплавні коронки, долота) прикладають крутний момент і зусилля подачі.

Потужність, що передається породоруйнівному інструменту, зростає зі збільшенням частоти обертання бурового снаряду, осьового навантаження і опору породи руйнуванню.

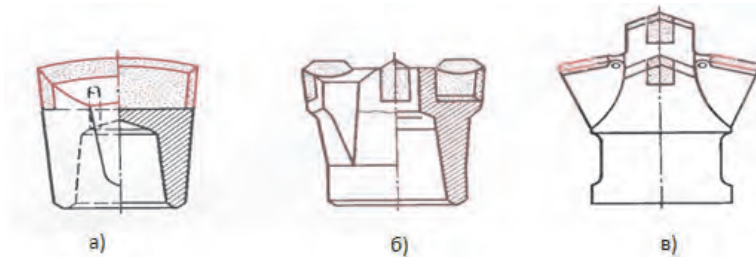
Граничними умовами є міцність коронок, колонкових і бурильних труб, з одного боку, і фізико-механічні властивості порід – з іншого.

При бурінні різанням з накладенням ударів (ударно-обертальне буріння) до породоруйнівного інструменту докладені зусилля подачі, крутний момент і ударні імпульси певної частоти і сили.

Бурові коронки показано на рис. 6.1 і 6.2.



Рисунок 6.1 – Бурова коронка для гідрударного (ударно-обертального) буріння



*Рисунок 6.2 – Бурові коронки для буріння шпурів і підричних свердловин:
а – однодолотчата; б – хрестова; в – ступінчастою форми з випереджаючим лезом*

При створенні коливань породоруйнівного інструменту породі передається додаткова питома енергія, а процес руйнування породи супроводжується утворенням більш великих частин, що призводить до зменшення енергоємності процесу. Змінюючи частоту і силу ударів, статичне зусилля подачі й окружну швидкість, можна в широкому діапазоні змінювати характер впливу різців на породу.

Для створення ударних імпульсів можуть бути використані пристрої, що працюють в інфразвуковому (до 20 Гц), звуковому (20 Гц – 20000 Гц) і ультразвуковому (понад 20000 Гц) діапазонах частот. Ударні навантаження виникають при бурінні шарошковими долотами (буріння дробленням і сколюванням).

Генераторами інфразвукових коливань в даний час є гідроударне і гідропневматичне устаткування. Звукові й ультразвукові коливання інструменту створюються магнітострикторами й орбітальними осциляторами, а також високоякісними гідроударними машинами.

Бездолотні способи руйнування гірських порід пов'язані з використанням енергії вибуху (вибухове буріння), кавітаційної ерозії (імпульзне буріння), енергії удару сталевих кульок по породі (шароструминне буріння), енергії струменя рідини (гідромоніторне і гідроерозійне буріння).

При вибуховому бурінні компоненти, що утворюють вибухову суміш, в капсулах доставляються у вибій, де при ударі відбувається їх змішування. Вони можуть подаватися у вибій і окремо по трубопроводах, там вони змішуються і вибухають.

При електрогідравлічному бурінні електричний розряд в рідині утворює кавітаційні порожнини, при заповненні яких відбувається гідравлічний удар, або проходить безпосередньо через породу завдяки заповненню свердловини діелектричною рідиною.

Найбільш часто на практиці застосовується механічне обертальне буріння.

Механічне обертальне буріння поділяється на власне обертальне (роторне, верстати з рухомим обертачем) буріння, при якому буріння ведеться головним чином суцільним вибоєм, і обертальне колонкове, при якому порода вибою руйнується по кільцю порожнистим циліндром – коронкою, всередині якої залишається зруйнований стовпчик або колонка породи (кern); ось чому цей вид буріння називається колонковим.

При колонковому бурінні для руйнування породи застосовуються алмази і тверді сплави, що закріплюють в коронки, і дріб, що засипається на вибій під коронку.

Розрізняють буріння алмазне, твердими сплавами і дробове.

При колонковому бурінні можливо також застосування гідроперфоратора, за допомогою якого руйнування породи проводиться части-

ми ударами по коронці, оснащеної різцями з твердих сплавів, з одночасним обертанням коронки. Це – комбінований спосіб руйнування породи у вибої.

Обертальне, в тому числі і колонкове, буріння зазвичай ведеться з промиванням вибою. При цьому продукти руйнування породи (шлам) виносяться на поверхню висхідним потоком рідини.

За видом застосовуваної енергії розрізняють буріння ручне і буріння механічне.

6.3 Форми поперечного перерізу гірничих виробок

Форма поперечного перерізу горизонтальних виробок встановлюється відповідно до фізико-механічних властивостей і стану порід, за якими вони проводяться, величини і напрямку гірського тиску, терміну служби і прийнятої конструкції кріплення (рис. 6.3; 6.4; 6.5). Якщо виробки кріплять, їй надається форма поперечного перерізу, яка наближається до форми склепіння природної рівноваги.

Прямокутна форма найчастіше використовується при відсутності бокового тиску порід і в тих випадках, коли виробки кріплять дерев'яним, штанговим (анкерним) або змішаним кріпленням (бетонні стінки і перекриття з металевих балок)

Трапецієподібна форма перерізу сприймає як вертикальний, так і бічний тиск. При цій формі виробки зазвичай кріплять деревом, металом, збірним залізобетоном. Поширена при проведенні нарізних виробок.

Полігональна форма приймається в тому випадку, коли виробки кріплять залізобетоном, рідше – для посилення трапецієподібного кріплення.

Склепінчасту форму застосовують при кам'яному або бетонному кріпленні. При цьому склепіння буває трицентрове (коробове) і напівциркульне з прямолінійними або криволінійними стінами.

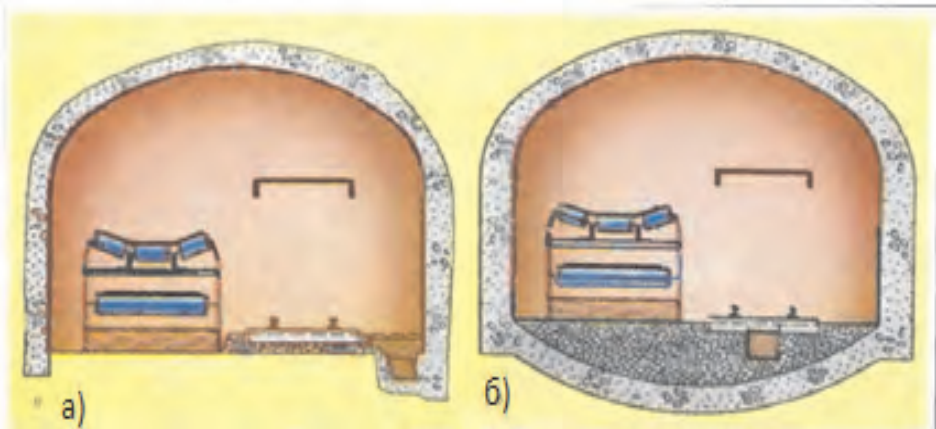


Рисунок 6.3 – Бетонне кріплення:

- а) – з вертикальними стінами і склепінчастим перекриттям;
 б) – зі зворотним склепінням

Арочний переріз використовується за наявності вертикального і бічного тиску гірських порід. Зазвичай виробки кріплять металевими арками різних конструкцій.

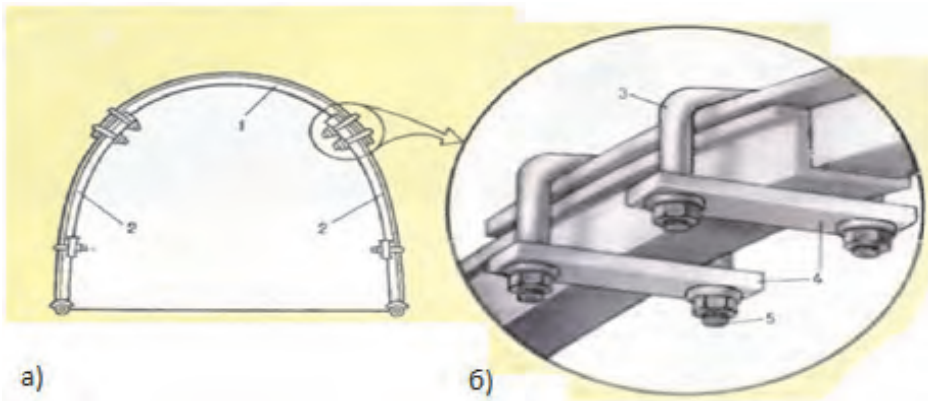


Рисунок 6.4 – Арка податливого кріплення:

- а) – з двома податливими вузлами; б) – арочне з'єднання;
 1 – верхній сегмент; 2 – бічний криволінійний стояк; 3 – скоба;
 4 – планка; 5 – болт

Кругла форма найбільш підходить за наявності всебічного тиску. В цьому випадку виробки кріплять збірними залізобетонними елементами, бетоном або металевим кріпленням.

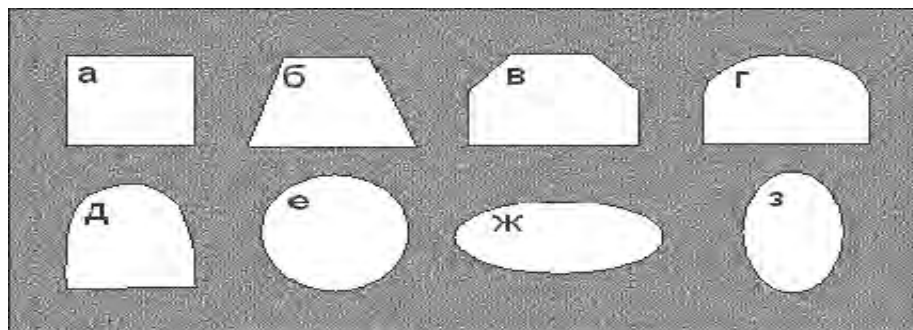







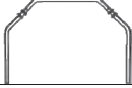


Рисунок 6.5 – Форми поперечних перерізів гірничих виробок

Таблиця 6.3

Технічна характеристика штрекового кріплення центру "Геомеханіка" [28]

Тип кріплення	Форма кріплення	Технічна характеристика			
		Переріз у світлі, м ²	робочий опір, кН/арку	гранична несуча здатність, кН/арку	маса спец. профілю рами, кг
КШПУ–М (шатрове, піддатливе, подовжене)		6,5 – 20,3	230 – 47	403 – 780	174 – 436
КЦЛ–Ш (циркульно-лінійне шатрове)		6,3 – 14,4	250 – 300	350 – 670	165 – 369
КЦЛ–О (циркульно-лінійне овоїдне)		14,1 – 16,1	420 – 480	600 – 680	298 – 315
КМП (А3Р2, А4Р2, А5Р2)		6,6 – 13,3	497 – 783	570 – 990	216 – 352
		15,9 – 18,0	450 – 610	630 – 870	326 – 436
		17,1 – 22,3	387 – 533	586 – 799	390 – 482
КВТ–2 (опукло-трикутне)		6,4 – 17,5	258 – 450	389 – 750	132 – 399
КВТ (опукло-трикутне замкнене)		7,5 – 17,2	311 – 452	467 – 679	318 – 662
КМК–4 (4-ланкове)		7,9 – 24,5	280 – 330	465 – 675	265 – 536
КМК–5 (5-ланкове)		23,7 – 24,5	270 – 300	470 – 571	541 – 670
КПП–3		10,2 – 11,5	140 – 160	415 – 585	212 – 271
КПП–4		14,7	160 – 190	500 – 660	325 – 401

Вуглеспускні свердловини можуть взагалі не кріпитися. Якщо один з компонентів гірського тиску значно більше інших, використовується еліпсоїдний переріз.

6.4 Проведення горизонтальних гірничих виробок

До горизонтальних гірничих виробок відносять штольні, квершлагги, штреки, орти та ін. Горизонтальні виробки проходять, як правило, відразу на

всю площу поперечного перерізу. Найбільшого поширення набув буропідривний спосіб проведення виробок. Однак у м'яких і середньої міцності породах виробки проходять з використанням прохідницьких комбайнів з механічним породоруйнівним інструментом.

Проведення гірничої виробки комбайном показано на рис.б.б.



Рисунок б.б – Проведення гірничої виробки комбайном

Організація прохідницьких робіт при вибуховому відбої породи здійснюється по планограммі робіт. У планограммі враховується час на всі виробничі процеси: буріння, заряджання, підривання, провітрювання, прибирання вибою, зведення кріплення і т.п. Роботи ведуть комплексні бригади, всі члени яких мають по кілька робочих професій і можуть виконувати різні операції, що дозволяє скоротити чисельність працівників за рахунок поєднання процесів у часі. Бригада складається з ланок, які працюють в різні зміни протягом доби. За зміну виконують зазвичай по два-три прохідницьких цикли. Кожен цикл складається з низки послідовно виконуваних операцій.

При проведенні виробок декількома вибоями і використанні маневреного самохідного обладнання в бригаді може бути доцільною спеціалізація окремих її членів за видами робіт (буріння шпурів, прибирання породи, кріплення).

Основні виробничі процеси при проведенні горизонтальних виробок буропідривним способом:

- буріння;
- заряджання та підривання шпурів (відбій породи);
- прибирання відбитої породи;
- кріплення виробки.

Крім того, у вибої виконують і допоміжні роботи.

6.4.1 Відбійка породи

При буропідривному відбої найбільш важливою операцією є точна розмітка шпурів у вибої. На деяких шахтах застосовують спеціальні шаблони.

У центрі розташовують врубові шпури, які підривають в першу чергу і створюють в масиві порожнину, яка полегшує руйнувати породи на решті площі вибою.

Врубівні шпури при проведенні горизонтальних виробок бурять під кутом до осі виробки (прямі призматичні вруби), щоб полегшити відбій породи від вибою. Деякі врубові шпури не заряджають на частину довжини або повністю, щоб створити простір для зсуву в їх сторону зруйнованої іншими шпурами породи.

Допоміжні шпури при проведенні горизонтальних виробок бурять паралельно до осі виробки, щоб зменшити відкидання породи від вибою.

Контурних шпури по периметру виробки нахиляють в сторону від її осі до масиву, щоб поперечний переріз виробки не звужувався при проведенні, за рахунок склянки, що залишається при підриванні шпуру. Чим частіше розташовані шпури по периметру виробки, тим гладше її контур (гладке контурне підривання) і тим стійкіше виробка до впливу гірського тиску.

Для буріння шпурів застосовують ручні перфоратори масою до 25 кг на пневмopідтримувальних колонках і самохідні бурильні установки.

Для проведення виробок під рейковий транспорт використовують самохідні бурильні установки, як правило, на рейковому ході.

Горизонтальні виробки, в яких не передбачено рейковий транспорт, проходять з використанням установок на гусеничному або пневмошинному ході, глибина шпурів до 4 м.

Зарядження шпурів, як правило, механізоване із застосуванням сипучих гранульованих вибухових речовин (ВР); рідше шпури заряджають вручну патронами ВР. Шпури підривають поступово з мілісекундним уповільненням від центру вибою (врубівні шпури) до його меж.

Після вибуху вибій провітрюють протягом 10 – 15 хв.

6.4.2 Провітрювання прохідницьких вибоїв

Існує кілька способів провітрювання: нагнітальний, всмоктувальний або комбінований. Найчастіше застосовують нагнітальний спосіб провітрювання.

Вентилятор місцевого провітрювання встановлюють на свіжому вентиляційному струмені, на відстані не менше 10 м від вихідного струменя, і по трубопроводу подають у вибій повітря.

Забруднене продуктами вибуху і виділеними газами повітря рухається в зворотньому напрямку по всьому перерізу виробки.

Подача вентилятора не повинна перевищувати 70% кількості повітря, що надходить до нього за рахунок загальношахтної депресії.

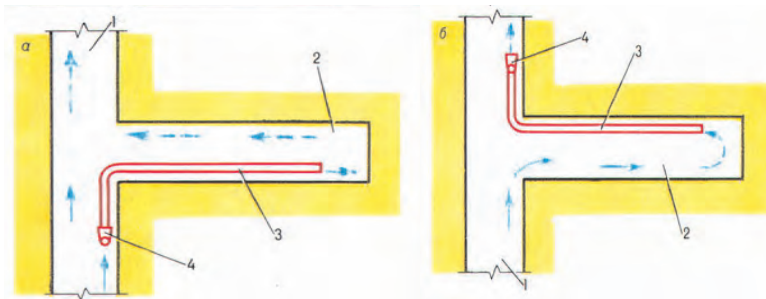


Рисунок 6.7 – Провітрювання тупикових виробок за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання: нагнітальним (а) і всмоктуючим (б) способами: 1 – наскрізна повітроподавальна виробка; 2 – тупикова виробка; 3 – вентиляційна труба; 4 – вентилятор місцевого провітрювання

При всмоктувальному способі провітрювання у вентиляційний трубовід потрапляють лише гази, відкинуті вибухом від вибою і які знаходяться в безпосередній близькості (1 – 1,5 м) від вхідного отвору труби. Перевага способу полягає в тому, що виробка на всьому протязі (за винятком ділянки довжиною 25 м – 30 м у вибої) залишається вільною від продуктів вибуху.

Комбінований спосіб застосовують для прискорення провітрювання. З цією метою на деякій відстані від вибою встановлюють перемичку з дверима, яка під час провітрювання повинна бути закрита. Через перемичку прокладають нагнітальний і всмоктуючий трубопроводи.

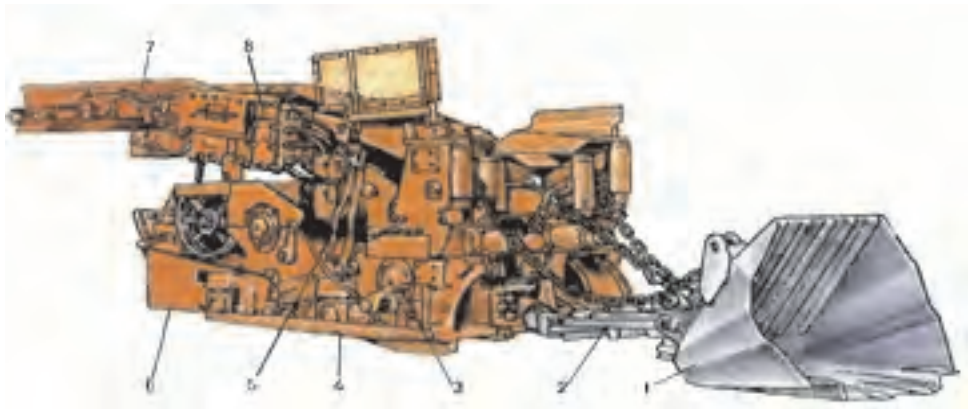
Після провітрювання вибій приводять у безпечний стан. При цьому перевіряють: чи заряди підірвані, чи немає відмов, чи не загрожує обвалення покрівлі та стінок виробки, чи немає пошкоджень кріплення.

6.4.3 Прибирання відбитої породи

Це один з основних процесів прохідницького циклу, що вимагає до 40 – 50% всіх трудозатрат. Прибирання породи починають після закінчення провітрювання вибою і приведення його в безпечний стан, для чого здійснюють огляд покрівлі та видалення з неї заколів.

Відбиту породу за допомогою навантажувальних машин вантажать безпосередньо або через конвеєри-перевантажувачі в вагони електровозного транспорту або на конвеєри.

Для навантаження породи в рейковий транспорт застосовують ковшові вантажні машини із заднім розвантаженням (рис.6.8) [4].



*Рисунок 6.8 – Ковшова вантажна машина із заднім розвантаженням
1ППН5у*

При прямому розвантаженні в вагонетку кожен раз необхідно обмінювати завантажену вагонетку на порожню на спеціальних розміновках, розташованих недалеко від вибою.

При використанні конвеєра-перевантажувача можна завантажувати партію вагонеток, що істотно скорочує витрати на їх обмін.

Крім ковшових навантажувачів широко використовують також вантажні машини безперервної дії з нагрібальними лапами (рис.6.9) [4].

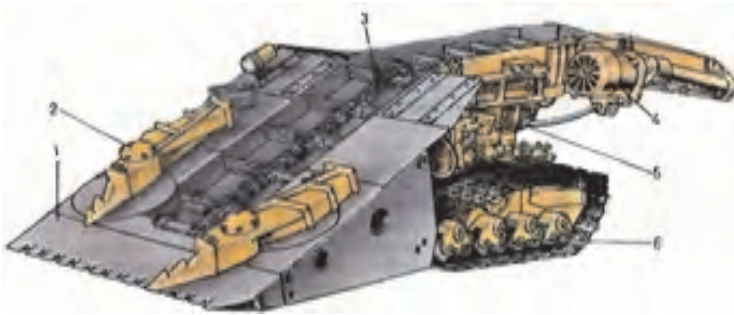


Рисунок 6.9 – Вантажна машина із заднім розвантаженням 2ПНБ-2у

6.4.4 Кріплення підготовчих виробок

Кріплення виробок становить в деяких випадках до 30% трудовитрат на їх проведення. Воно майже не впливає на швидкість проведення виробок, бо здійснюється паралельно з бурінням шпурів і прибиранням породи з відставанням від вибою, за винятком проведення виробок у нестійких породах, коли кріплення необхідно виконати до початку прибирання відбитої породи.

Широко використовують кріплення з набризком на стінки виробок бетону шаром 5 – 20 см за допомогою установок типу БМ, що працюють на стиснутому повітрі. Крім того, в тріщинуватих породах застосовують анкерне кріплення, іноді в поєднанні з набризкбетоном.

Настилення шляхів або дорожнього покриття здійснюється слідом за посуванням вибою; цей процес, як правило, поєднують з бурінням шпурів після прибирання породи. Спочатку укладають тимчасовий шлях, а після проведення виробки або паралельно з відставанням від вибою замінюють тимчасові шляхи на постійні.

Проведення горизонтальних виробок комбайнами і прохідницькими комплексами більш економічний і більш швидкісний спосіб, ніж буропідривний.

Прохідницькі комбайни це комбіновані машини, призначені для одночасного виконання відбійки породи і навантаження її в транспортні засоби (на конвеєр або вагонетки).

На практиці застосовують комбайни із стрілоподібним виконавчим органом (вибіркової дії) (рис.6.10) і комбайни бурового типу із суцільним вийманням (рис.6.11) [4].

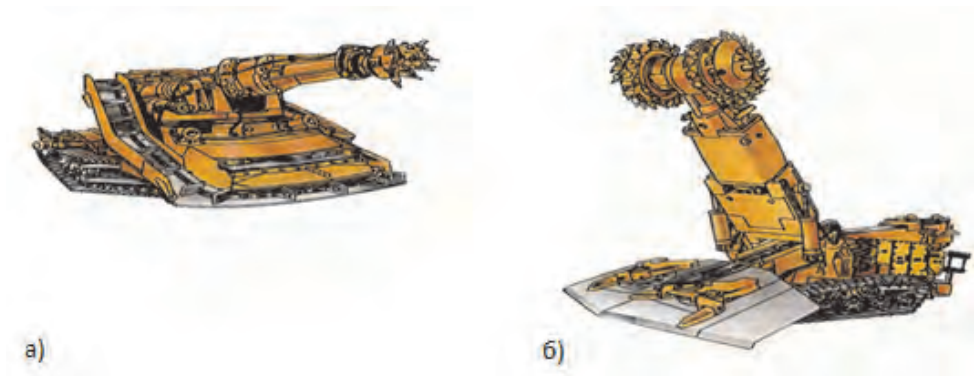


Рисунок 6.10 – Комбайни із стрілоподібним виконавчим органом

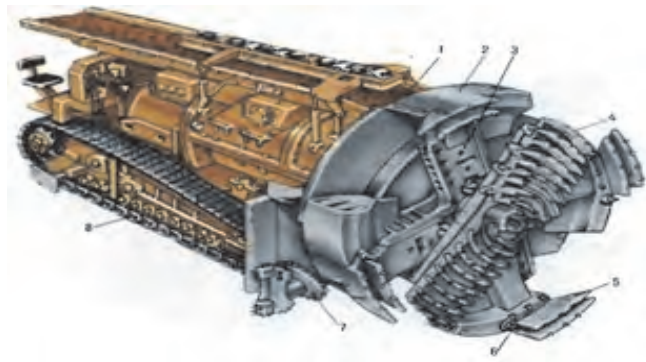


Рисунок 6.11 – Комбайн бурового типу

Комбайни мають механізм переміщення (зазвичай гусеничний, рідше крокуючий), навантажувальний орган (нагортають спарені лапи) або одноланцюговий скребковий конвеєр з консольними шкребками на підйомно-поворотному столі, скребковий конвеєр, перевантажувач, електричне (пневматичне) і гідравлічне обладнання, засоби боротьби з пилом (зрошення і пиловідсмоктувач) та інше допоміжне обладнання.

Переваги комбайнів із стрілоподібними виконавчими органами:

- можливість зміни в широкому діапазоні розмірів і форм перерізу виробки;
- роздільне виймання корисної копалини і породи з коефіцієнтом міцності $f < 6$ при кутах нахилу виробки до 25° ;

- зручний доступ до вибою і, отже, можливість роботи у виробках з нестійкою покрівлею;
- дистанційне керування комбайном з виносного пульта або дистанційно;
- можливість автоматизації та програмного керування.

Комбайни з торцевим розміщенням робочого органа і валовим вийманням одночасно по всьому перерізу вибою неведені на рис.6.12 [4].

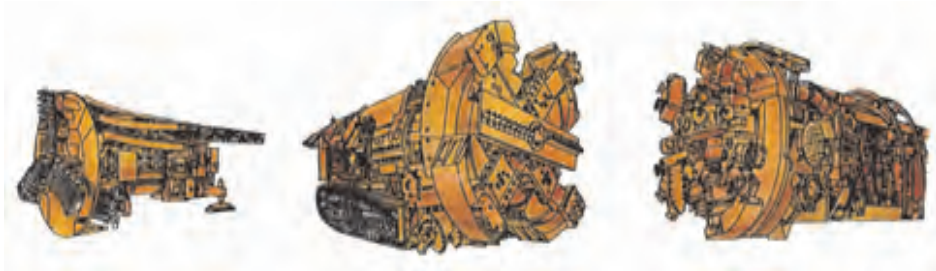


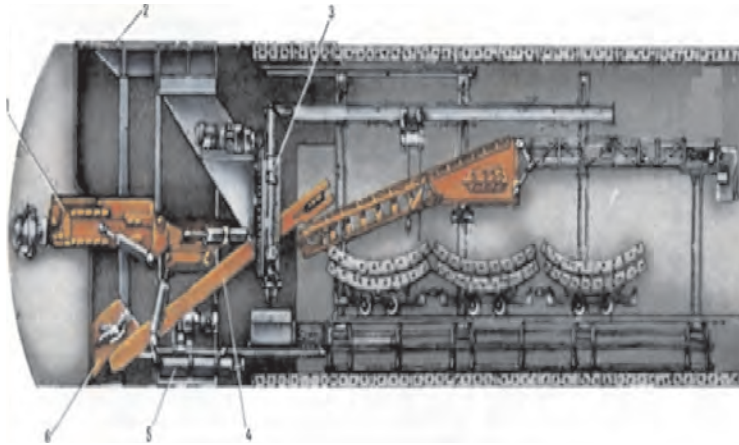
Рисунок 6.12 – Комбайни з торцевим розміщенням робочого органа і валовим вийманням одночасно по всьому перерізу вибою

Робочі органи таких комбайнів бувають роторними, планетарно-дисковими, баро-ланцюговими, барабанно-лопатевими та іншими.

Для підвищення продуктивності праці при проведенні гірничих виробок необхідна комплексна механізація й автоматизація всіх процесів прохідницького циклу. З цією метою створюють прохідницькі комплекси обладнання, що механізують всі основні процеси проведення виробки.

Розрізняють комплекси обладнання для проведення виробок комбайновим, буропідривним і щитовим способами (рис. 6.13).

Комбайновий комплекс складається з комбайна, привибійного причіпного перевантажувача, що забезпечує транспортування відбитої гірничої маси на скребковий або стрічковий конвеєр. Під привибійним перевантажувачем розміщується штрековий конвеєр або склад вагонеток, внаслідок чого забезпечується можливість протягом зміни проходити виробку без нарощування конвеєра або рейкових шляхів.



*Рисунок 6.13 – Механізований щит з штанговим робочим органом:
1 – штанговий робочий орган; 2 – щит; 3 – блокоукладач; 4 – перевантажувач;
5 – щитовий гідродомкрат; 6 – породонавантажувальний пристрій*

До комплексу входять включаються також кріплекладальники, обладнання для зведення анкерного кріплення, вентиляції та пилоподавлення.

6.5 Особливості проведення похилих гірничих виробок

До таких виробок відносять похилі стволи, ухили, ходки, бремсберги. Їх проведення при куті нахилу менш 45° має багато спільного з проведенням горизонтальних виробок, однак є і свої особливості, головним чином, які проявляються при прибиранні породи.

Виробки з нахилом понад 45° проходять як вертикальні стовбури.

При кутах нахилу менше $8 - 12^\circ$ проведення похилих виробок аналогічне проведенню горизонтальних. Проходку здійснюють зверху вниз, знизу вгору або комбінованим способом одним або декількома вибоями.

При проходці зверху вниз зручніше видавати відбиту породу і переміщати машини, проте у вибої скупчуються вода і буровий шлам, що ускладнює ведення робіт.

При висхідній проходці вибій залишається сухим, проте складніше транспортувати породу із вибою і, крім того, необхідна наявність виробок на нижньому горизонті.

Комбіновану проходку використовують для прискорення швидкості проведення виробок.

Шпури бурять головним чином ручними перфораторами на пневмопідтримувачах, бо застосування самохідних бурильних установок у похилих вибоях утруднено.

При проходці зверху вниз буріння і заряджання нижніх шпурів пов'язано з труднощами, бо вони заливаються водою, що скупчується у вибої, і забиваються мулом. Тому нерідко в таких випадках проходку здійснюють уступом, і в нижньому уступі породу відбивають шпурами, пробуреними перпендикулярно до підшви виробки.

Навантаження відбитої породи при кутах нахилу більше 8° – 12° виконують з використанням навантажувальних машин, спеціально пристосованих для роботи в похилих виробках, головним чином скреперними навантажувачами.

При цьому вантажні машини зазвичай переміщуються за допомогою канатних лебідок. Породу видають із вибою скіпами (при кутах більше 30° скіпи, на відміну від застосовуваних у вертикальних стволах, – колісні та рухаються по рейках), клітями, конвеєрами (при кутах менше 18°).

При проходці похилих стовбурів під кутом менше 45° з поверхні гирло стовбура на глибину 6 м – 14 м по вертикалі споруджують відкритим способом у траншеї, засипаючи її після зведення кріплення гирла.

6.6 Основні вимоги до технологічних схем проведення гірничих виробок

Проведення гірничих виробок і виймання корисних копалин в очисних вибоях є одним з найважливіших виробничих процесів у загальному технологічному ланцюзі підземного видобутку.

Високі темпи відпрацювання, механізація і автоматизація виробничих процесів на гірничодобувних підприємствах вимагають подальшого вдосконалення технології та пошуку нових технічних рішень.

Технологічні схеми підземної розробки повинні визначати:

- схему підготовки виїмкового поля і систему розробки;
- їх параметри;
- технологію й устаткування підготовчих і очисних робіт;
- переріз підготовчих і очисних виробок;
- тип і щільність установа кріплення в них;
- обладнання для основного і допоміжного транспорту по виробках;
- обладнання для пилопригнічення і схему його розташування в очисних і підготовчих вибоях;

- параметри і показники пилопригнічення;
- схему вентиляції і аеродинамічні параметри виїмкового поля і виробок;
- умови застосування технологічної схеми і розрахункові показники;
- графіки виходів робітників.

Технологічні схеми розробки повинні поєднувати застосування високопродуктивної техніки і раціональної технології гірничих робіт з оптимальними параметрами для різних гірничо-геологічних умов на основі використання новітніх досягнень гірничої науки, техніки, наукової організації праці та досвіду роботи передових підприємств гірничодобувної галузі, ділянок і бригад.

Проведення гірничих виробок входить до складу гірничо-підготовчих робіт, які включають комплекс технологічних заходів обумовлюють своєчасне й якісне відтворення очисного фронту з дорозвідкою підготовлених запасів, керування станом масиву і захист від прояву його властивостей (зміцнення відслонень, захист від гірських ударів, вибухів газу і пилу).

У зв'язку з вимогами концентрації та інтенсифікації очисних робіт найважливішими напрямками вдосконалення підготовчих робіт є:

- впорядкування схем підготовки виїмкових дільниць;
- раціональне закладення підготовчих виробок;
- концентрація підготовчих вибоїв;
- інтенсифікація гірничопідготовчих робіт.

При розробці комбайнової технології необхідно забезпечити комплексний підхід до вирішення всіх питань, пов'язаних з веденням підготовчих і очисних робіт у виїмковому полі:

- підготовка і система розробки, спосіб охорони виробок;
- механізація і автоматизація виробничих процесів;
- транспорт;
- вентиляція і газовий захист;
- безпека і створення сприятливих умов праці.

При цьому слід передбачити максимально високий рівень комплексної механізації очисних та підготовчих робіт і ефективне використання гірничої техніки за рахунок застосування її в гірничо-геологічних умовах, що відповідають технічним характеристикам обладнання машин, при прогресивних способах підготовки і системах розробки з оптимальними параметрами.

Комбайнова технологія повинна створити передумови для об'єднання в одну технологічну операцію робіт з руйнування масиву, навантаження і транспортування гірничої маси. Паралельне виконання виробничих операцій, в порівнянні з послідовним, має певні переваги, пов'язані з економією часу. Крім того, для найбільш ефективного досягнення кінцевого результату важливо не

тільки модернізувати знаряддя праці і поєднувати в часі різні виробничі операції, але і використовувати принципово нові способи і засоби виконання виробничих процесів.

Встановлено, що в ідентичних гірничо-геологічних умовах трудомісткість комбайнової технології на 30 – 35% нижче буропідривної, внаслідок скорочення кількості виробничих операцій і деякого зниження обсягів ручних робіт.

Значне підвищення темпів проведення виробок має першорядне значення при підготовці нових горизонтів і відбивається в цілому на інтенсивності відпрацювання родовищ.

Одна з найважливіших вимог, що пред'являється до комбайнової технології – забезпечення значного підвищення швидкості проходки виробок при одночасному істотному зростанні продуктивності праці робітників. У свою чергу, значне збільшення темпів проведення гірничопідготовчих виробок за допомогою комбайнової технології і навантаження на очисний вибій сприятимуть реалізації максимально можливої концентрації гірничих робіт.

Технологічні схеми повинні передбачати підвищення безпеки робіт, виключення важкої праці та зниження ступеня важкості виконуваних робіт.

Робота комбайнів супроводжується підвищеним пилоутворенням (особливо при руйнуванні міцних порід), що обумовлює високі вимоги до провітрювання виробок – збільшення кількості подачі свіжого повітря і виконання спеціальних заходів щодо пилопригнічення в місці роботи комбайна і на вентиляційному струмені, що виходить із підготовчих вибоїв.

Крім зазначених вимог технологічні схеми проведення гірничих виробок повинні забезпечувати:

- використання для різних гірничо-геологічних умов найбільш прогресивних конструкцій гірничого обладнання, що включають комбайни, навантажувальні і транспортні машини;
- застосування сучасного, що серійно випускається, високопродуктивного обладнання на базі електроприводу, як більш дешевого, зручного і надійного в експлуатації;
- максимально можливе використання транспортного обладнання при проведенні виробок і подальшого очисного виїмання, а також повне технологічне взаємопов'язування вибійного обладнання з загальношахтним транспортом;
- широке застосування анкерного і податливого металевого кріплення в сприятливих гірничо-геологічних умовах – конструкції рамного кріплення сполучень;

- вузький фронт робіт, що виключає можливість використання як обладнання великих габаритів, так і великої кількості малогабаритного обладнання та робочих;

- запобігання інтенсивного прояву гірського тиску під впливом очисного фронту, який переміщується, розвивається або зі значним відставанням від підготовчого вибою, або після закінчення проходки в період експлуатації виробки.

Вибір науково обгрунтованих технологічних схем і їх параметрів, що забезпечують високоефективне функціонування новітніх засобів механізації та автоматизації в змінних гірничо-геологічних умовах гірничодобувних підприємств, слід вести з урахуванням перерахованих вище вимог.

Контрольні питання до 6 розділу:

- 1. Якими властивостями володіють гірські породи?***
- 2. Які способи руйнування гірських порід?***
- 3. Назвіть форми поперечного перерізу гірничих виробок.***
- 4. опишіть проведення горизонтальних гірничих виробок.***
- 5. Як здійснюється відбійка породи при БПР?***
- 6. Як здійснюється кріплення підготовчих виробок?***
- 7. Розкрийте особливості проведення похилих гірничих виробок.***

7 ПІДТРИМКА Й ОХОРОНА ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ІННОВАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ СТІЙКОСТІ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати способи охорони й підтримки підготовчих виробок та застосовувати інноваційні технології підвищення їх стійкості

7.1 Підтримка гірничих виробок поза зоною впливу очисних робіт і розрахунок параметрів кріпильних систем

7.1.1 Загальні положення ресурсозберігаючих технологій зміцнення приконтурних порід гірничих виробок анкерами й розчинами, що твердіють:

1. Мінімізація навантаження на систему «зміцнені породи – кріплення» здійснюється вибором її раціональної деформаційно-силової характеристики з урахуванням взаємодії двох геомеханічних факторів:

- знеміцнення й збільшення в обсязі порід навколо виробки в області граничної рівноваги;
- втрати стійкості граничного стану частини обсягу порід в області граничної рівноваги й утворення навколо виробки зони нестійкої рівноваги.

2. Мінімальне навантаження P_{min} на систему «зміцнені породи – кріплення» визначається з рівності функцій

$$P_{1,2} = \Phi_{1,2}(U), \quad (7.1)$$

формування навантаження $P_{1,2}$ залежно від зсуву U породного контуру за двома зазначеними вище геомеханічними факторами.

3. Оптимальна піддатливість U_o системи «зміцнені породи – кріплення» визначається з рівняння (7.1) при навантаженні P , рівному мінімальному значенню P_{min} . Реалізація необхідної величини піддатливості здійснюється вибором відповідних параметрів кріплення й конструктивно-технологічної схеми зміцнення приконтурних порід.

4. Адаптація (максимально можлива в конкретних гірничо-геологічних умовах) системи «зміцнені породи – кріплення» до характеру проявів гірського тиску здійснюється керуванням деформаційно-силовою характеристикою системи через підбір раціональних співвідношень функцій зміни в просторі геометричних, механічних і силових її параметрів.

5. Досягнення найбільш повної просторової рівномірності системи «зміцнені породи – кріплення» забезпечується регулюванням функцій зміни її геометричних, механічних і силових параметрів у поперечному й поздовжньому перерізах виробки.

6. Розрахунки базуються на вихідних геомеханічних параметрах взаємодії гірського масиву із кріпленням виробки, визначуваних за нормативними документами, які пройшли всебічну багаторічну апробацію на вугільних шахтах України.

6.1. Очікувана величина зсуву U породного контуру в покрівлі U_g й боках U_b виробки визначається за формулою:

$$U = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot U_T,$$

де U_T – зсув порід, прийнятий за типовий, мм; визначається по графіках рис. 7.1;

K_1 – коефіцієнт впливу кута залягання порід і напрямку проходки виробки щодо простягання порід; визначається по табл. 7.1;

K_2 – коефіцієнт напрямку зсуву порід: у напрямку покрівлі – підосшва $K_2 = 1$, у напрямку боків виробки K_2 визначається по табл. 7.1;

K_3 – коефіцієнт впливу розміру виробки

$$K_3 = 0,2(2r_g - 1),$$

тут r_g – радіус склепіння виробки в проходці, м.

Таблиця 7.1

Напрямок проходки виробки	Коефіцієнти K_1 / K_2 при кутах залягання порід або основних площин тріщинуватості, град					
	до 20	30	40	50	60	понад 70
За простяганням	1/0,35	0,95/0,55	0,80/0,80	0,65/1,20	0,60/1,70	0,60/2,25
Вкрест простягання	0,70/0,55	0,60/0,80	0,45/0,95	0,25/0,95	0,20/0,80	0,15/0,55
Під кутом до простягання	0,85/0,45	0,80/0,65	0,65/0,90	0,45/1,05	0,35/1,10	0,15/0,95

6.2. У номограмі на рис. 7.1 розрахункова глибина розміщення виробки H_p визначається за формулою:

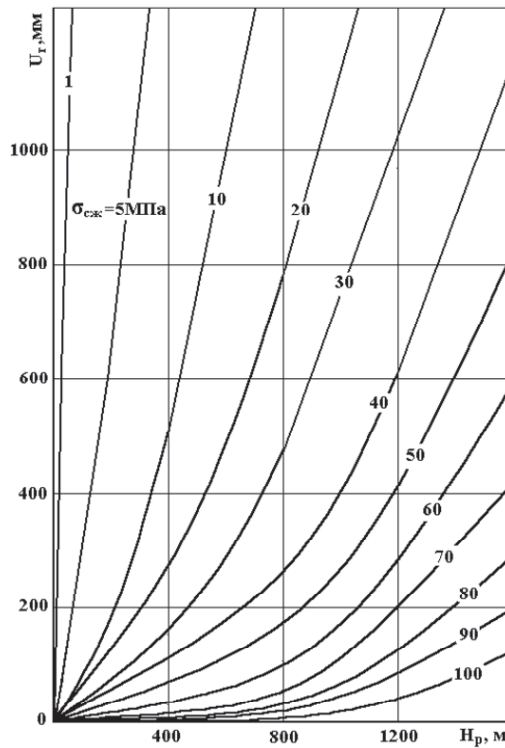
$$H_p = K_4 \cdot H, \text{ м,}$$

де H – проектна глибина розміщення виробки або її ділянки;

K_4 – коефіцієнт, що враховує відмінність напруженого стану масиву гірських порід у порівнянні з напруженим станом, викликаним власною вагою товщі порід до поверхні; визначається по табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Гірничо-геологічні умови	Коефіцієнт
Звичайні	1,0
Райони, піддані рухам земної кори, і зони тектонічних порушень	1,5

Рисунок 7.1 – Номограма для визначення типового зсуву порід U_T

6.3. Розрахунковий опір порід стиску σ_{cm} (для номограми на рис. 7.1):

$$\sigma_{cm} = K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot R_{cm}, \text{ МПа,}$$

де $R_{сж}$ – середнє значення опору порід у зразку одновісному стиску, МПа; визначається експериментально; орієнтовно по вугільних регіонах можна прийняти згідно з кадастром;

K_5 – коефіцієнт, що враховує додаткову порушеність масиву поверхніми ослаблення; визначається по табл. 7.3;

K_6 – коефіцієнт, що враховує знеміцнення обводнених порід; визначається по табл. 7.4;

K_7 – коефіцієнт, що враховує зниження опору порід при тривалому навантаженні; визначається по табл. 7.5.

6.4. Безрозмірний радіус зони граничної рівноваги r_{II} порід навколо виробки (у частках радіуса склепіння r_e виробки в проходці) визначається за формулою:

$$r_{II} = 1 + 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{U_e}{(K_p - 1)r_e},$$

де K_p – коефіцієнт розпушення породи при позамежному деформуванні на стадії залишкової міцності; орієнтовно приймається по табл. 7.6.

Таблиця 7.3

Середня відстань між поверхнями ослаблення порід, м	Коефіцієнт K_5
більше 1,5	0,9
1,0 – 1,5	0,8
0,5 – 1,0	0,6
0,1 – 0,5	0,4
менше 0,1	0,2

Таблиця 7.4

Тип породи	Коефіцієнт K_6
Кременисті пісковики й сланці	0,8
Вапняні пісковики й вапняки	0,7
Глинисті алеволіти й пісковики, глини каолінітові	0,6
Аргіліти й мергелі	0,5
Глини монтморилонітові	0,3

Таблиця 7.5

Характер руйнування (тип породи)	Коефіцієнт K_7
Крихке руйнування (пісковик і т.п.)	0,9 – 1,0
Пружно-пластичне руйнування (сланці, вугілля й т.п.)	0,6 – 0,8
Пластичне руйнування (глини, мергелі й т.п.)	0,4 – 0,6

Таблиця 7.6

Характер руйнування	Коефіцієнт K_p
Крихке й псевдокрихке	1,02 – 1,05
Пружно-пластичне	1,05 – 1,07
Пластичне й псевдопластичне	1,07 – 1,10

Для розрахунку радіуса зони граничної рівноваги доцільно користуватися номограмою на рис. 7.2. Розрахунок ведеться у відповідності з ходом ключа (пунктирна ламана лінія) по квадрантах I - II.

Допускається визначення радіуса зони граничної рівноваги r_{II} за сучасними найбільш показовими методами прогнозу проявів гірського тиску, що максимально адекватно відбивають конкретну гірничо-геологічну ситуацію спорудження виробки.

7. Механічні характеристики породного масиву, що вміщає виробку, – межа міцності на одновісний стиск R_{cm} , залишкова міцність на стиск σ_{cm}^o , модуль пружності E_{II} й кут внутрішнього тертя φ – визначаються за стандартними методиками. Орієнтовно, залежно від регіону й типу гірської породи зазначені параметри рекомендується визначати за даними літературних джерел.

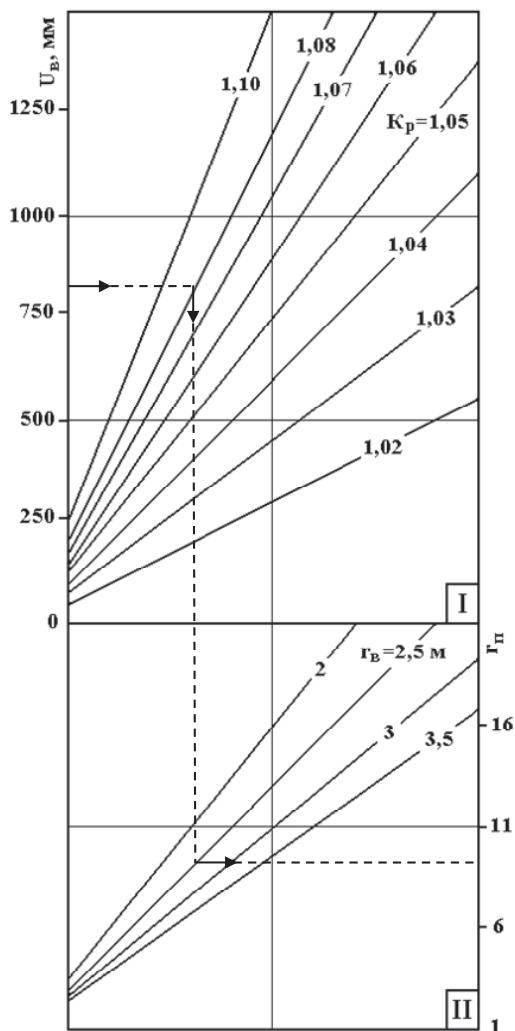


Рисунок 7.2 – Номограма для визначення радіуса $r_{П}$ зони граничної рівноваги навколо виробки

7.1. Розрахункове значення залишкової міцності породи на стиск:

$$\sigma_{cm}^o = K_8 \sigma_{cm}, \text{ МПа,}$$

де K_8 – коефіцієнт, що враховує зниження міцності породи на останній стадії позамежного деформування; визначається по табл. 7.7.

Таблиця 7.7

Категорія міцності породи	Коефіцієнт K_8
Слабкі	0,10 – 0,20
Середньої міцності	0,05 – 0,15
Міцні	0,03 – 0,05

7.2. Розрахункове значення модуля пружності породи E_{II} визначається за формулою:

$$E_{II} = K_9 + K_{10}R_{cm}, \text{ МПа,}$$

де K_9 і K_{10} – коефіцієнти зв'язку між міцністю на стиск і модулем деформації; визначаються по табл. 7.8.

Таблиця 7.8

Тип гірської породи	Коефіцієнт	
	K_9 , МПа	K_{10}
Мергелі	0	120
Аргіліти	1600	242
Алевроліти	12400	245
Пісковики	12200	226

7.3. Кут внутрішнього тертя φ гірської породи орієнтовно визначається по табл. 7.9.

Таблиця 7.9

Тип гірської породи	Кут внутрішнього тертя φ , град
Мергелі	10 – 25
Вапняки	20 – 30
Аргіліти	15 – 30
Алевроліти	25 – 35
Пісковики	35 – 40

8. Розміри виробки (радіус склепіння r_g) вибирають по типових перерізах, що рекомендуються проектними організаціями для конкретного регіону.

Наприклад, для шахт Західного Донбасу варто використовувати нормативні документи.

9. Вихідні параметри елементів рамно-анкерного і комбінованого кріплення, що застосовують при тампонажі закріпного простору, вибирають за даними нормативно-довідкових матеріалів.

9.1. Застосовується аркове рамне металеве кріплення зі спецпрофілю СВП і двотаврового профілю зі стандартним кроком установки уздовж виробки $L_2 = 0,5 - 1,2$ м.

9.2. Вихідні параметри рамного кріплення зі спецпрофілю СВП: матеріал – Ст.5, границя текучості $\sigma_p = 270$ МПа, модуль пружності $E_p = 21 \cdot 10^3$ МПа. Момент опору W_p поперечного перерізу рами визначається по табл. 7.10.

Таблиця 7.10

Номер профілю СВП	14	17	19	22	27	33
$W_p \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3$	40,7	50,3	61,3	74,8	100,2	138,5

9.3. Вихідні параметри рамного кріплення із двотаврового профілю: матеріал – Ст.3, границя текучості $\sigma_p = 240$ МПа, модуль пружності $E_p = 21 \cdot 10^3$ МПа. Момент опору W_p поперечного перерізу рами визначається по табл. 7.11.

Таблиця 7.11

Номер профілю двотавра	16	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а
$W_p \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3$	109	143	159	184	203	232	254	289	317

9.4. У подальших розрахунках використовуються такі механічні характеристики отверділої тампонажної суміші (тампонажного каменю) як межа міцності на одновісний стиск σ_{cm}^T і модуль пружності E_T , які визначаються експериментально за нормативним документом.

Орієнтовно σ_{cm}^T варто визначати за формулою:

$$\sigma_{cm}^r = 0,1M \exp\left(-0,23 \frac{\Pi}{Ц}\right) \left(\frac{\Pi}{B} - 0,5\right), \text{ МПа}, \quad (7.2)$$

де M – марка портландцементу (активність в'язучого);

$\frac{\Pi}{Ц}$ – відношення пісок: цемент (за обсягом) у складі суміші, що твердіє;

$\frac{B}{Ц}$ – водоцементне відношення (за обсягом) у складі суміші, що твердіє.

Відповідно до формули (7.2) побудована номограма (рис. 7.3) для розрахунку складу компонентів сухої суміші, що твердіє ($\frac{\Pi}{Ц}$ – відношення пісок: цемент), що забезпечує необхідну міцність σ_{cm}^r тампонажного каменю. Розрахунок ведеться у відповідності за ходом ключа (пунктирна ламана пряма) послідовно по квадрантах I і II.

Орієнтовно в розрахунках модуль пружності тампонажного каменю приймається рівним $E_T = 2 \cdot 10^4$ МПа.

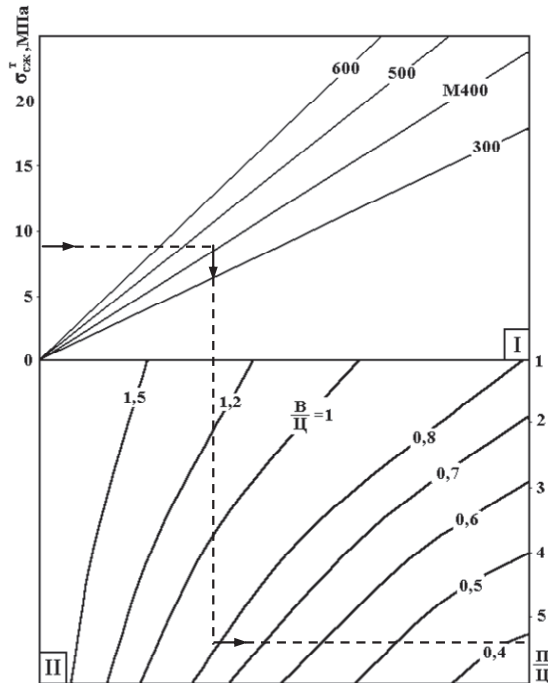


Рисунок 7.3 – Номограма для розрахунку необхідного складу суміші, що твердіє

9.5. Товщина δ_T тампонажного шару в конструкції комбінованого кріплення визначається експериментально по усередненій (по контуру) величині натурних вимірів перебору перерізу при проведенні даної виробки. Орієнтовно δ_T оцінюється по допустимим переборам перерізу в проектній документації спорудження виробки. Так, для шахт Західного Донбасу рекомендується $\delta_T = 0,17$ м.

10. При зведенні анкерного кріплення в перерізі виробки рекомендується встановлювати в основному від двох до п'яти анкерів.

Регулювання щільності устанавлення анкерів (штук на квадратний метр поверхні виробки) здійснюється переважно за рахунок зміни кроку L_2 устанавлення анкерів уздовж виробки.

Ефективність зміцнення приконтурних порід анкерами (крім щільності їх устанавлення) визначається такими параметрами: активна довжина анкера l , його реакція опору N (на межі рівна несучій здатності) і координата θ устанавлення анкера в поперечному перерізі виробки.

Дослідження з використанням методів будівельної механіки показали, що за наявності у виробках великих горизонтальних зближень бічних стінок по контуру арки виникають і діють великі згинальні моменти, що різко зменшують несучу здатність кріплення (рис. 7.4). Відповідно до розрахунків при радіусі склепіння арки $r = 2,32$ м, довжині прямолінійної частини її ніжки $h = 0,9$ м і відношенні бічного навантаження до вертикального $\beta = 0,6 - 0,7$ несуча здатність арки досягає максимального значення $Q = 100\%$. При $\beta \geq 1,0$ значення Q істотно зменшуються. Так, наприклад, при $\beta = 1,5$ несуча здатність арки становить тільки 47% від її максимальної величини (див. графік рис. 7.4, б). Посилення арки анкерами й канатними стяжками збільшує її бічну відсіч. Анкери при цьому збільшують і несучу здатність порід берми.

Для типових перерізів виробок і їх кріплень вплив нормальної й перерізу-ючої сил на напружений стан матеріалу кріплення, як правило, не перевищує 2 – 3%. Тому практично завдання зводиться до мінімізації максимумів згинального моменту по контуру кріплення. Вирішення цього завдання здійснено з урахуванням механічного зв'язку анкера й арки. При цьому враховувалися два параметри анкера: несуча його здатність (максимальне зусилля вилучення) і місце устанавлення по висоті від підшви виробки. Епюри показують (див. рис. 7.4, а), що при застосуванні анкерів (суцільна лінія) в 2 – 3 рази зменшуються величини максимального згинального моменту M_{max} по контуру арки в порівнянні з відсутністю анкерів (пунктирна лінія). Якщо, наприклад, при $r = 2,32$ м,

$h = 0,9$ м і $\beta = 1,5$ установити по одному анкеру в боках виробки, то значення M_{max} зменшуються до 36% (майже в 3 рази). За наявності двох-трьох анкерів значення M_{max} зменшуються відповідно до 22,5% і 17% (див. рис. 7.4, в). Отже, практично недоцільно встановлювати більше двох анкерів у кожній бічній стінці виробки.

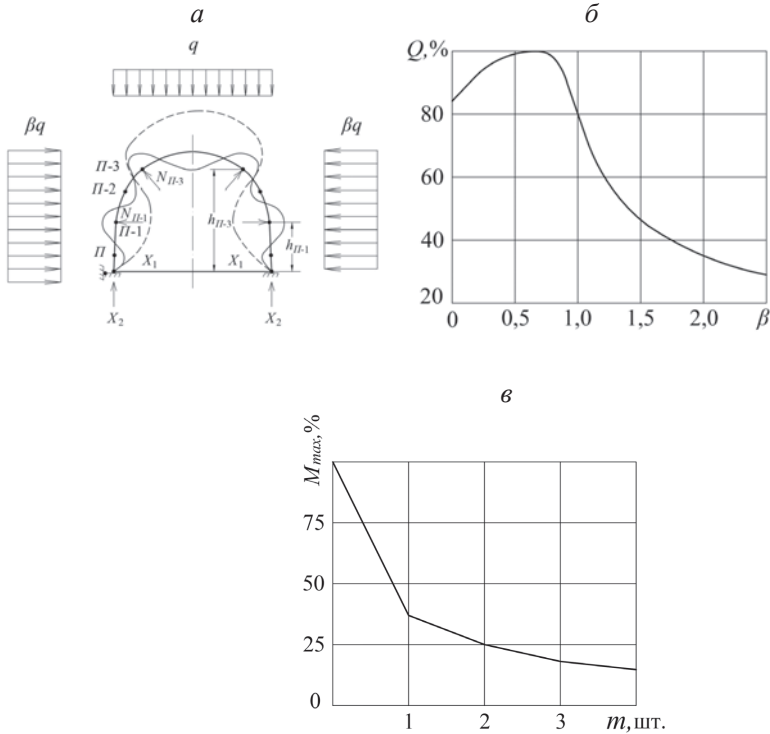


Рисунок 7.4 – Розподіл по контуру аркового кріплення максимальних згинальних моментів (а), залежності зменшення несучої здатності арки (б) від параметра β й зменшення максимального згинального моменту (в) від кількості анкерів, установлених у кожній бічній стінці виробки

З огляду на відзначені фактори й загальну тенденцію до зниження інтенсивності росту зміцнювального ефекту при збільшенні кількості анкерів, розташовуваних у поперечному перерізі виробки, прийнята схема установлення чотирьох анкерів з варійованими параметрами координат θ і L_2 місця розташу-

вання, реакцією N й активною довжиною l , раціональні значення яких розраховуються відповідно до гірничо-геологічних умов спорудження виробки.

10.1. При зведенні рамно-анкерного кріплення його елементи з'єднують гнучкими стяжками в єдину несучу навантажену конструкцію, що різко підвищує ефективність застосування даного виду кріплення.

Обґрунтовано доцільність установаження анкерів у перерізі посередині між сусідніми рамами і їх взаємне з'єднання гнучкими стяжками.

Тому прийнято схему зведення рамного кріплення з установаженням чотирьох анкерів у серединному перерізі між сусідніми рамами, взаємопов'язаних гнучкими стяжками. Параметрами керування роботою рамно-анкерного кріплення є: координати θ й L_2 місця розташування анкерів, реакція N^P дії анкера на раму, реакція N дії анкера посередині між рамами (у місці встановлення), активна довжина l анкера.

10.2. При зведенні рамного кріплення з тампонажом закріпного простору піщано-цементним розчином використана загальноприйнята конструктивно-технологічна схема. Рамне кріплення зі спецпрофілю СВП або двотаврового профілю встановлюється із кроком $L_2 = 0,5 - 1,2$ м уздовж виробки. У перерізі виробки розміщуються три кондуктори для подачі піщано-цементного розчину із кроком L_1 уздовж виробки, визначеним розрахунком. Один кондуктор установажується в замку склепіння ($\theta = 0^\circ$), два інших – у боках виробки з координатою θ , визначеною розрахунком. Крок установки кондукторів L_1 , рамного кріплення L_2 , момент опору її перерізу W_p й міцність на стиск σ_{cm}^r отверділого піщано-цементного каменю вибираються виходячи з ресурсозберігаючих критеріїв рівномірності комбінованого кріплення.

11. Доцільність застосування того або іншого типу кріплення, що працює зі зміцненням приконтурних порід, установажується на основі комплексного урахування трьох факторів: вартості зведення кріплення, його технічних характеристик і прогнозованих параметрів проявів гірського тиску. При цьому приймається до уваги наступне:

– найбільш краще у вартісному відношенні анкерне кріплення, найменш – рамне з тампонажом закріпного простору;

– щоб уникнути обвалення породи між анкерами передбачається зведення різного роду огорожі;

– кожна з існуючих конструкцій анкерного кріплення, крім своєї активної довжини, має обмеження по величині несучої здатності й допустимої піддатливості;

– при зведенні комбінованого кріплення, з огляду на особливості проявів гірського тиску, можливе використання технологічних схем поетапного встановлення елементів кріплення.

7.1.2 Розрахунок анкерного кріплення

1. Конструктивно-розрахункова схема зведення анкерного кріплення наведена на рис. 7.5. Розрахунковими параметрами є: θ_1 – кут установлення верхніх анкерів; θ_2 – кут установлення нижніх анкерів; N_1 – реакція опору верхніх анкерів, N_2 – реакція опору нижніх анкерів; l_1 – активна довжина верхніх анкерів; l_2 – активна довжина нижніх анкерів.

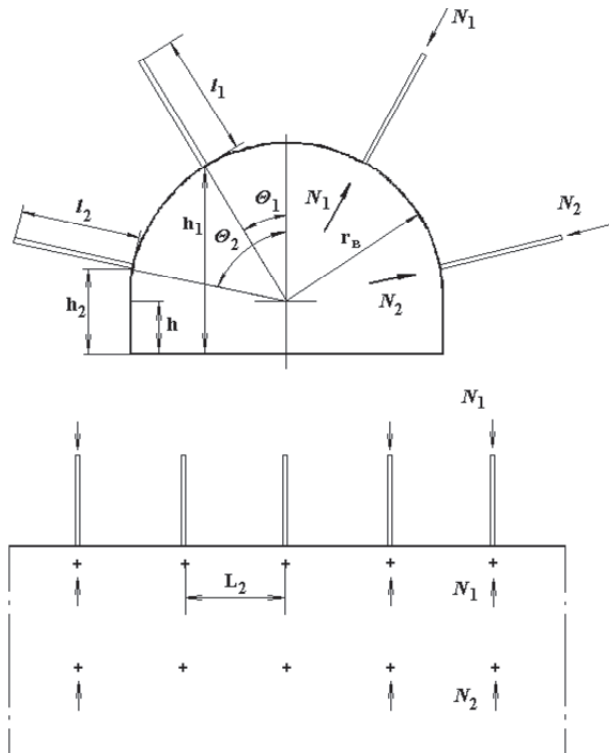


Рисунок 7.5 – Конструктивно-розрахункова схема установлення анкерів як самостійного кріплення

2. Раціональний кут установлення верхніх анкерів:

$$\theta_1 = \frac{\pi}{12} \left\{ 1 + \exp \left[-0,008 \sigma_{cm}^o \phi \left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta}} - 1 \right) \right] \right\}, \text{ град.} \quad (7.3)$$

3. Раціональний кут установлення нижніх анкерів:

$$\theta_2 = \frac{\pi}{4} \left\{ 1,22 + 0,78 \exp \left[-0,006 \sigma_{cm}^o \phi \left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta}} - 1 \right) \right] \right\}, \text{ град.} \quad (7.4)$$

4. Необхідна реакція опору верхніх анкерів:

$$\ln \frac{0,0132 (\sigma_{сж}^o + 2) \exp (0,0067 \sigma_{cm}^o \phi)}{\left(\frac{N_1}{\theta_1} + \frac{N_2}{\theta_2} \right) [1,125 \exp (0,0067 \sigma_{cm}^o \phi) - 1]} = A \exp^3 \left(-1,52 \frac{L_2}{r_{\delta}} \right) \times \\ \times \frac{[28,87 \exp (-\theta_1) - 7,83 \exp \theta_1] N_1 - 13,57 N_2 \exp (-\theta_2)}{r_{\delta}^3 L_2 (0,13 - 0,0012 \sigma_{cm}^o \phi + 0,028 r_{II})}, \text{ МН.} \quad (7.5)$$

5. Необхідна реакція опору нижніх анкерів:

$$N_2 = 0,028 \frac{r_{\delta}}{A} (r_{II} - 1)^{0,64} L_2 \exp \left(1,52 \frac{L_2}{r_{\delta}} \right) \exp (-0,017 \sigma_{cm}^o \phi), \text{ МН.} \quad (7.6)$$

6. Раціональне значення активної довжини верхніх анкерів:

$$l_1 = \frac{r_{\delta} (0,40 - 0,0023 \sigma_{cm}^o \phi + 0,018 r_{II}) \exp \left(1,52 \frac{L_2}{r_{\delta}} \right)}{\sqrt{\frac{11,5A}{r_{\delta} l_2} (1,62 N_1 + 0,25 N_2) \exp \left(-1,52 \frac{L_2}{r_{\delta}} \right) + \sigma_{cm}^o}}, \text{ м.} \quad (7.7)$$

7. Раціональне значення активної довжини нижніх анкерів:

$$l_2 = l_1 \left[\sqrt{\frac{0,93 + 2,60 \exp (-0,023 \sigma_{cm}^o \phi)}{0,36 + 0,73 \exp (-0,023 \sigma_{cm}^o \phi) + C}} - 1 \right], \text{ м,} \quad (7.8)$$

$$\text{де } C = \frac{A (6,25 N_1 - 3,22 N_2) \exp^3 \left(-1,52 \frac{L_2}{r_{\delta}} \right)}{r_{\delta}^3 L_2 (0,13 - 0,0012 \sigma_{cm}^o \phi + 0,028 r_{II})}; \quad A = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}.$$

8. Вихідні параметри, що входять до розрахункових виразів (7.3) – (7.8), мають розмірність: вертикальні U_{δ} й бічні U_{δ} зсуви породного контуру – мм,

залишкова міцність породи на стиск σ_{cm}^o – МПа; кут внутрішнього тертя породи φ – град; радіус склепіння виробки в проходці r_g – м; радіус зони граничної рівноваги r_{II} – частка r_g ; крок установки анкерів уздовж виробки L_2 – м.

9. Порядок розрахунку раціональних параметрів анкерного кріплення наступний.

9.1. По формулах (7.3) і (7.4) визначають координати θ_1 й θ_2 установлення анкерів.

9.2. По формулі (7.6) визначається реакція N_2 нижніх анкерів.

9.3. Обчислені значення параметрів θ_1 , θ_2 і N_2 підставляють в трансцендентне рівняння (7.5), рішення якого визначає раціональне значення реакції N_1 верхніх анкерів.

9.4. По формулі (7.7) при обчислених значеннях N_1 і N_2 визначається активна довжина l_1 верхніх анкерів.

9.5. По формулі (7.8) за відомим значенням параметрів N_1 , N_2 і l_1 визначається активна довжина l_2 нижніх анкерів.

9.6. Висота установлення анкерів $h_{1,2}$ від підшови виробки визначається за формулою:

$$h_{1,2} = h + r_g \cos \theta_2, \text{ м}, \quad (7.9)$$

де h – висота прямолінійної (вертикальної) частини породного контуру виробки (див. рис. 7.5), м.

7.1.3 Розрахунок рамно-анкерного кріплення

1. Конструктивно-розрахункова схема зведення рамно-анкерного кріплення наведена на рис. 7.6. Розрахунковими параметрами є: θ_1 і θ_2 – кути установлення верхніх і нижніх анкерів; N_1 і N_2 – реакції опору верхніх і нижніх анкерів, що діють посередині прольоту між сусідніми рамами; N_1^P і N_2^P – реакції опору верхніх і нижніх анкерів, що діють на раму; l_1 і l_2 – активні довжини верхніх і нижніх анкерів.

2. Раціональний кут установлення верхніх анкерів:

$$\theta_1 = \frac{\pi}{12} \left\{ 1 + \exp \left[-0,008 \sigma_{cm}^o \phi \left(\frac{U_\epsilon}{U_\delta} - 1 \right) \right] \right\} \left(\frac{U_\epsilon}{U_\delta} - 1 \right)^{0,45} \times$$

$$\times \left\{ 1 - \exp \left[-10^{-3} \frac{E_{II} l_1^2 L_2}{E_p W_p} \exp^2 \left(-0,76 \frac{L_2}{r_b} \right) \right] \right\}^{0,57}, \text{ рад.} \quad (7.10)$$

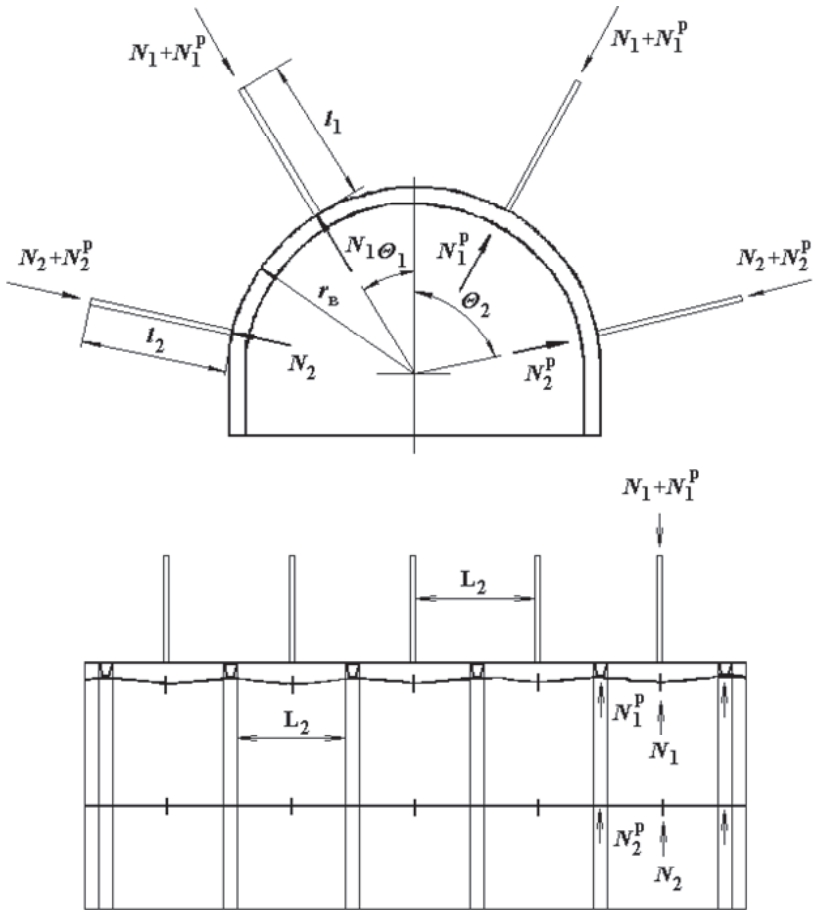


Рисунок 7.6 – Конструктивно-розрахункова схема установлення рамно-анкерного кріплення

3. Рациональний кут установлення нижніх анкерів:

$$\theta_2 = \frac{\pi}{4} \left\{ 1,22 + 0,78 \exp \left[-0,006 \sigma_{cm}^o \left(\frac{U_e}{U_6} - 1 \right) \right] \right\} \left(\frac{U_e}{U_6} - 1 \right)^{0,31} \times$$

$$\times \left\{ 1 - 0,63 \exp \left[-1,2 \cdot 10^{-3} \frac{E_{II} l_2^2 L_2}{E_p W_p} \exp^2 \left(-0,76 \frac{L_2}{r_6} \right) \right] \right\}^{0,63}, \text{ рад.} \quad (7.11)$$

4. Необхідна реакція опору верхніх анкерів N_1 , що діє посередині між рамами, розраховується за формулами:

$$N_1 = 8,48 \cdot 10^{-5} \frac{r_6}{A} (r_{II} - 1)^{0,75} L_2 \exp \left(0,76 \frac{L_2}{r_6} \right) \exp(-0,021 \sigma_{cm}^o \phi) \times \\ \times \left\{ 1 - \exp \left[-0,61 \left(\frac{E_{II} L_2 r_6^2}{10^3 E_p W_p} \right)^{0,68} \right] \right\} W_p^{-0,5} \left(\frac{U_6}{U_6} \right)^{0,42}, \text{ МН.} \quad (7.12)$$

5. Необхідна реакція опору нижніх анкерів N_2 , що діє посередині між рамами, визначається за формулою:

$$N_2 = 0,016 \frac{r_6}{A} (r_{II} - 1)^{0,64} L_2 \exp \left(0,76 \frac{L_2}{r_6} \right) \exp(-0,017 \sigma_{cm}^o \phi) \times \\ \times \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{E_{II} L_2 r_6^2}{10^3 E_p W_p} \right)^{0,37} \right] \right\} \left(\frac{U_6}{U_6} \right)^{-0,53}, \text{ МН.} \quad (7.13)$$

6. Необхідна реакція опору верхніх анкерів, що діє на раму:

$$N_1^p = 7,69 \cdot 10^{-7} r_6 A^{-0,43} (r_{II} - 1)^{0,34} \frac{L_2}{W_p} \exp(-0,021 \sigma_{cm}^o \phi) \\ \left(\frac{U_6}{U_6} \right)^{0,54} \left(\frac{10^3 E_p W_p}{E_{II} L_2 r_6^2} \right)^{0,31}, \text{ МН.} \quad (7.14)$$

7. Необхідна реакція опору нижніх анкерів, що діє на раму:

$$N_2^p = 1,47 \cdot 10^{-6} r_6 A^{-0,43} (r_{II} - 1)^{0,29} \frac{L_2}{W_p} \exp(-0,023 \sigma_{cm}^o \phi) \\ \left(\frac{U_6}{U_6} \right)^{-0,47} \left(\frac{10^3 E_p W_p}{E_{II} L_2 r_6^2} \right)^{0,27}, \text{ МН.} \quad (7.15)$$

8. Рациональне значення активної довжини верхніх анкерів:

$$l_1 = r_6 A^{-0,56} \exp \left(0,76 \frac{L_2}{r_6} \right) (0,40 - 0,0023 \sigma_{cm}^o \phi + 0,018 r_{II}) \times \\ \times \sqrt{L_2} \left(\frac{U_6}{U_6} \right)^{0,35} \left(\frac{E_{II} L_2 r_6^2}{10^3 E_p W_p} \right)^{0,15}, \text{ м.} \quad (7.16)$$

9. Раціональне значення активної довжини нижніх анкерів l_2 :

$$l_2 = 1,42r_6 A^{-0,68} \exp\left(0,76 \frac{L_2}{r_6}\right) \left(0,35 - 0,0027\sigma_{cm}^o \phi + 0,016r_{II}\right) \times \\ \times \sqrt{L_2} \left(\frac{U_6}{U_6}\right)^{-0,29} \left(\frac{E_{II} L_2 r_6^2}{10^3 E_p W_p}\right)^{0,19}, \text{ м.} \quad (7.17)$$

10. Вихідні параметри, що входять до розрахункових виразів (7.10) – (7.17), мають розмірність: параметри U_6 , U_6 , σ_{cm}^o , ϕ , r_6 , r_{II} і L_2 – по п. 8 §7.1.2; модуль пружності породи E_{II} – МПа; модуль пружності матеріалу рамного кріплення E_p – МПа; момент опору перерізу рамного кріплення W_p – м³.

11. Порядок розрахунку раціональних параметрів рамно-анкерного кріплення наступний.

11.1. По формулах (7.12) і (7.13) визначають реакції N_1 й N_2 верхніх і нижніх анкерів, що діють посередині між рамами.

11.2. По формулах (7.14) і (7.15) визначають реакції N_1^P й N_2^P верхніх і нижніх анкерів, що діють на раму.

11.3. По формулах (7.16) і (7.17) визначають раціональні значення l_1 й l_2 активних довжин верхніх і нижніх анкерів.

11.4. Обчислені значення l_1 й l_2 підставляють у формули (7.10) і (7.11), за якими визначають раціональні кути θ_1 й θ_2 установлення верхніх і нижніх анкерів.

3.11.5. Раціональні значення висоти h установлення анкерів від підшови виробки визначаються по п. 9.6 §7.1.2.

11.6. Мінімально допустима несуча здатність анкерів:

$$N_{1,2}^a = N_{1,2} + N_{1,2}^P, \text{ МН.}$$

11.7. Регулювання співвідношення реакцій $N_{1,2}^a$ і $N_{1,2}^P$, що діють на раму й посередині між рамами, забезпечується установленням деформаційних прокладок при натягу анкера за схемою, наведеною на рис. 7.7. Величина реакцій $N_{1,2}$ розраховується за формулою:

$$N_{1,2} = E_\delta S_\delta \left(1 - \frac{m_{K1,2}}{m_H}\right), \text{ МН,} \quad (7.18)$$

де E_δ – модуль деформації прокладки, МПа;

S_δ – площа контакту прокладки й опорної плити, м²;

m_H і m_K – початкова й кінцеві товщини прокладок, мм.

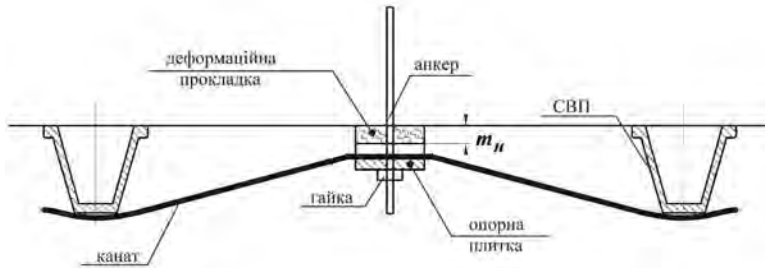


Рисунок 7.7 – Конструктивна схема регулювання розподілу реакції анкерів у рамно-анкерному кріпленні

7.1.4 Розрахунок рамного кріплення з тампонажем закріпного простору

1. Конструктивно-розрахункова схема зведення кріплення наведена на рис. 7.8. Розрахунковими параметрами є: θ_2 – кут установлення нижніх кондукторів (у боках виробки) для подачі суміші, що твердіє (верхні кондуктори завжди встановлюються в замку склепіння $\theta_1 = 0^\circ$); $\delta_{II_{min}}$ – мінімальна товщина (глибина проникнення суміші, що твердіє) зміцненої породної оболонки в поперечному перерізі виробки, розташованому посередині між сусідніми кондукторами; W_p / L_2 – відношення моменту опору перерізу рами до кроку L_2 її установки уздовж виробки; σ_{cm}^T – міцність на стиск отверділого тампонажного розчину.

2. Зміна глибини проникнення тампонажного розчину в поперечному й поздовжньому перерізах виробки досить адекватно описується рівнянням:

$$\delta_{II}(\theta, Z) = \delta_{0_{min}} \left(1 + a \sin \theta + b \cos \theta \right) \left[1 + \left(\frac{\delta_{0_{max}}}{\delta_{0_{min}}} - 1 \right) \sin \pi \frac{Z}{L_1} \right], \quad (7.19)$$

де $\delta_{0_{min}}$, $\delta_{0_{max}}$, a і b – параметри, що визначаються експериментально в конкретних гірничо-геологічних умовах спорудження виробки.

2.1. Експериментально глибина проникнення тампонажного розчину здійснюється вибурюванням кернів у зміцненій породі, наприклад, електричним свердлом СЕР-19М із твердосплавною коронкою СА-1. Глибина проникнення

розчину визначається максимальною довжиною буріння, при якій у кернях по-
літні прошарки тампонажного розчину.

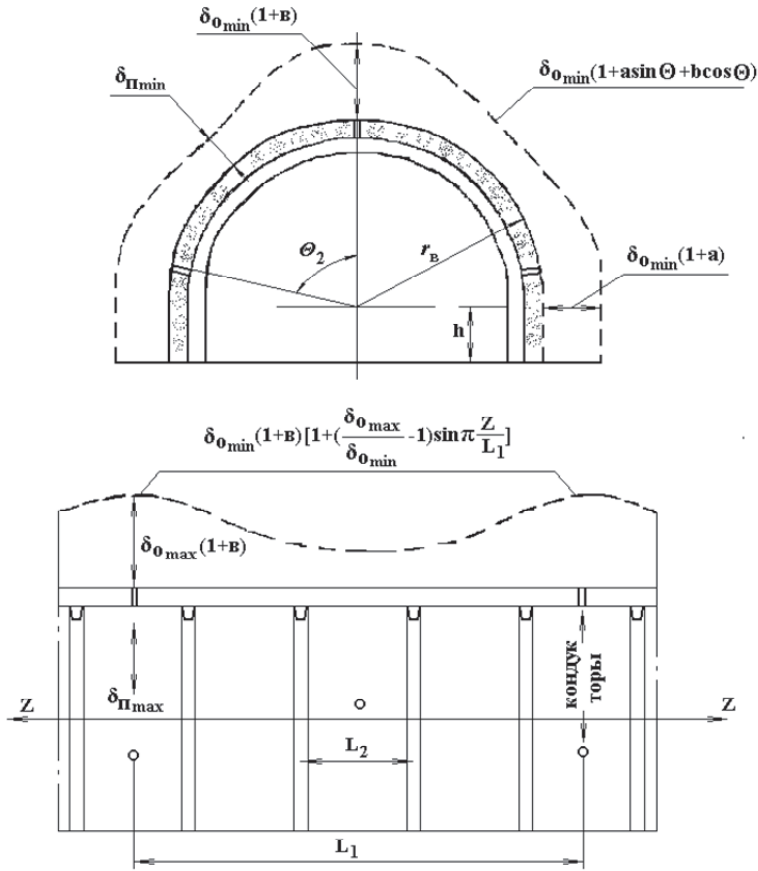


Рисунок 7.8 – Конструктивно-розрахункова схема рамного кріплення
з тампонажем закріпного простору

2.2. Буріння здійснюється в ряді перерізів виробки, у кожному з них – у п'яти точках: Δ_1 – у замку склепіння ($\theta = 0^\circ$), Δ_3 – у п'яті склепіння ($\theta = 90^\circ$), Δ_2 – посередині між п'ятою й замком склепіння ($\theta = 45^\circ$).

2.3. Параметри рівняння (7.19) визначають за формулою:

$$\left. \begin{aligned} \delta_0 &= 1,74(\Delta_1 + \Delta_3) - 2,46\Delta_2; \\ a &= \frac{\Delta_3}{1,74(\Delta_1 + \Delta_3) - 2,46\Delta_2} - 1; \\ e &= \frac{\Delta_1}{1,74(\Delta_1 + \Delta_3) - 2,46\Delta_2} - 1. \end{aligned} \right\} \quad (7.20)$$

Параметр δ_{0min} визначається в перерізі посередині між сусідніми кондукторами; параметр δ_{0max} – у перерізі виробки, де розташовані кондуктори.

2.4. Використовувані в розрахункових виразах параметри $\delta_{\Pi min}$ й $\delta_{\Pi max}$:

$$\delta_{\Pi min, max} = \delta_{0min, max} \left(1 - \sqrt{a^2 - \delta^2} \right). \quad (7.21)$$

3. Раціональний кут установлення нижніх кондукторів визначається за формулою:

$$\theta_2 = \frac{\pi}{2} (1,128 - 0,714a + 0,894e) \left\{ 0,79 + 0,24 \exp \left[-4,3 \cdot 10^{-3} \left(1 + \frac{U_g}{U_\delta} \right) \sigma_{сж}^o \phi \right] \right\}, \text{ рад} \quad (7.22)$$

4. Необхідна мінімальна товщина $\delta_{\Pi min}$ зміцненого породного шару розраховується за трансцендентним рівнянням:

$$\begin{aligned} \delta_{\Pi min} &= 1,16 \delta_T \left(1 + \frac{\delta_{\Pi min}}{r_g} \right)^{0,82} \left(\frac{\delta_{\Pi min}^2 E_T}{\delta_T^2 E_{\Pi}} \right)^{0,14} \ln \left(2,05 + 0,31 \frac{U_g}{U_\delta} \right) \times \\ &\times \left\{ \frac{\delta_{\Pi min}}{\delta_{\Pi max}} + \left(1 - \frac{\delta_{\Pi min}}{\delta_{\Pi max}} \right) \left[1 - \exp \left(-0,53 \frac{L_1}{r_g} \right) \right] \right\}, \text{ м}. \end{aligned} \quad (7.23)$$

5. Рекомендоване відношення W_p / L_2 визначається за рівнянням:

$$\begin{aligned} \frac{W_p}{L_2} &= 10,26 \cdot 10^{-2} \left(0,78 \delta_{\Pi min}^2 + \delta_T^2 \right) \ln \left(2,47 + 1,61 \frac{U_g}{U_\delta} \right) \frac{\sigma_{cm}^T}{\sigma_p} \times \\ &\times \exp \left[-0,238 \left(\frac{\delta_{\Pi min}^2 E_{\Pi} + \delta_T^2 E_T}{W_p E_p} L_2 \right)^{0,41} \right], \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (7.24)$$

6. Необхідна міцність тампонажного каменю на стиск:

$$\sigma_{сж}^T = 0,8 (r_{\Pi} - 1)^{0,24} \left(\frac{r_g}{\delta_{\Pi min}} \right)^2 \exp(-0,017 \sigma_{cm}^o \phi) \ln \left(1,97 + 0,91 \frac{U_g}{U_\delta} \right) \times$$

$$\times \left[1 - \exp \left(-0,034 \frac{\delta_{IImin}^2 E_{II} + \delta_T^2 E_T}{W_p E_p} L_2 \right) \right], \text{ МПа,} \quad (7.25)$$

де δ_T – товщина тампонажного шару (закріпного простору), м;
 E_T – модуль пружності тампонажного каменю, МПа;
 σ_p – границя текучості марки сталі рамного кріплення, МПа;
 δ_{IImin} – мінімальна товщина зміцнених порід у перерізі розташування кондукторів, м.

7. Порядок розрахунку раціональних параметрів рамного кріплення з тампонажом закріпного простору такий.

7.1. По формулі (7.22) визначається раціональний кут Q_2 установаження нижніх кондукторів; висота їх установаження від підшови виробки розраховується по формулі (7.9).

7.2. Рішенням трансцендентного рівняння (7.23) визначається мінімально необхідна товщина δ_{IImin} зміцненого породного шару в перерізі посередині між сусідніми кондукторами. Значення δ_{IImin} разом з величиною δ_{IImax} при експериментально певному зв'язку між ними (у конкретних гірничо-геологічних умовах спорудження виробки) є основою для вибору раціонального кроку установажки L_1 кондукторів уздовж виробки.

7.3. Спільне рішення рівнянь (7.24) і (7.25) визначає раціональне значення параметрів W_p / L_2 і σ_{cm}^T , при яких досягається рівномірність даного комбінованого кріплення. Для цього параметр σ_{cm}^T по формулі (7.25) підставляється в рівняння (7.24), рішення якого визначає раціональне значення параметра W_p / L_2 , що, у свою чергу, підставляється у формулу (7.25) і розраховується раціональна міцність σ_{cm}^T тампонажного каменю на стиск. По величині σ_{cm}^T підбирається необхідний склад суміші, що твердіє, для виробництва тампонажних робіт.

7.2 Підтримка гірничих виробок у зоні впливу очисних робіт і розрахунок параметрів кріпильних систем

7.2.1 Геомеханіка комп'ютерного моделювання системи «масив – кріплення» підготовчих виробок

Проблема прогнозування проявів гірського тиску в підземних виробках має вже вікову історію і, як і раніше, не втратила своєї актуальності, що підтверджується численними сучасними дослідженнями геомеханічних процесів в

околі виробок. Такий інтерес до даної проблеми зумовлений, насамперед, потребами гірничодобувної галузі, оскільки стійкість мережі підземних виробок визначає ефективність функціонування шахти в цілому.

Принципово новий якісний рівень сучасних геомеханічних досліджень сформували два основних фактори: розвиток комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням і створення досить великої бази даних механічних властивостей гірських порід як у domeжовому, так і в позамежному станах з урахуванням реології поведінки масиву й впливів послаблюючих геологічного й техногенного характеру. Поєднання зазначених факторів дозволяє вирішувати недоступні раніше досить складні геомеханічні задачі, що характеризуються одночасним урахуванням просторової неоднорідності механічних, геометричних і силових параметрів системи «масив – кріплення».

У цьому зв'язку нові потенційні можливості досліджень настійно вимагають удосконалювання системного методологічного підходу при моделюванні геомеханічних процесів в околі виробки, головна концепція якого полягає в максимально достовірному відбитті властивостей, структури, конструктивних і силових параметрів об'єкта дослідження.

Накопичений досвід комп'ютерного дослідження геомеханічних процесів указує на доцільність поетапного наближення моделі до реального об'єкта з багаторазовим повторенням циклів оцінки вірогідності й адекватності отриманих результатів. Поетапність досліджень має на увазі:

– моделювання механічних властивостей породного масиву в кілька послідовних стадій: пружне й пружно-пластичне деформування в domeжовому стані, деформування в позамежному стані з урахуванням знеміцнення й розпушення породи, реологічна модель пружно-пластичного деформування в domeжовому стані, реологічна модель повної діаграми деформування породи;

– моделювання структури масиву в околі виробки: шаруватий вуглевмісний масив, представлений породами з різними фізико-механічними властивостями; масив з порушеними контактами між породними шарами; порушені контакти між породними шарами з моделюванням основних систем природної тріщинуватості в межах кожного шару;

– моделювання кріплення виробляється для типових перерізів гірничих виробок у напрямку послідовного наближення до її реальних конструктивно-технологічних особливостей: кріплення з межрамною огорожею і забутованим закріпним простором; просторове (третя координата – поздовжня вісь виробки) моделювання групи рам з конструктивною ідеалізацією вузлів піддатливості (замкових з'єднань) і межрамної огорожі; просторове моделювання в пружній постановці (обов'язкове для дискретно встановлюваних уздовж виробки типів

кріплення рамних, анкерних, рамно-анкерних і т.п.) з конструктивною ідеалізацією найбільш геометрично складних вузлів при збереженні принципу їх роботи; просторове моделювання в пружній постановці з повним відображенням геометричних параметрів усіх вузлів кріплення; просторове моделювання за повною діаграмою деформування матеріалів (сталь, бетон, дерево й ін., забутування зі зруйнованої породи або заповнення тампонажним розчином закріпного простору; зміцнені сумішами, що твердіють, приконтурні породи тощо) всіх реальних конструктивних особливостей конкретного типу кріплення;

– поетапне обґрунтування вихідних положень моделювання: на першій стадії вибирається (найбільш характерна для конкретної гірничо-геологічної й гірничотехнічної ситуації) структура й властивості породного масиву, що вміщує виробку; конструкція кріплення, початкові й граничні умови її взаємодії з приконтурними породами, розміри просторової моделі й т.п.; на другій стадії вибираються найбільш характерні (для даної шахти або геолого-промислового району) діапазони зміни структури й властивостей вмісного масиву, інтервали варіації типових перерізів виробок з відповідними конструкціями кріплення та його типорозмірів, варіанти режимів роботи кріплення з відповідними граничними умовами; на третій стадії досліджується поведінка системи «масив – кріплення» для крайніх значень вибраних діапазонів застосування її параметрів; на четвертій стадії обґрунтовуються діапазони зміни основних впливних параметрів системи «масив – кріплення», варіанти початкових і граничних умов її деформування, доцільні розміри геомеханічної моделі стосовно до конкретної виробки, шахти або геолого-промислового району;

– оцінка вірогідності й адекватності геомеханічної моделі: послідовна оцінка окремо кожних із прийнятих у моделі ідеалізацій і допущень за геометричними, механічними і силовими параметрами системи «масив – кріплення» на основі відповідних розрахунків і наступного аналізу її напружено-деформованого стану (НДС) по кожній з компонент напружень і переміщень; аналіз ступеня похибки допущень та ідеалізацій формованої геомеханічної моделі та її коректування за результатами аналізу; перевірка адекватності й вірогідності результатів моделювання на відповідність існуючим аналітичним, лабораторним і шахтним дослідженням і коректування моделі на основі отриманих висновків;

– узагальнення результатів моделювання й розробка рекомендацій: для обґрунтованих раніше діапазонів зміни геометричних, механічних і силових параметрів системи «масив – кріплення» проводиться комплекс розрахунків її НДС, що формує базу даних для побудови рівнянь регресії зв'язку параметрів системи (істотно впливають на її НДС) і характеристик стану виробки; на осно-

ві сім'ї рівнянь регресії створюється методика прогнозу проявів гірського тиску й оцінки стану виробки для конкретної шахти або геолого-промислового району в цілому.

7.2.2 Технологія проведення обчислювального експерименту методом скінченних елементів

Викладені методологічні принципи проведення комп'ютерного моделювання геомеханічних процесів в околі пластової підготовчої виробки дозволяють, на наш погляд, розробити найбільш об'єктивну методику прогнозу оцінки її стану, що досить повно враховує основні впливні фактори. Конкретизація пропонованого підходу наведена на прикладі оцінки стану пластової підготовчої виробки поза зоною впливу очисних робіт для умов шаруватого вуглевмісного масиву слабких порід, наприклад Західного Донбасу. Для наочності алгоритм досліджень відображено у вигляді послідовності виконання етапів із супроводом деякими ілюстраціями.

1. *Глибина розташування виробки.*
2. *Орієнтування виробки щодо вугільного пласта.*
3. *Структура вуглевмісної товщі.*
4. *Механічні характеристики масиву, що вміщає виробку, у domeжовому стані.*
5. *Типовий переріз виробки.*
6. *Конструктивно-технологічні характеристики кріплення.*

Викладені шість етапів стосуються обґрунтування вихідних даних для комп'ютерного моделювання поведінки системи «масив – кріплення»; наступні етапи спрямовані на її вдосконалювання й оцінку адекватності й вірогідності відповідно до запропонованої методології моделювання геомеханічних процесів.

7. *Оцінка розмірів (по координатах Y , X і Z) просторової геомеханічної моделі.* Завдання етапу – установлення мінімально достатніх розмірів системи «масив – кріплення», при яких граничні умови по поверхнях моделі не роблять істотного впливу на збурювання поля напружень і переміщень в околі виробки. Для цього досить, щоб компоненти НДС на граничних поверхнях моделі наближалися до вихідного негідростатичного стану недоторканого масиву з похибкою до 10%. При цьому розрахунок НДС виконується в пружній постановці, що, з одного боку, найбільш чутлива до збурювань полів напружень і переміщень, викликаних неоднорідністю геометричних і механічних параметрів системи; з іншого боку, відносна погрішність НДС на границях моделі не пов'язана із глибиною розробки.

Як ілюстрація обґрунтування даного пункту на рис. 7.9 наведено епюри вертикальних σ_y і горизонтальних σ_x напружень при одному з поєднань геометричних і механічних параметрів системи при її розмірах: по координаті $Y - 36$ м, $X - 30$ м і $Z - 3,2$ м (7 рам уздовж виробки із кроком установлення 0,5 м). Як видно з рис. 7.9, а, уздовж (по координаті X) верхньої та нижньої граничних поверхонь моделі встановлюється практично рівномірний (максимальне відхилення не перевищує 6%) розподіл компоненти σ_y , що відповідає величині γH (γ – середньозважена об’ємна вага породи, H – глибина розташування верхньої й нижньої поверхонь моделі) недоторканого масиву, що вказує на достатність прийнятих вертикальних розмірів моделі по фактору поля σ_y . Горизонтальні напруги σ_x відносно стабілізуються тільки на верхній (відхилення до 16%) і нижній (відхилення до 14%) граничних поверхнях моделі (див. рис. 7.9, б) і близькі до величини $\lambda\gamma H$ ($\lambda = \mu / 1 - \mu$, μ – коефіцієнт Пуассона) недоторканого масиву. На бічних граничних поверхнях моделі є досить значні коливання σ_x , що пояснюється виникненням додаткових згинальних напружень σ_x від прогину породних шарів у порожнину виробки й не суперечить класичним положенням механіки твердого деформованого тіла.

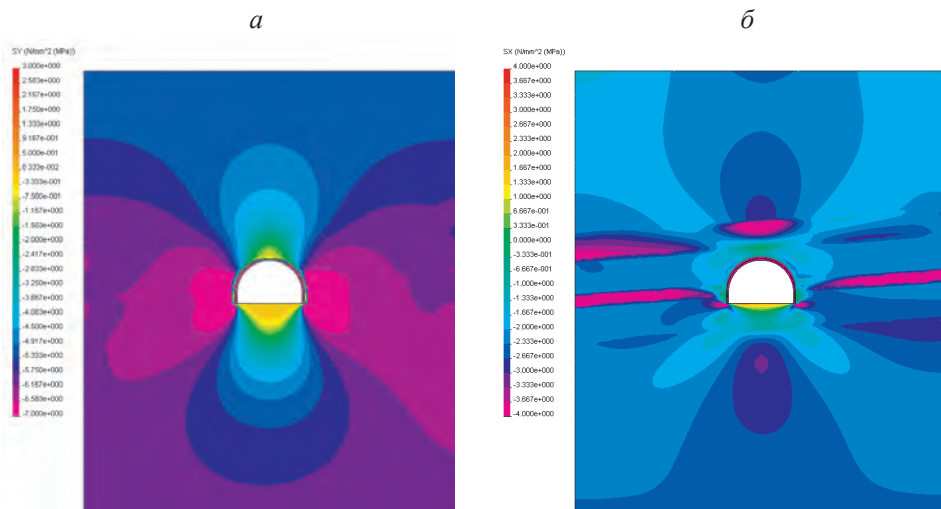


Рисунок 7.9 – Розподіл вертикальних σ_y (а) і горизонтальних σ_x (б) напружень в околі штреку без порушення контакту між породними шарами

Це явище зумовлене урахуванням шаруватості масиву, коли кривизна нейтральної осі вигину ближніх до виробки породних шарів змінює знак через їх невелику потужність, і коливання σ_x зростають до 100% – 120% від $\lambda\gamma H$. Таким чином, по фактору поля σ_x розміри моделі недостатні й вимагають збільшення. Проаналізувавши поле всіх компонентів напружень і переміщень (при даному поєднанні параметрів системи «масив – кріплення»), встановлено мінімально достатні розміри моделі: по координаті Y – 40 м, по координаті X – 50 м; по координаті Z стабільність НДС досягається при моделюванні вже п'яти рам уздовж виробки ($Z = 2,2$ м).

Аналогічне дослідження виконано при декількох крайніх поєднаннях параметрів системи «масив – кріплення», для якої найбільш істотно впливовими є структура й властивості вуглевмісного масиву. У розглянутій геомеханічній задачі було доцільно виділити два крайніх випадки: максимально різномірні по модулю деформації сусідні шари вуглевмісної товщі, складеної тонкими та потужними породними шарами. Проведений обчислювальний експеримент не змінив вищевказані мінімально достатні розміри моделі.

8. *Оцінка відповідності результатів розрахунку НДС (у пружній постановці) класичним положенням механіки підземних споруд.* Аналіз результатів розрахунку НДС моделей етапу №7 зроблений по кожній компоненті напружень, у ході якого встановлювалася наявність або відсутність протиріч положенням механіки підземних споруд у цілому або відомих досліджень (у даній області) зокрема. Наприклад, на рис. 7.9, а чітко простежуються загальновідомі факти утворення в покрівлі й підшві виробки зон розвантаження з появою розтяжних вертикальних напружень σ_y . Ці зони провокують розвиток склепіння обвалення порід у покрівлі й здимання підшви, якому сприяє концентрація стискаючих σ_y у боках виробки, що формує подобу зони опорного тиску. Відповідність класичним положенням поля горизонтальних напружень σ_x у приконтурних породах покрівлі й підшви, що інтенсифікують процес їх знеміцнення. Дотичні напруження τ_{xy} мають практично симетричний (щодо осі, що проходить під кутом 45° через центр координат) розподіл зі зміною знака (щодо вертикальної й горизонтальної осей виробки), що обумовлено малим кутом падіння вугільного шару та, відповідно, неістотною різницею між векторами головних напружень σ_1 , σ_3 і векторами σ_y , σ_x . Ці дані вказують на відповідність результатів розрахунку класичним положенням механіки твердого деформованого тіла. Testуванням епюр розподілу компонент напружень в равному кріпленні встановлено наступне: горизонтальні напружень σ_x в районі замка склепіння мають близькі до максимуму значення й змінюють знак від розтягу у внутрішніх воло-

кнах до стиску в зовнішніх, що вказує на наявність максимуму згинального моменту, що деформує склепіння рами усередину виробки; максимум вертикальних напружень σ_y розташовується ближче до опори стояка рами й також змінює свій знак по товщині перерізу спецпрофіля, сприяючи вигину стояка, що знов-таки узгоджується із численними дослідженнями роботи рамного кріплення; максимуми інтенсивності наведених напружень σ розташовуються в районі замка склепіння й боках рами на ділянці між п'ятою склепіння й опорою стояка, що узгоджується з фактами появи пластичних деформацій і руйнування кріплення (на відзначених ділянках), установленими в ході шахтних спостережень.

Таким чином, аналіз результатів розрахунку НДС моделей етапу №7 не виявив протиріч основним положенням механіки підземних споруд і відповідних дослідженням взаємодії породного масиву із кріпленням виробки. Більш того, встановлено, що дотичні напруження по поверхнях нашарувань породних шарів і вугілля, як правило, істотно перевищують (іноді на порядок) сили зчеплення (або опору чистому зсуву) між шарами. Тому в околі виробки відбувається порушення контакту між сусідніми шарами породи, що необхідно відображати в геомеханічній моделі для підвищення її вірогідності.

9. *Облік порушених контактів між шарами вуглевмісної товщі в околі виробки.* Завдання етапу – змодельовати в пружній постановці порушені контакти між сусідніми шарами (факт установлений при дослідженнях етапу №8), що зумовлює можливість їх проковзування відносно один одного при прогині в напрямку порожнини пластової виробки. Для наочності на рис. 7.10 наведена епюра σ_x при порушених контактах між шарами, що істотно відрізняється від відповідної епюри (див. рис. 7.9, б) з непорушеними контактами у бік збільшення прогину шарів і відповідних концентрацій напружень σ_x . Аналогічні тенденції спостерігаються й з іншими компонентами поля напружень в околі виробки, що доводить необхідність урахування порушень за площинами нашарування вуглевмісної породної товщі та зумовлює підвищення адекватності моделі системи «масив – кріплення» і вірогідності результатів розрахунку її НДС.

10. *Оцінка розмірів моделі при урахуванні порушених контактів між породними шарами.* За аналогією з дослідженнями етапу №7 визначено мінімально достатні розміри моделі. Необхідність цього етапу викликана збільшенням інтенсивності прогину породних шарів при порушеннях міжшарових контактів, що доводиться збільшенням мінімально необхідної ширини моделі (по координаті X до 60 м). По вертикальній координаті Y й осьовій координаті Z довжини пластової виробки розміри моделі залишаються колишніми.

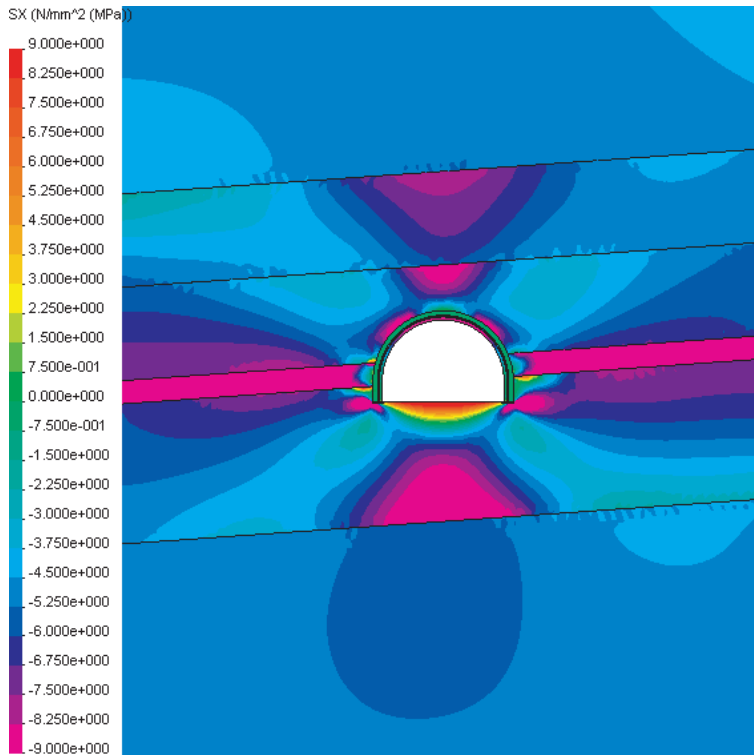


Рисунок 7.10 – Епюри горизонтальних напружень σ_x при порушених контактах між шарами

11. *Обґрунтування структури моделі прилеглої вуглевмісної товщі порід.* Завдання етапу – оцінити два взаємозалежних фактори: по-перше, з'ясувати, наскільки впливає (на НДС системи «масив – кріплення») потужність породних шарів і вугільного пласта й, по-друге, чи можливо будову прилеглої вуглевмісної товщі досить вірогідно описати однією моделлю. Таке прагнення обумовлене особливостями методу скінченних елементів, що передбачають побудову нової моделі щораз при зміні яких-небудь її геометричних параметрів; з іншого боку, необхідно обмежитися, по можливості, меншою кількістю варіантів структури масиву в околі виробки при максимальному їх охопленні реальної будови вуглевмісної товщі порід, наприклад, Західного Донбасу.

12. *Оцінка впливу деформаційних характеристик прилеглих породних шарів на НДС системи «масив – кріплення».* Завдання етапу містить три складові: по-перше, виявити закономірності впливу деформаційних характеристик пород-

них шарів на НДС системи в цілому й, зокрема, на розміри зон опорного тиску й розвантаження (в околі виробки) як фактори, що визначають інтенсивність проявів гірського тиску; по-друге, оцінити відповідність результатів моделювання положенням механіки підземних споруд і існуючих уявлень про геомеханічні процеси навколо виробки; по-третє, установити кількісні закономірності росту зон опорного тиску й розвантаження зі збільшенням глибини розташування виробки.

Підбиваючи проміжний підсумок, відзначимо, що етапи №7 – 12 обґрунтували особливості стану системи «масив – кріплення» і дали позитивну оцінку адекватності результатів моделювання (у пружній постановці) основним положенням механіки підземних споруд і сучасним уявленням про геомеханічні процеси в шаруватому масиві в околі пластової виробки. Наступні етапи спрямовані на вдосконалювання моделі в частині обліку повної діаграми деформування матеріалів всіх елементів системи і на оцінку адекватності й вірогідності за результатами існуючих аналітичних, лабораторних і шахтних досліджень у цій області.

13. *Обґрунтування механічних характеристик повних діаграм деформування матеріалів елементів системи «масив – кріплення».* Відповідно до загальноприйнятої в геомеханіці ідеалізації повна діаграма деформування породи й вугілля моделюється трьома лінійними ділянками з такими характеристиками: межа міцності на одновісний стиск σ_{cm} , відносна залишкова міцність $\sigma_{cm}^o / \sigma_{cm}$ на стадії розпушення, модуль деформації E на пружно-пластичній стадії й відносний модуль спаду M / E на стадії знеміцнення. Сучасні дослідження поза межного стану порід, наприклад Західного Донбасу, дозволили обґрунтувати найбільш об'єктивні інтервали зміни перерахованих вище характеристик: $0,05 \leq \sigma_{cm}^o / \sigma_{cm} \leq 0,20$; $0,5 \leq M / E \leq 3$. Характеристики domeжового стану зазначені раніше (етап №4); тут слід відзначити необхідність урахування факторів, які послабляють породу, найбільш обґрунтовано виконувати за рекомендаціями галузевих нормативних документів. Рамне кріплення (як встановлено на попередніх етапах) відчувають досить значні напруження й деформації, тому змодельовано реальну діаграму навантаження сталі Ст.5, що враховує площадку плинності при настанні граничного стану $\sigma = \sigma_T = 270$ МПа, а також стадію зміцнення металу до величини $\sigma = \sigma^e = 500 - 620$ МПа (σ_T і σ^e – границя текучості й тимчасовий опір розриву). Повна діаграма деформування затяжки через її вільний прогин (під навантаженням) і можливого наступного руйнування моделюється з модулем спаду, що прагне до нескінченності, і залишковою міц-

ністю, рівною нулю. Повна діаграма деформування зруйнованої породи в закріпленому просторі (забутування) побудована за результатами шахтних експериментів в умовах шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

14. *Розрахунок НДС системи «масив – кріплення» по повній діаграмі деформування матеріалів її елементів.*

15. *Оцінка адекватності й вірогідності результатів розрахунків НДС системи по повній діаграмі деформування матеріалів.* Адекватність результатів оцінюється за двома напрямками: аналіз особливостей полів напружень і переміщень та аналіз закономірностей впливу того або іншого геомеханічного параметра системи.

Вірогідність результатів оцінюється шляхом побудови сім'ї залежностей розвитку переміщень контуру виробки з ростом глибини H розробки при варіації того або іншого геомеханічного параметра системи «масив – кріплення». Ці залежності порівнюються з результатами шахтних спостережень і рекомендаціями галузевих керівних документів, для чого під конкретні гірничо-геологічні умови шахтного експерименту проводяться додаткові розрахунки.

16. *Дослідження впливу типорозміру поперечного перерізу виробки на переміщення її контуру.* Попередній етап довів адекватність і вірогідність пропонованої методики моделювання стану системи «масив – кріплення». Тому цілком обґрунтовано дослідження, виконані для одного типового перерізу виробки, провести для інших типових перерізів, які найбільш часто використовуються на конкретній шахті або по регіоні. Тут повторюються дослідження етапу №14 для кожного з вибраних типових перерізів і створюється база даних по закономірностях розвитку переміщень контуру виробки з ростом глибини розробки.

17. *Аналіз закономірностей впливу розмірів перерізу й оцінка їх вірогідності.* За результатами розрахунків етапу №16 встановлюються закономірності зміни переміщень на всіх ділянках контуру виробки при змінній площі S_{cv} поперечного перерізу виробки у світлі до осідання (як найбільш об'єктивний параметр, що характеризує типовий переріз). Ці закономірності оцінюються на предмет відповідності рекомендаціям нормативних методик.

18. *Створення методики прогнозу стану пластової виробки.* У ході виконання попередніх етапів досліджень виходить досить великий масив даних стосовно впливу основних геомеханічних параметрів на стан системи «масив – кріплення» у цілому й переміщення контуру виробки зокрема. Використовуючи методи кореляційно-дисперсійного аналізу зазначених даних, будуються рівняння багатofакторної регресії для розрахунку переміщень по всьому периметру виробки, які разом з комплексом критеріїв дозволяють дати досить об'єктив-

ну прогнозу оцінку експлуатаційного стану пластової виробки, що споруджується в шаруватому масиві слабких порід.

19. *Перспективи розвитку запропонованої методики.* З появою більш удосконаленого програмного забезпечення й комп'ютерної техніки виникає можливість моделювання більш складних геомеханічних систем, які враховують зростаючу кількість факторів. У цьому плані з'являються перспективи одночасного моделювання не тільки реальних конструктивних особливостей кріплення й структури неоднорідного шаруватого масиву, але і його порушеність природною й штучною тріщинуватістю, реологію поведінки масиву в domeжовому і позамежному станах і т.п. Розвиток методики реалізується в її поширенні на умови впливу очисних робіт, моделювання способів охорони виробки й ув'язка її стану із просторово-часовими параметрами очисних робіт.

7.2.3 Технологія зміцнення порід покрівлі комбінованими анкерними системами

Відповідно до загальної стратегії вибору параметрів елементів кріпильної системи виїмкової виробки залежно від гірничо-геологічних умов її підтримки основне завдання розділу полягає у визначенні раціональних параметрів розміщення сталеполімерних і канатних анкерів, що зміцнюють породи покрівлі пластової виробки. Під раціональними параметрами сталеполімерних і канатних анкерів розуміються такі, які реалізують дві умови: з одного боку, анкери разом зі зміцненими породами покрівлі повинні максимально розвантажувати рамне кріплення для ефективного обмеження втрати перерізу виробки; з іншого боку, анкери в покрівлі повинні працювати з максимальною реакцією опору гірському тиску, тобто устанавлюватися в мінімально достатній кількості.

Окремий розгляд сталеполімерних і канатних анкерів у покрівлі виробки продиктовано такою обставиною.

По-перше, довжина канатних анкерів у два й більше рази перевищує довжину сталеполімерних, що визначає різні області зміцнення приконтурних порід.

По-друге, їхні функції істотно відрізняються одна від одної. Сталеполімерні анкери при зміцненні порід безпосередньої покрівлі склепіння виробки обмежують її розшарування й разом з бічними анкерами створюють зв'язки між окремими породними блоками. В остаточному підсумку формується породна плита, які сприймає на себе частину гірського тиску, що знижує навантаження на рамне кріплення.

Канатні анкери зв'язують безпосередню й основну покрівлю, що підвищує

стійкість як одного, так і другого породних обсягів над виробкою і захищають кріплення від гірського тиску.

Перелік параметрів установлення сталеполімерних анкерів, розміщених у покрівлі виробки по контуру верхняка рами, складається з визначення кута нахилу β_i анкера до горизонтальної осі виробки і його несучої здатності (виражена через діаметр d_i «арматури»). Задається довжина сталеполімерних l_i анкерів (2,4 м), що обумовлено їх функцією по формуванню несучої армопородної плити в покрівлі виробки. Розміри склепіння граничної рівноваги в покрівлі (у зоні стабілізації проявів гірського тиску) такі, що в більшості випадків цієї довжини недостатньо для закріплення їхніх замків у стійких породах і ці функції делегують канатним анкерам. Четвертим параметром є координата установлення кожного анкера x_i , що відлічується від вертикальної осі виробки по горизонталі.

При виявленні зв'язку координат установлення x_i сталеполімерних анкерів з геомеханічними факторами за сформульованими вище умовами використано закономірності зміни ступеня навантаженості анкерів. Силовий потенціал сталеполімерних анкерів у покрівлі реалізується тільки при інтенсивному прояві вертикальної складової гірського тиску. Це важливо для умов Західного Донбасу, де глибина закладення виробки $H \geq 400 - 450$ м і слабкі породи прилеглої вуглевмісного масиву ($R \leq 10 - 15$ МПа), а також низький опір стиску порід безпосередньої покрівлі при її підвищеній потужності ($b_m^* \leq 15 - 20$ МПа/м). Тут сталеполімерні анкери активно чинять опір процесам розшарування й опускання порід покрівлі виробки, що припускає підвищену щільність їх установлення. На практиці дана гірничо-геологічна ситуація характеризується розміщенням у покрівлі виробки до 7 – 9 анкерів. У більш сприятливих гірничо-геологічних умовах кількість анкерів у покрівлі істотно знижується (до 3 – 5 анкерів), оскільки вони залишаються недовантаженими, як показують результати обчислювальних експериментів.

Питання про мінімально необхідну кількість сталеполімерних анкерів у покрівлі сполучене з пошуком координати x_i розташування кожного анкера. При цьому перебір варіантів розрахунку істотно спрощується виходячи з таких міркувань.

По-перше, встановлено, що ступінь навантаження анкерів прямо пропорційний глибині H розміщення виробки й обернено пропорційний величині середнього розрахункового опору стиску R прилеглої вуглевмісної товщі. Під цим терміном розуміється радіус впливу виїмкової виробки на прилеглі породи, що становить 3 – 5 ширини виробки. Таким чином, підтверджуються відомі тенденції розвитку гірського тиску, інтенсивність якого традиційно пов'язують із від-

ношенням $\frac{H}{R}$, які для спрощення позначено b^r . Крім того, через поступове збільшення параметра H (за технологією розрахунку пружно-пластичної задачі) у ході одного обчислювального експерименту можна одержати набір значень за ступенем навантаженості анкерів.

По-друге, використовуючи дані досліджень, варіанти з підвищеною кількістю сталеполімерних анкерів у покрівлі розраховуються тільки для обмеженого кола складних гірничо-геологічних умов, відзначених вище.

По-третє, при істотному недовантаженні яких-небудь анкерів вони виключаються з розгляду при збереженні їх результатів. При цьому навантаження, сприймане недовантаженими анкерами, ураховується при збільшенні інтенсивності напруг за рахунок резерву опору, обумовленого площадкою й стадією зміцнення будь-якої сталі «арматури» анкера.

Використовуючи викладений підхід, отримано графіки залежностей координат x_i установаження сталеполімерних анкерів від параметрів b^r і b_m^r , які наведені на рис. 7.11. Попередньо встановлено, що розміщати більше шести анкерів у центральній частині покрівлі нераціонально через їх низьку завантаженість. Це підтверджується як серією різноманітних розрахунків НДС кріпильної системи, так і досвідом підтримки виїмкових виробок.

Тоді при симетричній (щодо вертикальної осі виробки) схемі установаження анкерів необхідно проаналізувати зміну трьох координат x_i ($i = 1, 2, 3$) залежно від гірничо-геологічних умов.

Спостерігається обернено пропорційний зв'язок координат x_i з величиною відношень b^r , що стабільно повторюється для всіх варіантів розрахунку поза залежністю від кількості анкерів у склепінні виробки. При великій величині відношення b^r (підвищена глибина розташування виробки при зниженій міцності прилеглого масиву) сталеполімерні анкери доцільно зосереджувати ближче до замка склепіння, що продиктовано досить інтенсивним розшаруванням покрівлі переважно посередині прольоту виробки, тобто у центральній частині її склепіння. При підвищеній стійкості порід, що вміщують виробку (зниження b^r величини), координати установаження анкерів переміщуються ближче до п'яти склепіння, а кількість анкерів у покрівлі знижується, що не суперечить існуючим уявленням і рекомендаціям. Анкери, для яких координата x_i досягає або перевищує координату розташування замка піддатливості рами, переходять в іншу якість – верхніх бічних анкерів.

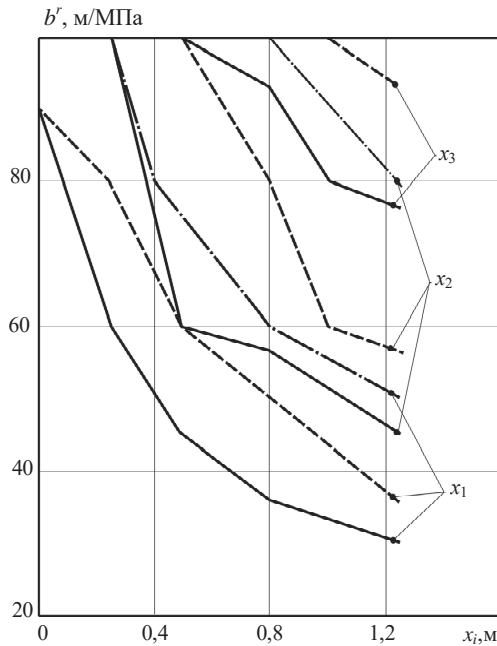


Рисунок 7.11 – Зв'язок координат x_i ($i=1, 2, 3$) установлення сталеполімерних анкерів у центральній частині склепіння виробки від параметра b^r

$$b_m^r = 4,8 \text{ МПа/м}; \quad \text{—}$$

$$\text{----} b_m^r = 10,2 \text{ МПа/м}; \quad \text{- - - -} b_m^r = 15,6 \text{ МПа/м}$$

Іншим способом на координати установлення сталеполімерних анкерів впливає відношення b_m^r . Зі збільшенням міцності породи покрівлі навантаження на анкери знижується, і їх кількість доцільно зменшувати, що відповідає збільшенню відстані між анкерами (зсуву координат їх установлення від замка до п'яти склепіння).

Виявлені закономірності зв'язку раціональних координат установлення сталеполімерних анкерів у склепінні виробки з геомеханічними параметрами її підтримки дозволили одержати набір рівнянь регресії за розрахунками значень x_1 , x_2 , x_3

$$x_1 = -5,8 \cdot 10^{-2} b_m^r \ln(0,015 b_m^r - 0,52), \text{ м}; \quad (7.26)$$

$$x_2 = 10^{-2} b_m^r \left[4,8 - 10,9 \ln(0,015 b_m^r - 0,52) \right], \text{ м}; \quad (7.27)$$

$$x_3 = 10^{-2} b_m^r \left[12,6 - 17,2 \ln(0,015 b^r - 0,52) \right], \text{ м.} \quad (7.28)$$

У наведених виразах індекс «1» позначає координату x_1 устанавлення сталеполімерного анкера з мінімальною відстанню від вертикальної осі виробки, а індекс «3» – з максимальною відстанню. Якщо величина x_3 перевищує горизонтальну координату розташування замка піддатливості рамного кріплення, то крайній анкер виключається зі схеми устанавлення анкерів у склепінні. Аналогічним чином розглядається доцільність устанавлення у склепінні сталеполімерних анкерів з координатами x_2 й x_1 . Тоді в деякій області співвідношення геомеханічних параметрів немає необхідності в устанавленні анкерів по контуру склепіння на ділянці між замками піддатливості рами. Обґрунтованість даного твердження полягає в тому, що стійка покрівля не навантажує анкери до рівня їх активної роботи з опору гірському тиску. Впливає й довжина анкерів, де мають місце різні зсуви порід покрівлі у хвостовику й на ділянці замка. При збільшеній довжині анкерів різниця в зазначених зсувах зростає, що сприяє їх повноцінному навантаженню. Слід відзначити особливості роботи рамного кріплення щодо підтримки покрівлі виїмкової виробки. Верхняк рами менш навантажений, чим її стояки кріплення, особливо у сприятливих гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу.

Таким чином, існує область гірничо-геологічних умов, коли спостерігається низька ефективність зміцнення сталеполімерними анкерами порід покрівлі в межах центральної частини склепіння виробки. Для визначення меж цієї області отримані такі співвідношення геомеханічних параметрів для виїмкових виробок із кріпленням КШПУ:

– для КШПУ – 11,0 (11,7)

$$b^r \leq 34,7 + 66,7 \exp(-17,2 b_m^r), \text{ м/МПа;} \quad (7.29)$$

– для КШПУ – 15,0

$$b^r \leq 34,7 + 66,7 \exp(-19,8 b_m^r), \text{ м/МПа;} \quad (7.30)$$

– для КШПУ – 17,7

$$b^r \leq 34,7 + 66,7 \exp(-22,4 b_m^r), \text{ м/МПа.} \quad (7.31)$$

При величині b^r менше розрахункової по формулах (7.29) – (7.31) не рекомендується устанавлення сталеполімерних анкерів у центральній частині склепіння. У протилежному разі координати розміщення анкерів і їх кількість визначаються за формулами (7.26) – (7.28).

Для оперативної оцінки доцільності розміщення анкерів у центральній час-

тині склепіння виробки побудовано графіки, що визначають межу зазначених областей по співвідношеннях геомеханічних параметрів b^r і b_m^r , які наведено на рис. 7.12.

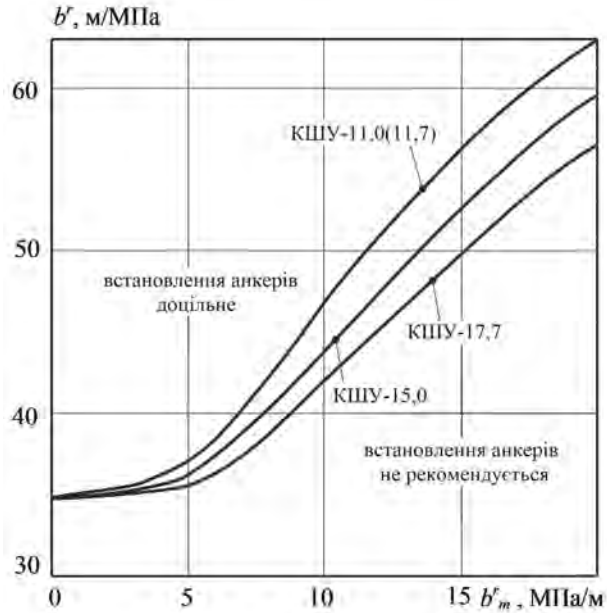


Рисунок 7.12 – Область доцільного розміщення сталеполімерних анкерів у центральній частині склепіння виїмкової виробки

Наступними параметрами установа сталеполімерних анкерів у склепінні виїмкової виробки є кут їх нахилу β_i та діаметр d_i несучого стрижня. При дослідженні постійно відзначався факт недовантаження розглянутої групи анкерів. Тут недоцільно застосовувати анкери звичайної конструкції, несуча здатність якої до 200 кН. Рекомендуються конструкції зі зменшеним діаметром «арматури» в інтервалі $d_i = 15 - 18$ мм, опір розриву якої у 2 – 2,5 рази нижче, ніж у звичайних конструкцій. Цього цілком достатньо для формування армопородної несучої плити в покрівлі виробки. Тому для даної групи анкерів недоцільно проводити дослідження з виявлення закономірностей зв'язку діаметра «арматури» з геомеханічними параметрами підтримки виробки. Величина діаметра d_i вибирається постійною для всієї групи анкерів у межах вищевказаного інтервалу.

Інша ситуація має місце з вибором раціональних кутів β_i нахилу сталеполімерних анкерів до горизонтальної осі виробки. Цей параметр пов'язаний з координатою x_i і є змінним для анкерів, установлених у центральній частині склепіння виробки. Максимальний ефект зміцнення масиву досягається коли поздовжня вісь анкера збігається з вектором переміщень порід покрівлі при даній координаті x_i . Відповідно до загальної тенденції зміни вектора переміщень порід від вертикального в замку склепіння до кососпрямованого в його п'яті отримано закономірності зв'язку кута β_i нахилу анкера з координатою x_i його установлення, які відображено на графіках рис. 7.13.

Спостерігається стабільне знакозмінне зниження β_i при зсуві місця установлення анкера (збільшення координати x_i) у бік замка піддатливості рами. Ця стабільність підтверджується несуттєвим впливом таких геомеханічних параметрів, як відношення b^r й b_m^r .

Так, при збільшенні параметра b^r в 2 рази діапазон варіації кута нахилу анкера становить 0 – 10% з максимальним відхиленням 11,8%. При зменшенні параметра b_m^r в 3,25 рази максимальне відхилення β_i не перевищує 10%. Наведені дані побічно підкреслюють об'єктивність критерію вибору кута нахилу анкера по вектору переміщень прилеглого масиву в напрямку порожнини виробки. Застосування кореляційно-дисперсійного аналізу результатів обчислювального експерименту дозволило одержати рівняння регресії

$$\beta_i = 90(1 - 0,41x_i^{0,8}), \text{ град.} \quad (7.32)$$

Корисність виразу (7.32) у сукупності з формулами (7.26) – (7.28) полягає в можливості обґрунтованого вибору параметрів установлення сталеполімерних анкерів по контуру склепіння виїмкової виробки.

Канатні анкери виконують основну функцію в процесі підтримки виїмкової виробки в зоні впливу очисних робіт. Глибинне зміцнення порід покрівлі, основний ефект якого полягає в обмеженні розшарування потужної структури з порід безпосередньої й основної покрівлі, не тільки обмежує їх опускання у виробку, але й підвищує опір гірському тиску.

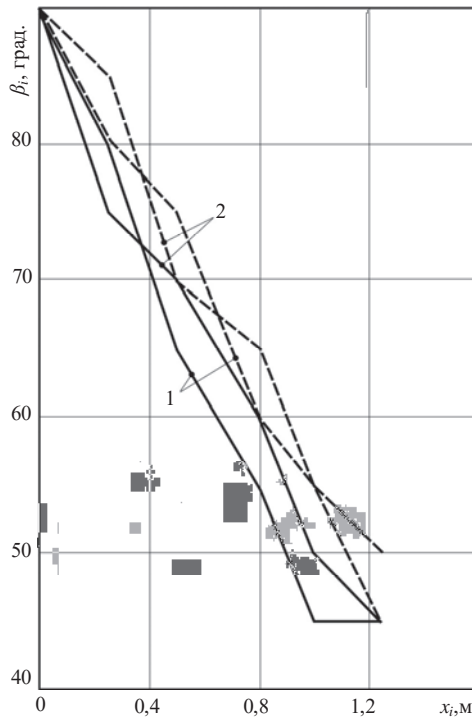
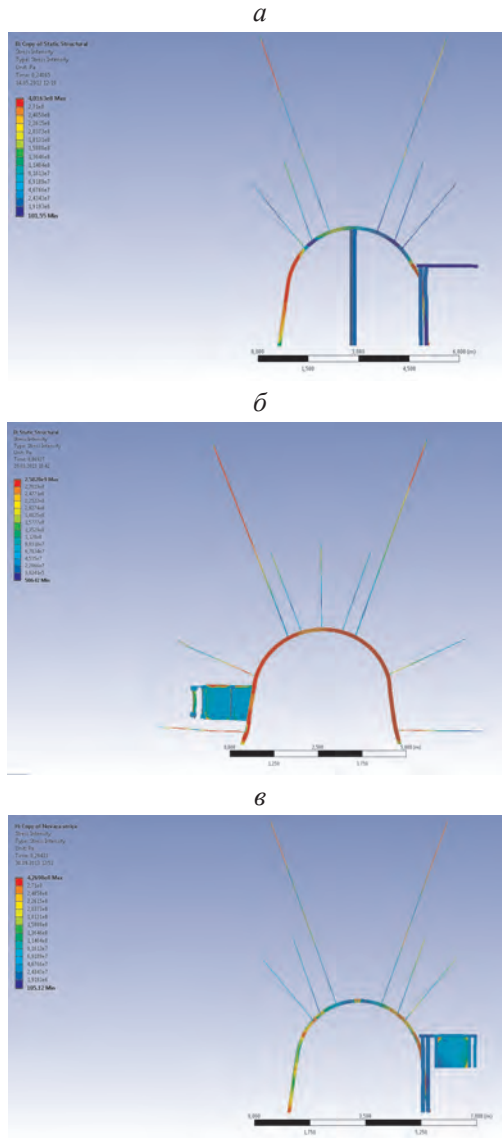


Рисунок 7.13 – Зв'язок кута β_i нахилу сталеполімерного анкера з координатою x_i його устанавлення у склепінні виїмкової виробки при різних значеннях параметра b^r : $b^r = 40$ м/МПа; $b^r = 80$ м/МПа; 1 – $b_m^r = 4,8$ МПа/м;
2 – $b_m^r = 15,6$ МПа/м

Наведена функція канатних анкерів принципово відрізняє їх від сталеполімерних. Для підтвердження даної тези на рис. 7.14 наведено епюри інтенсивності напруг σ кріпильних і охоронних систем виїмкових виробок на трьох шахтах Західного Донбасу. У склепінні виробки чітко простежується більш висока навантаженість канатних анкерів у порівнянні зі сталеполімерними поза залежністю від гірничо-геологічних умов підтримки виробки, схеми розміщення анкерів і застосовуваного способу охорони.



*Рисунок 7.14 – Епюри інтенсивності напружень σ у кріпильній і охоронній системах виїмкових виробок шахт Західного Донбасу:
а – шахта «Самарська» ШУ «Тернівське»; б – шахта ім. Героїв Космос ШУ «Героїв Космосу»; в – шахта «Степова» ШУ «Периотравенське»*

Виходячи з викладеного, для канатних анкерів розроблена методика розрахунку раціональних параметрів, що містять: довжину $l^{кан}$ анкера, діаметр $d^{кан}$ каната, координату $x^{кан}$ й кут $\beta^{кан}$ нахилу його установа. Передбачається симетричність установа канатних анкерів у поперечному перерізі щодо вертикальної осі виробки. Дане рішення обґрунтовано тим, що як основний аргумент наведена перспектива повторного використання ввіймкової виробки й вирівнювання асиметрії протікання геомеханічних процесів при підході другої лави.

Раціональна довжина $l^{кан}$ канатного анкера вибирається за умовою закріплення його замкової частини за межами склепіння граничної рівноваги, тобто у відносно стійких породах основної покрівлі. Ця умова записана у вигляді

$$l^{кан} \geq l_{зам} + b_l^K + l_{хв}, \quad (7.33)$$

де $l_{зам}$ – довжина замка анкера;

$l_{хв}$ – довжина хвостової частини анкера, що виходить у порожнину виробки; звичайно приймають $l_{хв} = 0,1$ м;

b_l^K – ширина області знеміцнення бічних порід з боку лави; визначається за формулою

$$b_l^K = \frac{4,1l_{ох}^{0,73}}{R^{0,1}(R_l^K)^{0,21}} \left[1 - \exp(-5,9 \cdot 10^{-3} H) \right]. \quad (7.34)$$

Тут $l_{ох}$ – ширина охоронної смуги.

У формулі (7.33) з невизначених параметрів залишається тільки довжина замка. Розрахунками й випробуваннями встановлено, що несуча здатність сталеполімерного анкера до 200 кН забезпечується при довжині замка $l_{зам} = 0,6$ м – 0,7 м. Як мінімум, не менша несуча здатність канатних анкерів досягається при довжині замка не більше 1,0 м – 1,1 м.

Для визначення мінімально достатньої довжини канатного анкера необхідно знати межі контуру склепіння граничної рівноваги. Для уточнення розмірів склепіння запропоновано використовувати таку комбінацію:

– висота склепіння h граничної рівноваги визначається

СОУ 10.1.00185790.011.2007;

– ширина області знеміцнення в боках виробки визначається по (7.34);

– форма контуру склепіння визначається рівнянням параболи згідно проф.

М.М. Протодьяконова

$$y = h \left[1 - \frac{4x^2}{(B + 2b_l^K)^2} \right],$$

де y й x – вертикальна й горизонтальна координати із точкою відліку, розташованої в замку склепіння виробки;

B – ширина виробки в проходці;

b_l^K – визначається по формулі (7.34); цей параметр прийнятий до розрахунку як максимальний розмір ширини області знеміцнення в боці виробки з боку лави, що йде в деякий запас надійності обчислень, а при повторному використанні виробки розміри b_l^K й b_m^K будуть зрівнюватися за своїми значеннями.

Умова закріплення замкової частини канатного анкера за межою склепіння граничної рівноваги перетвориться стосовно формули (7.33) без зміни його фізичного змісту. Мінімальна довжина $l^{кан}$ канатних анкерів (установлюються симетрично щодо вертикальної осі виробки) розраховується за формулою:

$$l^{кан} = l_{зам} + l_{хв} + \frac{h_6 - h^{кан}}{\sin \beta^{кан}} + \frac{Z_2 - Z_1}{\cos \beta^{кан}},$$

де h_6 – висота виробки в проходці;

$h^{кан}$ – висота установлення канатного анкера від підшови виробки;

$\beta^{кан}$ – кут нахилу канатного анкера до вертикальної осі виробки;

Z_1 і Z_2 – допоміжні геометричні параметри, які визначаються за формулами:

$$Z_1 = x^{кан} + (h_6 - h^{кан}) \operatorname{ctg} \beta^{кан}, \quad (7.35)$$

$$Z_2 = \frac{(B + 2b_l^K)^2}{8h} \left[\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta^{кан} + \frac{16h}{(B + 2b_l^K)^2} (h + Z_1 \operatorname{tg} \beta^{кан})} - \operatorname{tg} \beta^{кан} \right].$$

У формулі (7.35) символом $x^{кан}$ позначена відстань від вертикальної осі виробки до місця установлення канатного анкера. Задача вибору раціональних значень параметра $x^{кан}$ вирішена перебором варіантів розрахунку НДС розглянутої геомеханічної системи з урахуванням раніше встановлених закономірностей. За аналогією з вибором параметрів x_i для сталеполімерних анкерів критерієм раціональності значень є поєднання умов максимального опору канатних анкерів і мінімальної навантаженості рамного кріплення. Закономірності зміни $x^{кан}$ такі, що вплив геомеханічних параметрів оцінюється неоднозначно через дію

протилежних тенденцій.

По-перше, виявлено скільки-небудь помітний вплив тільки двох геомеханічних параметрів, що визначають розміри граничної рівноваги, – глибина H розміщення виїмкової виробки й середній розрахунковий опір стиску R прилеглому масиву. Даний факт є цілком логічним:

– глибина розміщення виробки визначає загальну напруженість масиву, від якої залежать розміри склепіння граничної рівноваги й ступінь навантаженості канатних анкерів;

– параметр R характеризує опірність прилеглому масиву поширенню меж склепіння граничної рівноваги.

Параметри R_1^K й m_1^K безпосередньої покрівлі входять як складові в більш загальний показник R , тому що підвищена довжина канатних анкерів зачіпає й інші породні шари покрівлі на технічно освоєну висоту до 9 м. Тому відношення b^r найбільш повно характеризує як розміри склепіння граничної рівноваги, так і ступінь опору канатних анкерів опусканню покрівлі виробки.

По-друге, вплив відношення b^r на координату $x^{кан}$ визначається дією низки протилежних тенденцій. Чим більше висота склепіння, тим більше навантаження в його центральній частині, й для активного опору канатних анкерів їх варто концентрувати ближче до замка склепіння (зменшення координати $x^{кан}$). При збільшенні висоти склепіння одночасно росте і його ширина, тобто збільшуються обсяги нестійких порід у боках виробки – відповідно зростає навантаження в цій частині контуру склепіння й доцільність розміщення тут канатних анкерів (збільшення координати $x^{кан}$).

Результат дії перерахованих протилежних тенденцій призводить до деякої їх взаємної компенсації та стабілізації раціональної координати устанавлення канатних анкерів у досить вузькому діапазоні $x^{кан} = 0,8 - 1,1$ м. Менше зі значень $x^{кан}$ відповідає меншому типорозміру перерізу виробки (наприклад, під кріплення КШПУ – 9,5), а більше зі значень $x^{кан}$ – підвищеному розміру виробки (наприклад, під кріплення КШПУ – 15,0). У цілому, для перерізу виїмкових виробок під кріплення КШПУ – 11,7 (11,0) рекомендується розміщати хвостовик канатного анкера на відстані 1,0 м від вертикальної осі виробки.

Аналогічна ситуація виявлена при визначенні раціонального кута $\beta^{кан}$ нахилу канатного анкера до вертикальної осі виробки. Тут діють два головних фактори. Перший – вузький діапазон зміни раціональної координати $x^{кан}$ устанавлення канатного анкера визначає обмежену варіацію значень його кута нахилу. Другий фактор обумовлений підвищеною довжиною канатного анкера до

6 м – 9 м. Вектор його переміщень змінюється. Раніше було відзначено, що анкер найбільш ефективно чинить опір зсуву масиву, коли його поздовжня вісь збігається з вектором переміщення вмисних порід. Особливість зсувів порід покрівлі по її висоті полягає в тому, що зміна їх вектора (по ширині склепіння) від вертикального до кососпрямованого найбільш активно відбувається в приконтурних породах. З віддаленням від контуру в глибину покрівлі інтенсивність зміни напрямку вектора зсувів слабшає. На заглибленому кінці канатного анкера (з урахуванням координати його установлення $x^{кан} = 0,8 - 1,1$ м) вектор переміщень спрямований ближче до вертикального положення, чим на контурі виробки. Зігнути анкер (шляхом буріння криволінійного шпуру) настільки, щоб його поздовжня вісь постійно збігалася з вектором переміщень, не представляється технічної можливості. Доцільно задати усереднений напрямок канатному анкеру як середнє арифметичне з векторів переміщення масиву на заглибленому його кінці й на контурі виробки. Така процедура була здійснена для вищевказаного діапазону зміни координати $x^{кан}$ й отримано інтервал варіації раціонального кута нахилу канатного анкера $\beta^{кан} = 65 - 80^\circ$ для різних гірничо-геологічних умов підтримки виїмкової виробки. Цей інтервал істотно відрізняється від кутів нахилу β_i сталеполімерних анкерів для однієї й тієї ж координати x_i . Менше значення $\beta^{кан}$ відповідає $x^{кан} = 1,1$ м і більш сприятливим гірничо-геологічним умовам; більше значення $\beta^{кан}$ відповідає $x^{кан} = 0,8$ м і більш складним гірничо-геологічним умовам.

Останнім із шуканих параметрів канатних анкерів є раціональна величина їх опору зсуву порід покрівлі, що виражається через мінімально достатній діаметр «арматури» канатного анкера $d^{кан}$. Критерій вибору раціональних значень $d^{кан}$ залишається колишнім (як і для сталеполімерних анкерів) і його сутність полягає в реалізації максимально можливого завантаження каната анкера в межах допустимих напруг на розрив.

Аналіз результатів багатоваріантних обчислювальних експериментів показав, що найбільш істотно впливають на ступінь завантаження анкерів два геомеханічних параметри – глибина H розміщення виробки й величина середнього розрахункового опору стиску R прилеглої вуглевмісної товщі. Відношення b_m^r має певний вплив у діапазоні $b_m^r \leq 0 - 15$ МПа/м. Тут істотно змінюється величина R , тому що безпосередня покрівля підвищеної потужності ближче всього розташована до виробки. Цей параметр має максимальний вплив на величину середнього розрахункового опору масиву стиску. Він містить у собі вплив

низьких значень відношення b_m^r й немає необхідності у виділенні впливу цього параметра на ступінь навантаженості канатних анкерів. Відзначені закономірності підтверджені результатами виконаних серій обчислювальних експериментів, також як і те, що вплив кожного із решти геомеханічних параметрів (H і R) необхідно встановлювати окремими залежностями, оскільки відношення b^r не дає тісного кореляційного зв'язку.

За підсумками проведених досліджень отримано залежності зв'язку мінімально достатнього діаметра каната анкера з геомеханічними параметрами H й R , які наведено на рис. 7.15.

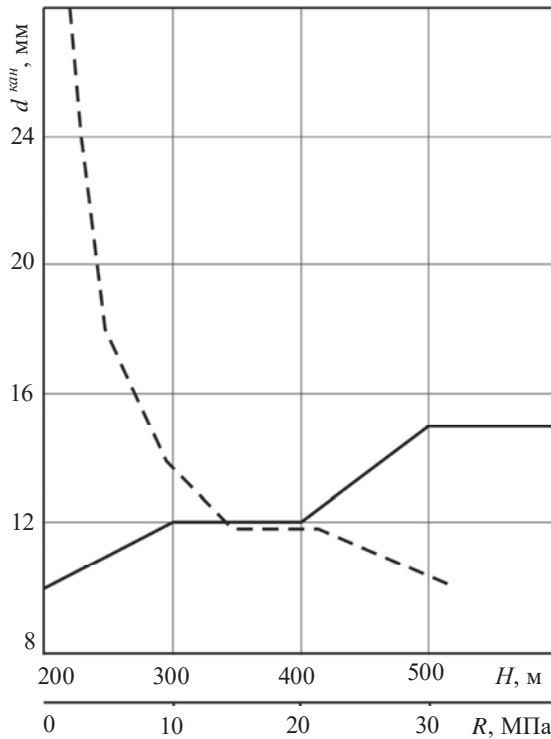


Рисунок 7.15 – Закономірності зміни мінімально достатнього діаметра каната $d^{\text{кан}}$ анкерів від глибини H розміщення виробки (—) і середнього розрахункового опору стиску R (-----) прилеглому вуглевмісному масиву

При збільшенні глибини H діаметр $d^{кан}$ каната збільшується близько до лінійного закону й обернено пропорційно до параметра R . Основний діапазон зміни мінімально достатнього діаметра канатного анкера обмежений величиною $d^{кан} = 15 - 16$ мм, що добре корелює із шахтними спостереженнями щодо оцінки стійкості виробок, у покрівлі яких встановлено канатні анкери діаметром $d^{кан} = 15,2$ мм. Однак при досить низькому значенні $R \leq 5 - 7$ МПа різко зростає навантаження на канатні анкери (інтенсивно розширюються межі склепіння граничної рівноваги), що вимагає збільшення діаметра їх каната до 20 мм – 28 мм при розглянутій схемі установа.

Обробка результатів різноманітних розрахунків дозволила одержати рівняння регресії для прогнозування мінімально достатнього діаметра каната

$$d^{кан} = \frac{139}{\sqrt{\sigma^6}} \left[\left(1,7 + 9,1 \cdot 10^{-3} H \right) \left(\frac{14,3}{R^{1,8}} + 0,66 \right) \right]^{0,5}, \text{ мм.} \quad (7.36)$$

Рівняння (7.36) отримано при розгляді варіанта установа двох канатних анкерів із кроком $L^{кан} = 3,2$ м, уздовж виробки, тобто в міжрамному просторі через кожні три рами на четверту, які, у свою чергу, установаються із кроком $L = 0,8$ м. Канатні анкери випускають стандартних діаметрів $d_{ст}^{кан}$ (найпоширеніший $d_{ст}^{кан} = 15,2$ мм) обмеженої кількості типорозмірів.

Тому, якщо розрахункове значення $d^{кан}$ по формулі (7.47) дозволяє вибрати найближчий більший типорозмір $d_{ст}^{кан}$, то саме він приймається до використання в кріпильній системі виїмкової виробки. Якщо розрахункове значення $d^{кан}$ перевищує стандартну величину $d_{ст}^{кан}$ канатів, що є в наявності, то збільшується кількість $n^{кан}$ канатних анкерів на 1 п.м виробки:

$$n^{кан} = 0,625 \frac{d^{кан}}{d_{ст}^{кан}}, \text{ шт./м,}$$

де $d_{ст}^{кан}$ – діаметр канатного анкера, застосовуваного в конкретній виїмковій виробці, мм.

Результати багатоваріантних обчислювальних експериментів і їх кореляційно-дисперсійний аналіз дозволили визначити всі параметри, необхідні для ефективної підтримки покрівлі виїмкової виробки канатними анкерами.

7.2.4 Конструктивно-технологічні схеми підтримки повторно використуваних виїмкових виробок

Все різноманіття кріпильних і охоронних систем у тій або іншій мірі підпорядковано врахуванню особливостей проявів гірського тиску в конкретних гірничо-геологічних умовах. У цьому плані при аналізі схем підтримки повторно використуваних виїмкових виробок була надана попередня оцінка їх відповідності гірничо-геологічним умовам експлуатації виробок і проведено початкове групування умов за ступенем складності застосування різних кріпильних і охоронних систем. У першу чергу виділено три групи умов за структурою, властивостями і станом порід надвугільної товщі на середньостатистичну висоту зони шарнірно-блокового зсуву порід над виробленим простором (15 – 20 потужностей шару, що виймаються).

Група I: переважно тонкошарувата структура слабких порід ($f < 1,5$); шари аргіліту й алевроліту потужністю понад 1,0 м із середньою відстанню між поверхнями ослаблення до 1,0 м; шари аргіліту й алевроліту ($f = 1,5 - 2,5$) середньої потужності, періодично розділені обводненими вугільними прошарками потужністю 0,1 м – 0,3 м.

Група II: тонко- і середньшарувата структура необводнених порід з коефіцієнтом міцності аргіліту й алевроліту $f = 1,5 - 2,5$; середньо- і крупношарувата структура обводнених порід ($f > 1,5$) при заляганні пісковіку потужністю до 3,0 м.

Група III: середньо- і крупношарувата структура обводнених порід ($f > 2,5$) при заляганні пісковіку потужністю понад 3,0 м; середньо- і крупношарувата структура необводнених порід ($f > 2,5$).

Перша група умов є найбільш несприятливою з погляду стійкості виробки й складності її повторного використання. Тут розвиваються найбільш великі зони розшарування й знеміцнення порід покрівлі, які формують високе навантаження насамперед на кріпильну систему; ріст навантаження на охоронну систему обмежується завдяки легкообвалюваній покрівлі, що не допускає утворення скільки-небудь протяжних нависаючих породних консолей з боку виробленого простору. Тому межу доцільності повторного використання виїмкових виробок окреслює перша група гірничо-геологічних умов, а її конкретизують параметри проявів гірського тиску безпосередньо у виробці й стійкість, головним чином, кріпильної системи. Прийняття рішення про повторне використання виробки базується на таких позиціях.

Перша позиція – розміри склепіння нестійких порід не повинні перевищувати глибину анкерування за винятком необхідної довжини (1,0 м – 1,1 м) закріплення канатних анкерів у стійких породах. Розрахунок виконується для ділянки виробки, що перебуває в зоні опорного тиску поперед першої лави, де активізується процес зсуву надвугільної товщі і йому перешкоджають канатні анкери, установлені ще в період проведення виробки. Якщо перша позиція нездійсненна, то канатні анкери виконують лише зміцнювальні функції по обмеженню розшарування покрівлі, але не беруть участі повною мірою в її утриманні від обвалення над виробкою. Тоді весь обсяг порід покрівлі створює навантаження на рамне кріплення, опорно-анкерне кріплення й кріплення посилення.

Друга позиція – складові кріпильної системи (перераховані вище) повинні забезпечити сумарну реакцію опору, що перевищує вагу порід у склепінні граничної рівноваги, що формується в період її повторного використання. Тут найбільш відповідальним періодом є прохід лави; для цієї ділянки розраховується навантаження відповідно до СОУ 10.1.00185790.011:2007. Аналогічний розрахунок навантаження на кріпильну систему виконується й для ділянки виробки в зоні опорного тиску поперед лави з відповідним вибором засобів кріплення. Це необхідно для проведення порівняльної оцінки варіанта повторного використання виробки з варіантом її ліквідації та проведення нової для відпрацювання суміжної виїмкової ділянки.

Третя позиція – охоронна система не повинна провокувати руйнування порід берми й збільшення інтенсивності здирання підшви виробки. Тут вибираються параметри опорної частини охоронної системи, що забезпечують стійкість берми.

Четверта позиція – прогнозується розрахунком величини здирання підшви за період підтримки виробки на всіх характерних ділянках прояву гірського тиску по її довжині, визначаються обсяги робіт з підривання підшви.

П'ята позиція – оцінюються сумарні витрати на повторну підтримку виїмкової виробки й приймається рішення про доцільність її повторного використання.

При повторному використанні виїмкових виробок рекомендуються такі конструктивні рішення зі створення схем їх кріплення й охорони залежно від групи умов будови, властивостей і стану порід надвугільної товщі з урахуванням накопиченого досвіду підтримки виробок на шахтах Західного Донбасу.

Група I. До кріпильної системи входять канатні анкери з канатними підхватами, опорно-анкерне кріплення, рамно-анкерне кріплення, центральні й бічні стояки кріплення посилення (рис. 7.16 – 7.18).

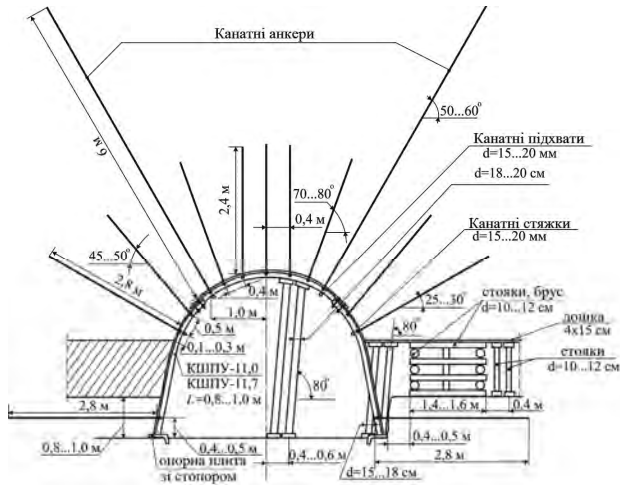


Рисунок 7.16 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи з лісоматеріалів

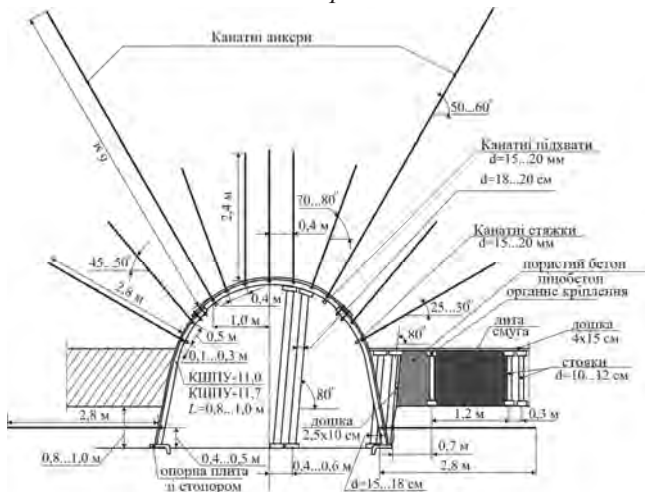


Рисунок 7.17 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи із застосуванням матеріалів, що твердіють

Канатні анкери довжиною не менш 6 м уставляються (із кроком 1,6 м) симетрично щодо вертикальної осі виробки на відстані 1,0 м під кутом $50^\circ - 60^\circ$. Це забезпечує закріплення замкової частини анкерів за межами склепіння обвалення над виробкою. За рахунок різниці переміщення порід покрівлі усередині склепіння й за його межами відбувається утримання частини обсягу нестійких порід з обмеженням опускання покрівлі й перерозподілом цього навантаження на охоронну систему.

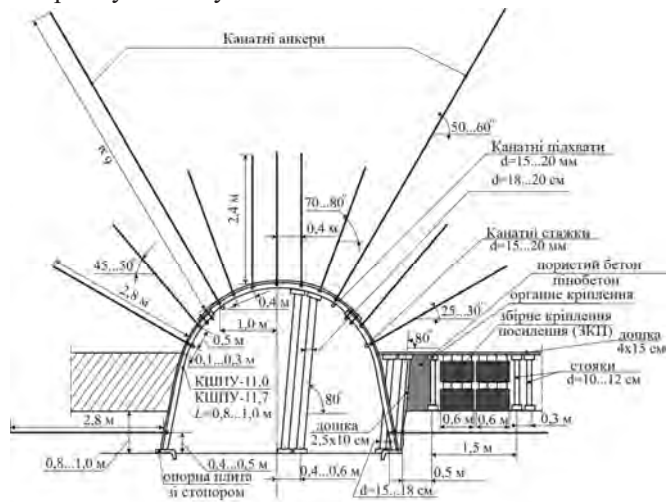


Рисунок 7.18 – Схема підтримки виробки при зведенні комбінованої охоронної системи із застосуванням матеріалів, що твердіють, і збірні кріплення посилення

Завдяки з'єднанню хвостовиків канатних анкерів з поздовжніми канатними (або з мірних відрізків СВП) підхватами здійснюється утримання верхняків при демонтажі й монтажі стояків рам у районі сполучення з лавою.

Опорно-анкерне кріплення для створення несучої армопородної плити (арки) в умовах тонкошаруватих слабких порід рекомендується зводити з 9 анкерів з такими параметрами установа:

– у замку склепіння розташовуються симетрично три вертикальних сталеполімерних анкери довжиною 2,4 м на ділянці шириною 0,8 м; вони повинні обмежити розшарування покрівлі й запобігти розламу породних плит у центральній частині склепіння;

– у бічних частинах склепіння встановлюються по два анкери довжиною 2,4 м на відстані від вертикальної осі 0,8 м – 0,9 м і кутом нахилу $70^\circ - 80^\circ$ і $45^\circ - 60^\circ$ відповідно; вони повинні сформувати цілісні периферійні ділянки армопородної несучої арки, що передає частину навантаження в покрівлі виробки на охоронну систему й вугільний пласт у її бортах;

– крайні анкери довжиною 2,8 м встановлюються на відстані 0,1 м – 0,3 м від вугільного пласта в покрівлю під кутом $25^\circ - 30^\circ$ і призначені для обмеження розламів у безпосередній покрівлі над охоронною системою й більш рівномірного навантаження останньої.

Рамно-анкерне кріплення (із кроком 0,8 м) рекомендується з податливим зв'язком (за допомогою канатних стяжок) стояків рам і бічних анкерів, установленими в безпосередній покрівлі на висоті 0,1 м – 0,3 м від вугільного пласта й нижніх бічних анкерів довжиною 2,8 м, установленими приблизно посередині висоти підривання підосви.

Функції додаткової опори стояка рами в бічному напрямку передаються опорній плиті зі стопором (протидіючим горизонтальному переміщенню).

Як кріплення посилення рекомендується встановлення металевих податливих стояків або здвоєних центральних дерев'яних стояків діаметром 18 см – 20 см, зміщених від осі виробки на 0,4 м – 0,6 м у бік виробленого простору для протидії асиметричному навантаженню.

Стояки рекомендується встановлювати під кутом $70^\circ - 80^\circ$, що забезпечить більш стійкий контакт із криволінійною поверхнею верхняка рами й обмежить їх вигин через відповідність поздовжньої осі стояків вектору повних перемішень порід покрівлі в районі їх встановлення.

До охоронної системи виробок групи I входять такі елементи.

Бічні здвоєні дерев'яні стояки кріплення посилення діаметром 18 см – 20 см встановлюються на межі з бермою й підтримують безпосередню покрівлю пласта на контурі виробки. Вони розміщуються із кроком 0,8 м і призначені для підтримки безпосередньої покрівлі та нижніх шарів основної покрівлі поблизу контуру виробки, що знижує навантаження на кріпильну систему й передає її на охоронну.

Опорна частина охоронної системи через слабкі й найчастіше обводнені породи підосви пласта повинна передавати знижене й відносно рівномірне навантаження. Для цього опорна частина зводиться із двох рядів накатного костра загальною шириною не менш 1,2 м. Ширина опорної частини збільшується в досить слабких або обводнених породах підосви й рекомендується в межах 1,2 м – 2,0 м.

Обрізне кріплення із двох рядів дерев'яних стояків діаметром 10 см – 12 см виконують дві функції: опалубки при зведенні опорної частини охоронної смуги і для обвалення верхніх шарів основної покрівлі, що забезпечує зниження навантаження на охоронну систему.

Група II. Складові кріпильної системи залишаються незмінними, але коректуються їхні параметри у зв'язку зі зміною гірничо-геологічних умов підтримки повторно використовуваних виробок (рис. 7.19 і 7.20).

Канатні анкери довжиною 6 м рекомендується встановлювати із кроком 1,6 м – 2,0 м під кутом 70° – 80° для утримання більшої частини ваги порід у середині склепіння граничної рівноваги, а більш обмежені розміри останнього гарантують закріплення замкової частини анкерів за межами склепіння. Координати установаження канатних анкерів і їхній зв'язок з канатними прогонами залишаються незмінними.

Опорно-анкерне кріплення через підвищену стійкість покрівлі має 7 анкерів з такими параметрами установаження:

- у замку склепіння розташовуються три вертикальних анкери довжиною 2,4 м на ділянці шириною 1,2 м;

- у бічних частинах склепіння встановлюється по одному анкеру довжиною 2,4 м на відстані від вертикальної осі 1,1 м – 1,2 м під кутом 50° – 60° ;

- крайні анкери довжиною 2,4 м установажуються в безпосередній покрівлі на відстані 0,1 м – 0,3 м від вугільного пласта під кутом 25° – 30° .

Рамно-анкерне кріплення зводиться із кроком 0,8 м – 1,0 м при монтажі гнучкого зв'язку стояка з бічними анкерами. Під опору стояка рами встановлюється під'ятник зі стопорним елементом, що перешкоджає горизонтальному переміщенню стояка.

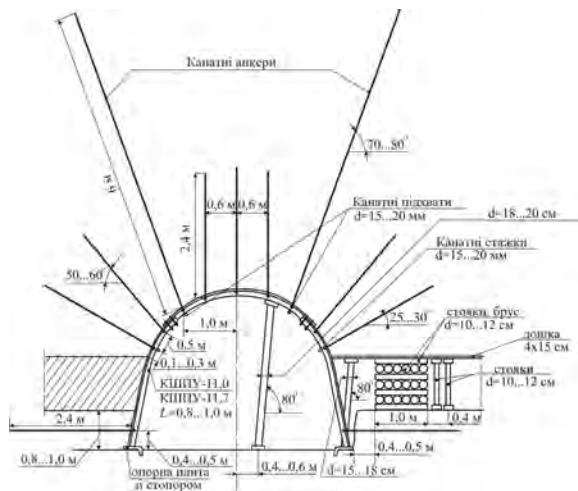


Рисунок 7.19 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи з лісоматеріалів

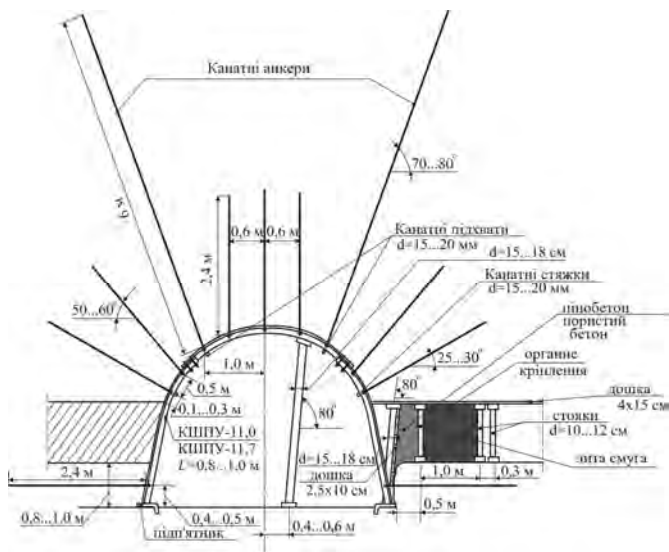


Рисунок 7.20 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи із застосуванням матеріалів, що твердіють

Кріплення посилення представлене одним центральним рядом металевих податливих або дерев'яних стоек діаметром 18 см – 20 см, зміщених щодо ве-

ртикальної осі на 0,4 м – 0,6 м і встановлених з нахилом 70° – 80° у бік виробленого простору.

Охоронна система виробок для гірничотехнічних умов групи II має таке конструктивне рішення.

Одинарний ряд бічних дерев'яних стояків кріплення посилення діаметром 15 см – 18 см установлений на межі з бермою й виконує функції підтримки порід безпосередньої покрівлі, що частково розвантажує кріпильну систему виробки.

Опорна частина охоронної конструкції шириною 1,0 м представлена литою смугою з опором стиску 10 МПа – 12 МПа, або одним рядом накатного костра.

Обрізне кріплення із двох рядів дерев'яних стояків діаметром 10 см – 12 см провокує обвалення основної покрівлі й сприймає концентрацію опорного тиску від завислих породних консолей середньої довжини.

Група III. Завдяки більш стійкій покрівлі й відносно обмеженим розміром склепіння граничної рівноваги для утримання нестійкого обсягу порід відпадає необхідність в установленні центральних стояків кріплення посилення, а діюче навантаження сприймають інші елементи кріпильної системи (рис. 7.21 і 7.22).

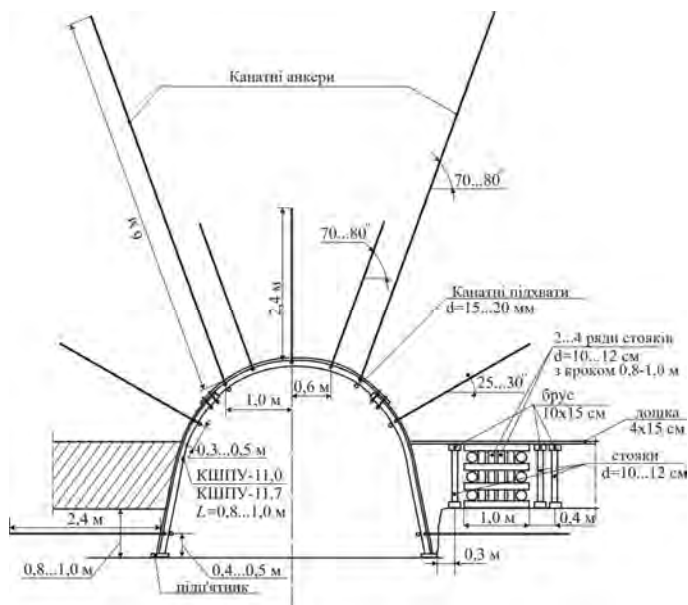


Рисунок 7.21 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи з лісоматеріалів

Канатні анкери довжиною 6 м встановлюються під кутом $70^\circ - 80^\circ$ на відстані 1,0 м від вертикальної осі й з'єднані по довжині виробки канатними підхватами або твердими прогонами зі СВП, що підтримують верхняк.

Опорно-анкерне кріплення має 5 анкерів довжиною 2,4 м, розміщених у склепінні виробки за такою схемою:

- у замку склепіння встановлено один вертикальний анкер;
- у бічних частинах склепіння встановлено по одному анкеру з кутом нахилу $70^\circ - 80^\circ$ на відстані 0,8 м від осі виробки;
- крайні анкери встановлено на висоті 0,3 м – 0,5 м від вугільного пласта з кутом нахилу $25^\circ - 30^\circ$.

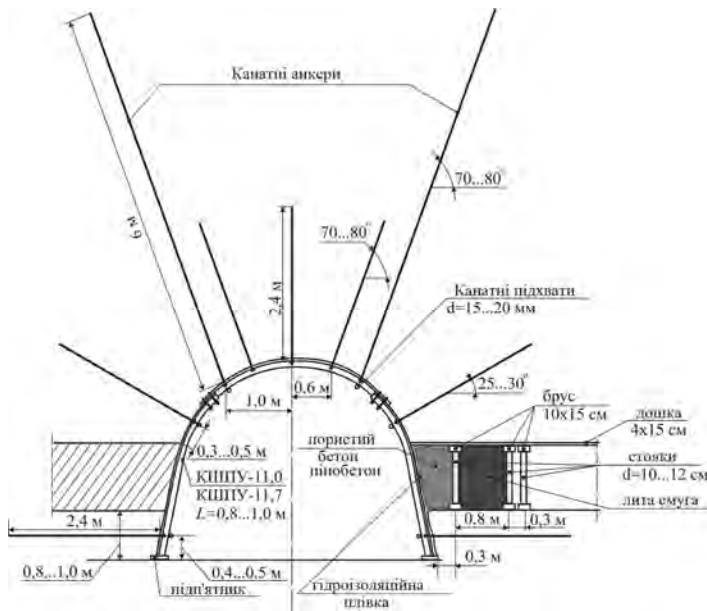


Рисунок 7.22 – Схема підтримки виробки при зведенні охоронної системи із застосуванням матеріалів, що твердіють

Рамно-анкерне кріплення зводиться із кроком 1,0 м і характеризується канатним зв'язком стояків з верхнім і нижнім (у бермі виробки) бічними анкерами. Під опори стояків застосовуються звичайні підп'ятники.

Охоронна система виробки сформована з урахуванням підвищеної стійкості порід покрівлі й підшви:

– на бермі встановлюється врозгін один ряд дерев'яних стояків (діаметром 10 см – 12 см) на відстані 0,3 м – 0,4 м від контуру виробки; при зведенні литої смуги цей ряд є каркасом опалубки при обшиванні стояків дошкою; поздовжні й поперечні бруси (розміром 10 см×15 см) поверх стояків підтримують покрівлю на межі з виробкою;

– як опорна частина (в умовах більш стійкої підосви) рекомендується лита смуга шириною 0,8 м з межею міцності на стиск 12 МПа – 15 МПа або кустокостер шириною 1,0 м;

– для виконання функцій обрізного кріплення в умовах зависання щодо протяжних породних консолей рекомендуються два ряди кріплення з дерев'яних стояків діаметром 12 см – 15 см.

Контрольні питання до розділу 7

1. Які визначальні фактори для доцільності застосування різних типів кріплення?

2. Які параметри визначаються при розрахунку анкерного кріплення?

3. Які параметри визначаються при розрахунку рамно-анкерного кріплення?

4. Які параметри визначаються при розрахунку рамного кріплення з тампонажем закріпного простору?

5. Яка послідовність проведення обчислювального експерименту методом скінченних елементів?

6. На які групи поділяються умови за структурою, властивостями і станом порід надвугільної товщі?

7. Які конструктивні рішення щодо створення схем кріплення та охорони виробок рекомендуються залежно від групи гірничо-геологічних умов?

8 РОЗКРИТТЯ ТА ПІДГОТОВКА ПЛАСТОВИХ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу студент, повинен знати як здійснюється розкриття і підготовка до відпрацювання вугільних родовищ залежно від геологічних і гірничотехнічних факторів

8.1 Розкриття родовища

Розкриття родовища корисних копалин – це проведення капітальних гірничих виробок, що відкривають доступ з поверхні до всього родовища або його частини і забезпечують можливість проведення підготовчих гірничих виробок, необхідних для обслуговування видобувних вибоїв.

Головні цілі розкриття родовища – це створення транспортних зв'язків між очисними забоями (місцем видобутку корисних копалин) і пунктом прийому його на поверхні, забезпечення умов для безпечного переміщення людей, подача чистого повітря до робочих ділянок (в шахтах).

Капітальні розкривні гірничі виробки поділяються на головні і допоміжні.

До головних відносять виробки, що мають безпосередній вихід на поверхню: вертикальні і похилі стовбури і штольні.

До допоміжних відносяться – квершлагги, гезенки, бремсберги і ухили.

Підготовчі виробки – це головним чином штреки, пройдені по корисних копалинах.

Способи розкриття родовища дуже різноманітні і розрізняються за родом головних розкривних виробок, їх розташуванню щодо пластів, наявності допоміжних розкривних виробок, кількості підземних транспортних горизонтів.

Спосіб розкриття родовища залежить від рельєфу місцевості, цінності корисної копалини, форми, розмірів і глибини його залягання, потужності і кута падіння пластів, їх кількості і відстані між ними й інших чинників.

При виборі способу розкриття вплив перерахованих вище геологічних і гірничотехнічних факторів враховується комплексно.

До найважливіших з них слід віднести:

- мінімальні початкові капітальні витрати і терміни будівництва шахти;
- концентрацію виробництва за умови максимального збільшення видобутку з очисного вибою;
- концентрацію видобутку шахти на обмеженій кількості одночасно розроблюваних пластів;

– скорочення протяжності підтримуваних гірничих виробок шляхом інтенсифікації очисних робіт і періодичного оновлення гірничого господарства шахти за рахунок підготовки нових горизонтів або їх реконструкції.

Розкриття родовища вертикальними стовбурами є універсальним. Проходять не менше двох стовбурів (два безпечних виходи з шахти на поверхню), один з яких служить для подачі свіжого повітря в шахту, а другий – для відводу повітря на поверхню.

При розкритті вугільних родовищ знаходить широке застосування схема (рис. 8.1), по якій стовбури 1, 2 проводять на повну проектну глибину; біля них споруджують виробки відкаточного горизонту (навколостовбурний двір, квершлаг 3, головні штреки 4) [6] – [9].

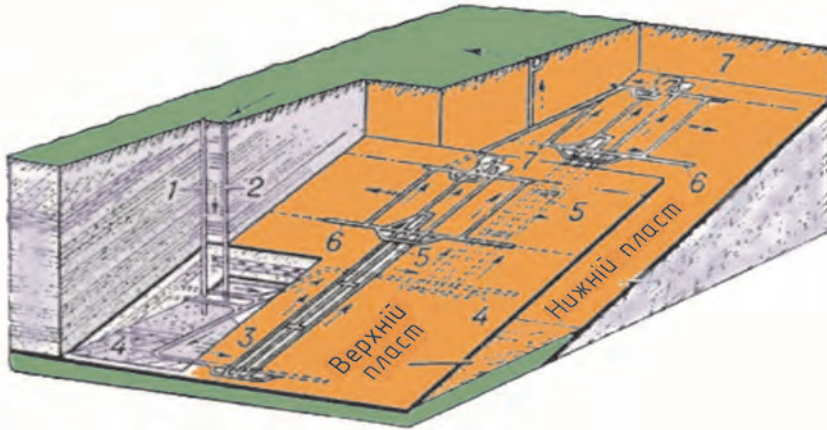


Рисунок 8.1 – Розкриття вугільних пластів вертикальними стовбурами:

1, 2 – стовбури; 3 – квершлаг; 4 – головні штреки; 5 – бремсберг;
6 – відкаточний штрек; 7 – вентиляційний штрек

Вгору по корисній копалині проводять комплект похилих капітальних виробок (bremсберг 5 з ходками), а від них – штреки: відкаточний 6 і вентиляційний 7. Між ними розташовують довгі очисні вибої, які обладнують механізованими комплексами для видобутку корисних копалин. У верхньої межі родовища споруджують виробки вентиляційного горизонту.

Вугілля з очисного вибою транспортується по штреку 6, бремсбергу 5, квершлягу 3 і через один зі стовбурів видається на поверхню. При видобутку корисних копалин відбувається обвалення гірських порід і опускання верхніх товщ. Тому при розкритті родовища крутих і похилих пластів шахтні стовбури проходять в породах лежачого боку поза зоною зрушення, з тим щоб уникнути

деформації стовбурів (рис.8.2). Крім того, це виключає втрати корисних копалин в охоронних ціликах, необхідних для охорони стовбурів [6] – [9].

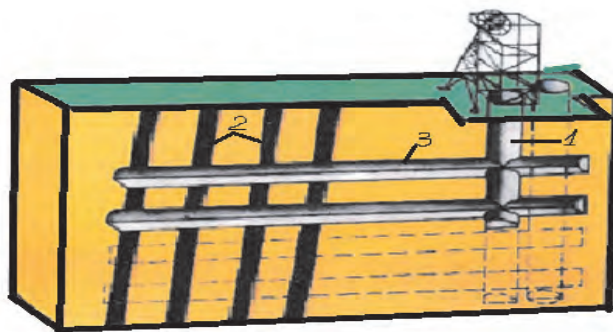


Рисунок 8.2 – Розкриття світи крутих пластів вертикальними стовбурами і поверховими квершлагами:

1 – вертикальні стовбури; 2 – вугільні пласти; 3 – квершлагаи

Похилими стовбурами розкривають зазвичай відокремлені пласти при порівняно невеликій глибині їх залягання (рис.8.3). Стовбури проходять під кутом до 180° і при розкритті вугільних пластів розташовують по корисній копалині.

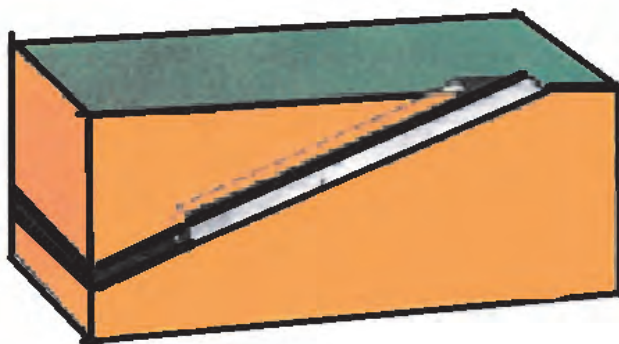


Рисунок 8.3 – Розкриття вугільного пласта похилим стовбуром

Спочатку похилі стовбури розкривають запаси верхнього горизонту, у міру їх відпрацювання стовбури поглиблюють до наступного горизонту (рис.8.4).

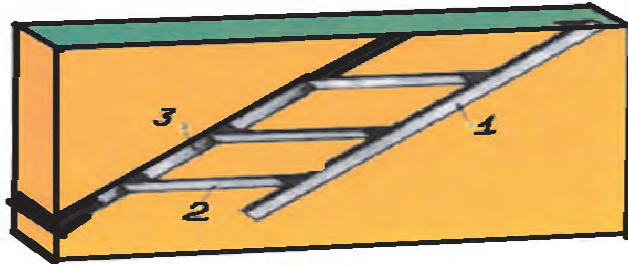


Рисунок 8.4 – Розкриття вугільних пластів похилим стовбуром і погоризонтальними квершилагами:

1 – стовбур; 2 – квершилаг; 3 – капітальний бремсберг

Розкриття вугільних пластів може здійснюватися комбінованим способом (рис. 8.5) [6] – [9].

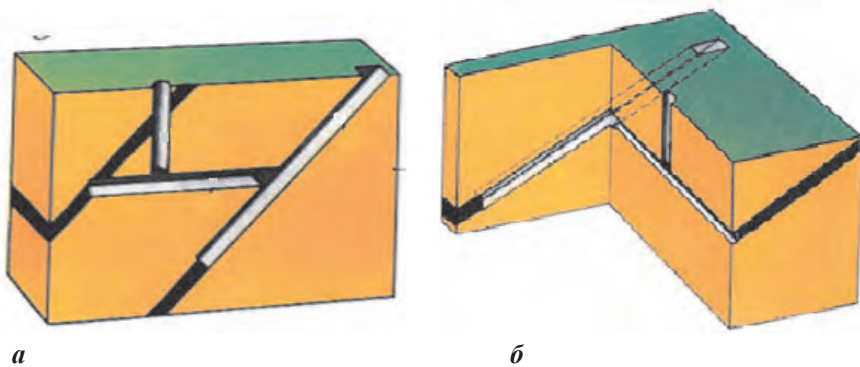


Рисунок 8.5 – Схеми комбінованого розкриття шахтних полів:

а – вертикальним і похилим стовбурами;

б – вертикальним стовбуром та похилим капітальним квершилагом

Розкриття родовища за допомогою штولень виробляють при сильно пере-січеному рельєфі місцевості, коли застосування вертикальних або похилих стовбурів технічно неможливе або економічно недоцільне (рис. 8.6).

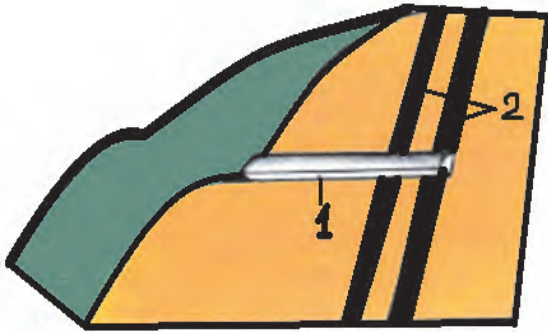


Рисунок 8.6 – Схема розкриття шахтного поля штольнею вхрест простягання свити пластів:

1 – штольня; 2 – вугільні пласти

Залежно від розташування родовища по відношенню до гірського схилу штольні проводять по корисних копалинах або по пустих породах. Можливо поєднання головних розкривних виробок, наприклад вертикальних і похилих стовбурів (комбінований спосіб розкриття). Похилий стовбур в цьому випадку використовується для конвеєрного транспорту корисної копалини на поверхню, а вертикальний – для допоміжних цілей.

Вибір раціонального способу розкриття родовища проводиться в період проектування гірничого підприємства і є складним інженерним завданням в силу специфіки гірничого виробництва:

- нестабільність виробничих умов (мінливість природних чинників);
- розпорошеність робочих місць і їх безперервне переміщення;
- необхідність постійного відтворення вибуваючих (відпрацьованих) очисних вибоїв.

При проектуванні, крім класичного математико-аналітичного, застосовується метод комплексної оптимізації проектних рішень, при якому розробляється кілька варіантів розкриття родовища з подальшим складанням економіко-математичної моделі шахти.

При подальшому вирішенні на ЕОМ відшукується найкращий варіант.

8.2 Підготовка шахтного поля

Підготовка шахтного поля – це проведення гірничих виробок після розкриття шахтного поля або його частини, що забезпечує можливість виконання очисних робіт.

При розробці вугільних родовищ розрізняють панельний, погоризонтний і поверховий способи підготовки шахтного поля, а також комбінації цих способів.

Основними факторами, що визначають вибір раціонального способу підготовки шахтного поля, є: потужність, кут падіння і багатоводність пласта, розташування розроблюваної частини шахтного поля щодо підйомного горизонту.

Основні підготовчі виробки при підготовці шахтного поля на вугільних родовищах – головні та поверхові штреки, капітальні та панельні бремсберги і ухили з ходками.

8.2.1 Панельний спосіб

При панельному способі підготовки шахтне поле в межах сходинки горизонту похилою висотою 800 м – 1200 м ділиться на послідовно відпрацьовувані ділянки – панелі довжиною за простяганням 800 м – 3000 м. (рис.8.7 – 8.9).

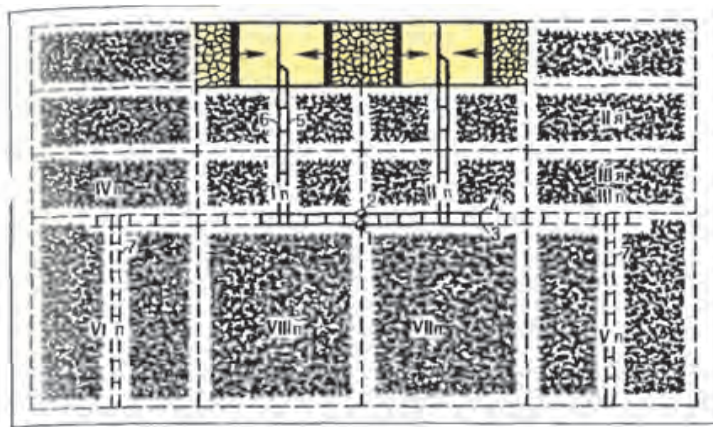


Рисунок 8.7 – Схема панельної підготовки шахтного поля на пологому пласті:

1,2 – головний і вентиляційний стовбури; 3,4 – головні відкаточний і вентиляційний штреки; 5 – панельний бремсберг; 6 – ходок; 7 – панельні ухили

Кожна панель готується за допомогою головного відкаточного і вентиляційного штреків, а також панельних бремсбергів або ухилів з ходками, що проводяться з головних штреків посередині панелі або на її флангах. Панель, в свою чергу, ділиться на послідовно відпрацьовувані яруси похилою висотою 120 – 250 м, підготовлювані шляхом проведення з панельних бремсбергів (ухилів) ярусних транспортних і вентиляційних штреків по пласту вугілля.

Для панельної підготовки шахтного поля характерні:

- стовпова система розробки пласта з повторним використанням ярусних штреків (при стійких бічних породах);
- прямоточна схема провітрювання виїмкової ділянки;
- розташування основних підготовчих виробок в породах підшви пласта.

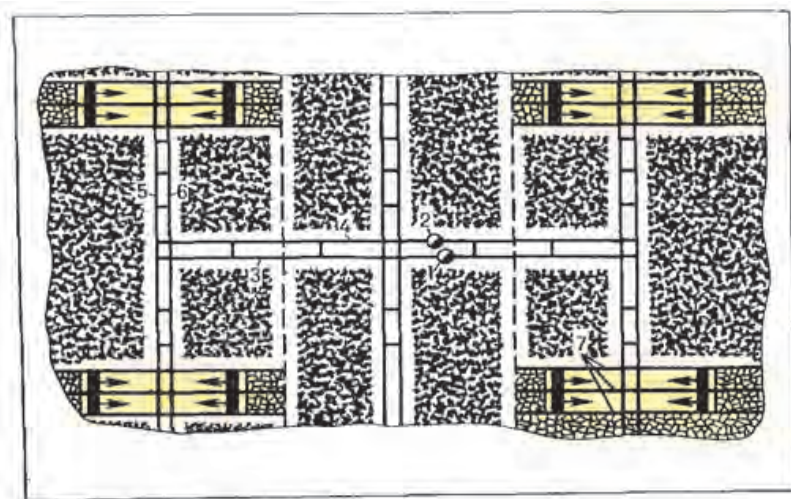


Рисунок 8.8 – Схема панельної підготовки шахтного поля на горизонтальному пласті: 1,2 – головний і вентиляційний стовбури; 3,4 – головні відкаточний і вентиляційний штреки; 5 – панельний відкаточний штрек; 6 – панельний вентиляційний штрек; 7 – виїмкові штреки

При розробці не газонесних пластів флангові ходки не проводять і застосовують зворотноточну схему провітрювання виїмкової ділянки.

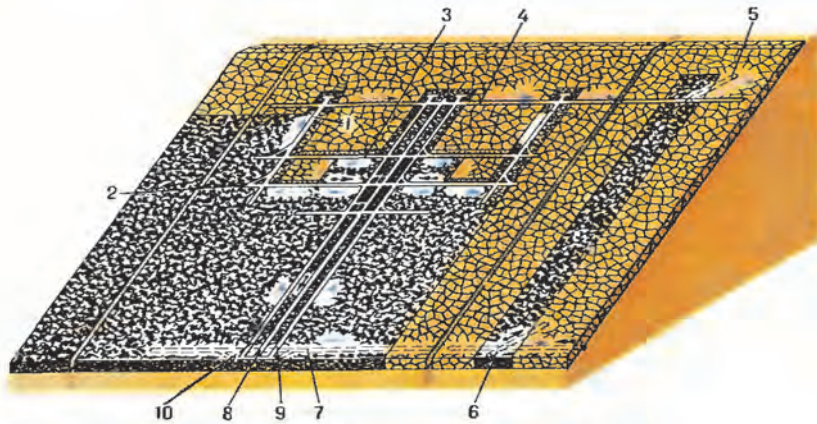


Рисунок 8.9 – Панельний спосіб підготовки бремсбергової частини шахтного поля: 1 – фланговий ходок; 2 – ярусний відкаточний штрек; 3 – ярусний вентиляційний штрек; 4 – головний вентиляційний штрек; 5 – головний вентиляційний кверцлаг; 6 – головний відкаточний кверцлаг; 7 – головний відкаточний штрек; 8 – конвеєрний бремсберг; 9 – людський ходок; 10 – допоміжний ходок

Якщо вмісні породи дуже нестійкі, яруси готують шляхом проведення ярусних штреків з присіканням до виробленого простору.

У разі стійких порід основні підготовчі виробки проводять по пласту вугілля. У панелях довжиною більше 2 км за простяганням, коли проведення ярусних штреків значної довжини тупиковим вибоєм утруднено (сильно газоносні пласти, слабкі вміщуючі породи), передбачають проміжний ходок, який слугує для підготовки чергових ярусів.

При розробці пластів вугілля, схильних до самозаймання, для запобігання повертанню великих витоків повітря у вироблений простір, рекомендується використання, як правило, однокрилих панелей довжиною за простяганням 1000 м – 1200 м.

Панельний спосіб підготовки шахтного поля застосовують при розробці пологих пластів, тобто в умовах, сприятливих для роботи стрічкових конвеєрів у панельних бремсбергах (ухилах).

Перевага панельного способу підготовки шахтного поля – можливість забезпечення високого рівня концентрації очисних робіт за рахунок одночасної розробки декількох панелей на пласті і декількох ярусів в кожній панелі.

Недоліки: складність схеми планування виробок в шахтному полі через наявність в транспортній системі проміжної ланки – панельних бремсбергів (ухилів), а також труднощі виконання одночасно з очисними роботами великого обсягу підготовчих робіт в панелі, особливо в ухилій частини шахтного поля.

8.2.2 Погоризонтний спосіб

Застосування погоризонтного способу підготовки шахтного поля обумовлено особливостями розробки пластів довгими стовбурами з посуванням за простяганням або падінням. При цьому способі шахтне поле в межах сходинки (горизонту) похилою висотою 800 м – 1200 м ділиться на послідовно відпрацьовані виїмкові стовбури шириною 120м – 250 м, витягнуті за простяганням (рис. 8.10; 8.11).

Виїмкові стовбури готують за допомогою відкатних та вентиляційних ухилів (bremсbergів). Їх відпрацьовують, як правило, прямим ходом в бремсберговій і зворотнім ходом в ухилих частинах шахтного поля.

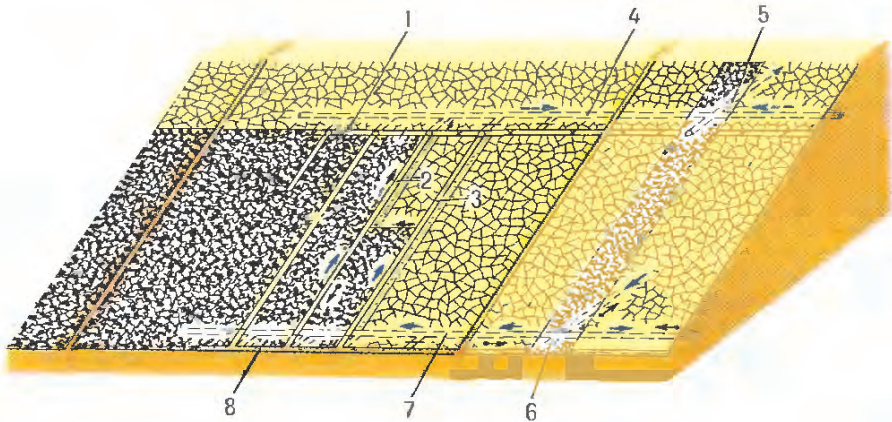


Рисунок 8.10 – Погоризонтний спосіб підготовки бремсбергової частини шахтного поля при відпрацюванні пласта лавами за падінням:

1 – монтажний штрек; 2 – конвеєрний бремсберг; 3 – вентиляційний бремсберг; 4 – головний вентиляційний штрек; 5 – головний вентиляційний квершлаг; 6 – головний відкаточний квершлаг; 7 – головний відкаточний штрек; 8 – демонтажна камера

Найбільш проста і надійна схема планування підготовчих виробок досягається в бремсбергової частини шахтного поля при виїмнанні пласта

лавами за падінням і в ухилій частині – при вийманні лавами за підняттям. У цих випадках створюються найбільш сприятливі умови для видачі вугілля з очисного вибою по прилеглому до нього відкаточному бремсбергу (ухилу) безпосередньо на підйомний горизонт шахти і до стовбура.

Для забезпечення прямого провітрювання виїмкових ділянок відкаточний бремсберг (ухил) охороняється позаду очисного вибою штучними спорудами (органні ряди й смуги із ангідриду або фосфогіпсу, бетонні блоки).

При розробці пластів з невеликою газоносністю доцільні варіанти погоризонтної підготовки з зворотноточним провітрюванням виїмкової ділянки і розташуванням головного вентиляційного штреку на одному рівні з головним транспортним штреком.

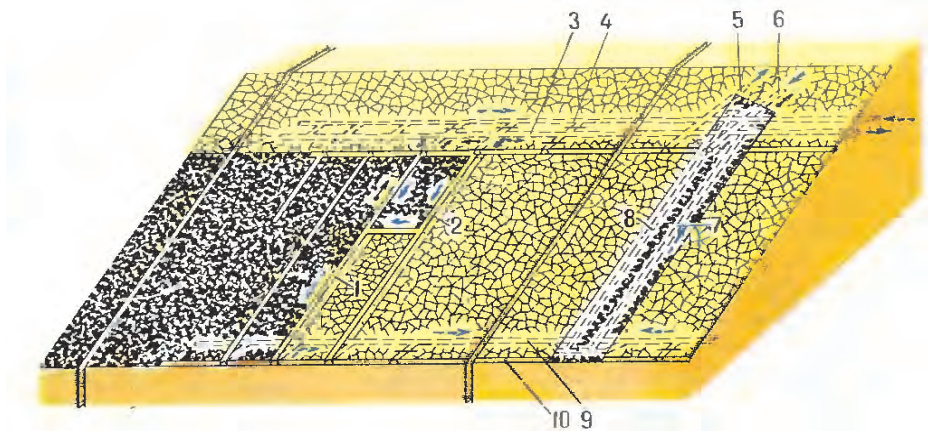


Рисунок 8.11 – Погоризонтний спосіб підготовки ухилом частини шахтного поля при відпрацюванні пласта лавами за підняттям:

1 – конвеєрний ухил; 2 – вентиляційний ухил; 3 – головний відкаточний штрек; 4 – головний вентиляційний штрек; 5 – головний вентиляційний квершлаг; 6 – головний відкаточний квершлаг; 7 – допоміжний ходок; 8 – людський ходок; 9 – дренажний штрек; 10 – монтажний штрек

У всіх випадках погоризонтної підготовки з виймання пласта лавами за підняттям споруджується дренажний горизонт з водовідливною установкою. Польовий або пластовий дренажний штрек з'єднується з підйомним горизонтом допоміжними ухилами.

На практиці зустрічаються варіанти погоризонтної підготовки, що розрізняються розташуванням головних штреків щодо пласта (польові або пластові), схемою підготовки виїмкових ділянок (з повторним використанням

конвеєрних бремсбергів і ухилів або їх проведенням з присіканням до виробленого простору).

Спосіб погоризонтної підготовки шахтного поля найбільш поширений при розробці пологих пластів. За умовами роботи засобів комплексної механізації в горизонтальному очисному вибої область його використання обмежена кутом падіння пласта $0-12^\circ$.

Погоризонтний спосіб підготовки шахтного поля з посуванням лав за підняттям застосовують на пластах потужністю до 2 м (при більшій потужності посилюється віджимання вугілля і підвищується небезпека роботи людей у вибої), а з посуванням лав за простяганням – на необводнених пластах (наявність скупченої в лаві води ускладнює або унеможливує роботу механізованого кріплення).

Основні **переваги** погоризонтного способу підготовки шахтного поля:

- менший, ніж при інших способах, питомий (на 1000 т видобутку вугілля) обсяг робіт з проведення підготовчих виробок;
- можливість забезпечення постійної довжини лави за весь час відпрацювання виїмкового стовбура.

Недоліки:

- труднощі використання допоміжного транспорту по довгим (800 – 1200 м) похилих виробках, що примикають до очисного вибою;
- неможливість досягнення високого рівня концентрації гірничих робіт (на кожному крилі пласта допустимо мати, як правило, по одному очисному вибою).

8.2.3 Поверховий спосіб

При поверховому способі підготовки шахтне поле в межах сходинки (горизонту) ділиться на послідовно відпрацьовувані смуги – поверхи похилою висотою 100 м і більше, підготовлювані за допомогою поверхових відкаточних та вентиляційних штреків, що проводяться з поверхових квершлагів або капітального бремсберга (ухилу).

На практиці зустрічаються різні варіанти конструктивного оформлення цього способу підготовки шахтного поля залежно від кута падіння пласта і розмірів шахтного поля. Поверховий спосіб підготовки представлений на рис.8.12.

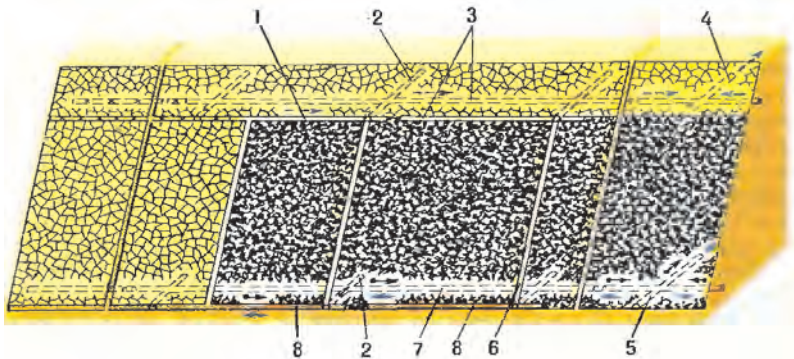


Рисунок 8.12 – Поверховий спосіб підготовки шахтного поля при розробці крутого пласта:

1 – вентиляційний пластовий штрек; 2 – проміжний квершлаг; 3 – груповий поверховий вентиляційний штрек; 4 – поверховий вентиляційний квершлаг; 5 – поверховий відкаточний квершлаг; 6 – ходова піч; 7 – груповий поверховий відкаточний штрек; 8 – відкаточний пластовий штрек

Для розробки пологих пластів найбільш характерний поверховий спосіб підготовки шахтного поля з поділом поверху на 2 – 3 підповерхи. Утворені в поверсі, як правило, однокрилі виїмкові поля довжиною за простяганням 300 – 1200 м готують за допомогою дільничного бремсберга з ходком. Порядок відпрацювання виїмкових полів у поверсі переважно прямий.

У разі великих розмірів сходишки шахтного поля за падінням (понад 400 – 600 м) по пласту або вміщуючих породах проводять капітальний бремсберг (ухил) з ходками, призначеними для видачі вугілля з поверхів на підйомний горизонт шахти, а також для провітрювання і здійснення допоміжних операцій.

Поверховий спосіб найбільш характерний для розробки похилих і крутих пластів, де він є єдино можливим. Поверхи похилою висотою 100 м – 150 м відпрацьовують лавами, ща посувається за простяганням або падінням.

На практиці застосовують, як правило, підготовку шахтного поля без поділу поверху на підповерхи з групуванням декількох пластів на польовий або груповий пластовий поверховий штрек.

Контрольні питання до розділу 8

1. Головна мета розкриття родовища?
2. Від яких факторів залежить спосіб розкриття родовища?
3. опишіть розкриття вугільних пластів вертикальними стовбурами.
4. зобразіть розкриття шахтного поля штольнею.
5. Які основні фактори впливають на вибір способу розкриття шахтного поля?
6. Схематично зобразіть панельний спосіб підготовки.
7. опишіть погоризонтний спосіб підготовки.
8. Для яких умов застосовується поверховий спосіб підготовки?

9 РОЗРОБКА РОДОВИЩ ПЛАСТІВ КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати які існують системи розробки пластових родовищ при підземному способі видобутку.

9.1 Загальні відомості

Підземна розробка твердих корисних копалин – це сукупність робіт з розкриття, підготовки родовища і виймання корисної копалини.

Іншою технологією відрізняється підземна розробка за допомогою бурових свердловин (наприклад, при підземному вилуговуванні, підземному розчиненні).

Розкриття родовища здійснюється вертикальними і похилими шахтними стовбурами або штольнями [1].

Підготовка полягає в поділі шахтного поля на виїмкові ділянки (блоки, панелі, стовбури і т.п.), необхідні для забезпечення очисного виймання. Очисне виймання становить сутність підземної розробки і містить комплекс процесів з відділення корисних копалин від масиву, доставки до місць навантаження в транспортні засоби, кріплення і підтримки виробленого простору.

Для конкретних гірничо–геологічних умов встановлюється порядок проведення підготовчих і очисних виробок у часі та просторі, який в основному визначає систему розробки.

До системи розробки ставляться такі вимоги:

- безпечне ведення робіт;
- мінімальні втрати корисної копалини в надрах;
- високі і стійкі техніко-економічні показники.

На вибір системи розробки впливають такі гірничо-геологічні чинники:

- потужність і кут падіння корисних копалин, його цінність, будова, глибина залягання, газоносність, багатоводність, фізико-механічні властивості корисної копалини і вмщуючих порід, технічні засоби механізації, технічний рівень підприємства і ін.

9.2 Розробка вугільних родовищ

Умови залягання вугільних пластів, які відрізняються великою різноманітністю, а також економічні причини зумовили застосування різної технології

розробки вугільних пластів. Як правило, для руйнування вугілля використовують механічні засоби або вибухові речовини, рідше гідравлічні та хімічні.

Технологія очисних робіт передбачає або постійну присутність робітників у очисному вибої, або безлюдне виймання. Виділяють різні способи виймання вугілля: комбайнами, стругами, відбійними молотками або вибуховими речовинами.

Найбільш сучасне виймання вугілля комбайнами і стругами в поєднанні з механізованими кріпленнями – механізованими комплексами. Такими комплексами видобувається більше половини вугілля з очисних вибоїв на пластах пологого і похилого падіння.

На крутих пластах виймання вугілля комплексами поки обмежене.

Розрізняють системи розробки довгими і короткими вибоями.

9.3 Система розробки вугільних пластів довгим очисним вибоєм

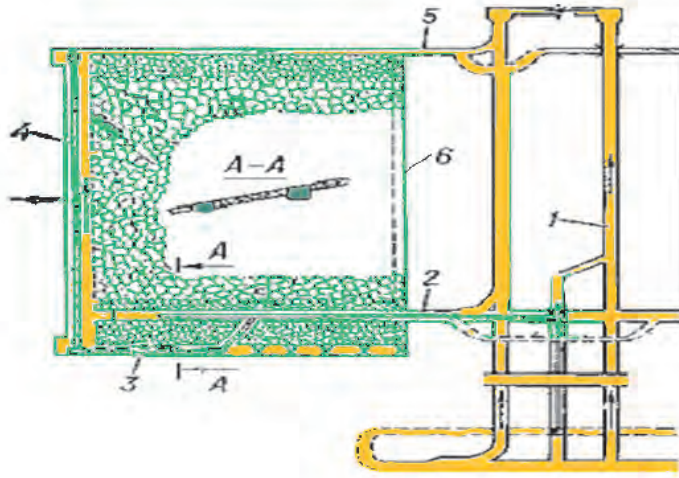
Система розробки довгим вибоєм може бути суцільною, стовповою і комбінованою. Кожна з цих систем розробки має варіанти залежно, наприклад, від напрямку посування очисного вибою по відношенню до елементів залягання пласта (за простяганням, падінням, підняттям), способу підготовки поверху або ярусу до очисного виймання, а при розробці потужних пластів – від методу їх виймання по потужності: без поділу і з поділом на шари (похилі, горизонтальні, поперечно-похилі).

9.3.1 Суцільна система розробки

Характерною для цієї системи є одночасність проведення підготовчих виробок і очисного виймання вугілля в крилі поверху, панелі. Підготовка очисного вибою (рис. 9.1) проводиться на відстані не менше 25 м – 50 м від похилих (бремсберга, ухилу, стовбура з ходками) або горизонтальних виробок шляхом проведення транспортної та вентиляційної виробок і розрізної печі між ними. У розрізній печі монтують засоби механізації і розпочинають очисне виймання вугілля; очисний вибій переміщується від похилої (горизонтальної) виробки до меж поверху (панелі).

Слідом за вибоєм у виробленому просторі проводять прилеглі до вибою виробки. Такий стан вибоїв очисних та підготовчих виробок зберігається протягом усього періоду відпрацювання поверху (ярусу).

Застосовують також інші варіанти системи, які залежать від кута падіння пластів і розрізняються способами підготовки пласта, проведенням виробок і т.п. [1]



*Рисунок 9.1 – Суцільна система розробки «лава – поверх»:
1 – похилі виробки; 2 – поверховий конвеєрний штрек; 3 – просік;
4 – очисний вибій (лава); 5 – поверховий вентиляційний штрек;
6 – розрізна піч*

Суцільна система розробки характеризується малим початковим обсягом проведення підготовчих виробок при підготовці нового очисного вибою.

Її основні недоліки:

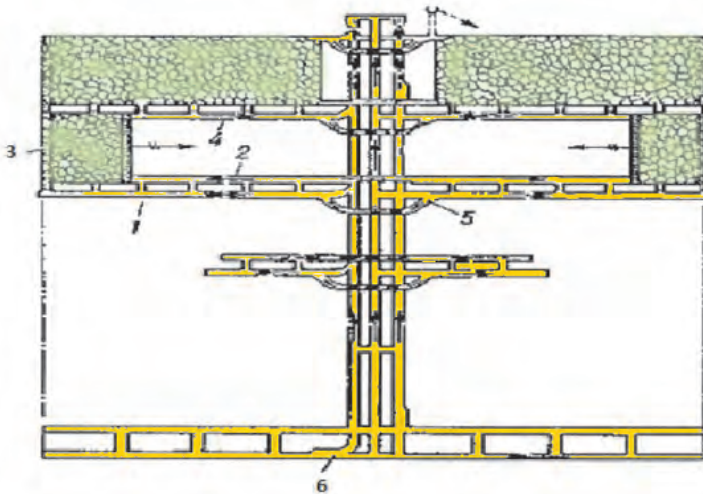
- складні умови підтримки штреків;
- великі витоки повітря через вироблений простір;
- можливість зустрічі непередбаченого геологічного порушення та зупинка лави з цієї причини.

Суцільна система розробки ускладнює використання високопродуктивних комплексів і агрегатів. Тому її застосування повинно бути обмежено тонкими пластами, що залягають на великих глибинах, і одиночними незахищеними пластами, небезпечними щодо раптових викидів вугілля і газу або гірничих ударів.

9.3.2 Стовпова система розробки

Характерним для стовпових систем розробки є проведення підготовчих виробок до початку очисних робіт: ці виробки оконтурюють запаси вугілля в межах поверху, ярусу, виймкового стовпа [1].

Варіант стовпової системи розробки за простяганням представлений на рис.9.2 і 9.3.



*Рисунок 9.2 – Система розробки довгими стовпами за простяганням:
1 – відкаточний штрек; 2 – конвеєрний ярусний штрек; 3 – розрізна піч;
4 – вентиляційний ярусний штрек; 5 – проміжний прийально-відправний майданчик; 6 – нижній прийально-відправний майданчик*

Біля головного відкаточного штреку у похилих виробок споруджують прийально-відправний майданчик, що забезпечує прийом і відправку вантажів від навколостовбурового двору до очисних вибоїв і назад.

Від майданчика до верхньої (або нижньої) межі панелі проводять похилі виробки: бремсберг (ухил) і ходки, які використовуються для подачі повітря, допоміжного транспорту, спуску-підйому людей.

Вугілля транспортується стрічковими конвеєрами по бремсбергу (ухилу).

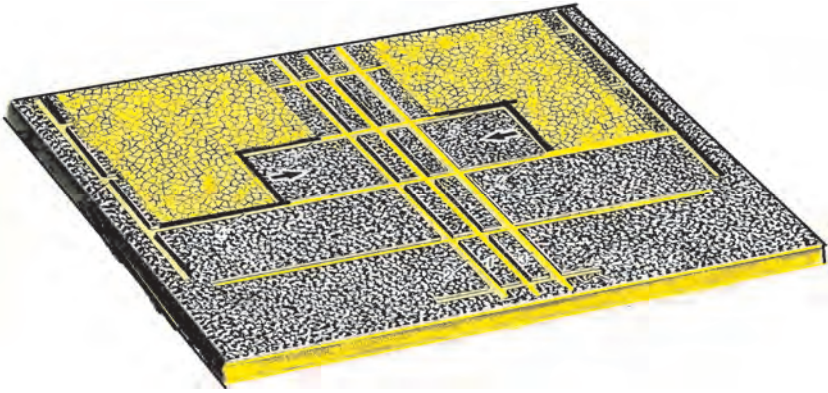


Рисунок 9.3 – Система розробки довгими стовпами за простяганням

Від похилих виробок в обидві сторони проводять ярусні штреки (транспортний і вентиляційний) з допоміжними виробками (заїздами, збійками і ін.). У міру відпрацювання готується наступний ярус, для чого проходять нові штреки.

Стовпова система розробки усуває недоліки, властиві суцільній, проте вона характеризується підвищеними втратами (на 5 % –7 %) вугілля в ціликах і збільшеним початковим обсягом проведення підготовчих виробок. Її застосування дозволяє підвищити навантаження на очисний вибій, поліпшити основні техніко-економічні показники.

Ця система розробки знаходить широке застосування при розробці пластів тонких і середньої потужності, а також при шаровій розробці потужних пластів [6] – [9].

Застосовується також система розробки довгими стовпами з посуванням очисного вибою за падінням (рис.9.4) або (рис. 9.5). Від розкривної виробки проводиться головний польовий відкаточний штрек. Паралельно польовому проводять пластовий штрек і дві похилі виробки до вентиляційного горизонту, де їх з'єднують розрізною піччю.

Довжина виїмкового стовбура коливається в межах 1000 м – 1500 м і більше, ширина відповідає довжині лави. Черговий стовбур готується шляхом проведення нових похилих виробок і розрізної печі.

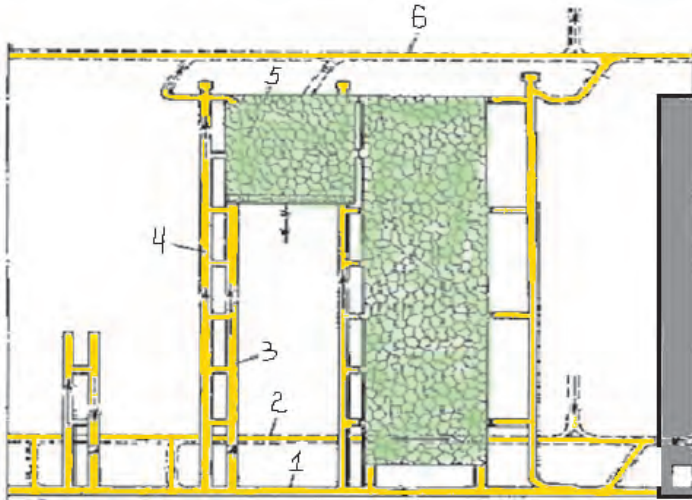


Рисунок 9.4 – Система розробки довгими стовпами за падінням:
 1 – пластовий штрек; 2 – головний відкаточний польовий штрек;
 3 – конвеєрний бремсберг; 4 – вентиляційний ходок; 5 – розрізна піч;
 6 – головний вентиляційний польовий штрек

Система розробки з переміщенням вибою за падінням дозволяє:

- забезпечити зниження питомого обсягу проведених і підтримуваних виробок;

- постійну довжину лави в межах виїмкового стовпа (що особливо важливо при оснащенні очисного вибою механізованим комплексом або агрегатом);

- просту і надійну схему підземного транспорту;

- прямооточну схему провітрювання з подачею повітря до джерел виділення метану (очисний вибій, вироблений простір, вугілля на конвеєрі підготовчої виробки).

Недоліки:

- великий обсяг похилих виробок, проведення та експлуатація яких обходяться дорожче, ніж горизонтальних.

При високій багатоводності застосовують аналогічну систему розробки з переміщенням очисного вибою за підняттям пласта.

Обидва варіанти системи розробки, завдяки їх техніко-економічним перевагам, є найбільш прогресивними для виймання тонких і середньої потужності пластів з куту падіння до $12^\circ - 15^\circ$.

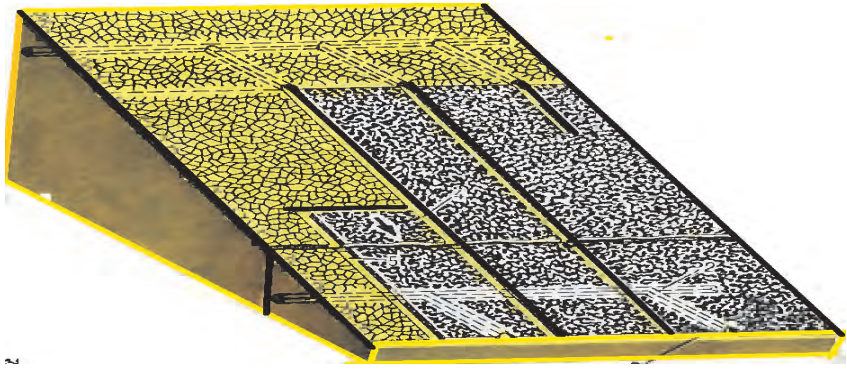


Рисунок 9.5 – Система розробки довгими стовпами за падінням

Систему розробки довгими стовпами за простяганням або падінням застосують також при вийманні потужних пологих пластів.

При розробці тонких і середньої потужності похилих і крутих пластів найбільшого поширення набула система розробки довгими стовпами за простяганням (рис.9.6).

На вибір розмірів виїмкового поля за простяганням і довжини очисного вибою вирішальний вплив робить спосіб виймання вугілля.

При буропідривному способі виймання вугілля довжина виїмкового поля не перевищує 300 м – 400 м, при механізованому може досягати 1000 м і більше.

Кожне виїмкове поле розкривають проміжними квершлагами, від яких по пласту проводять відкаточний (конвеєрний) і вентиляційний штреки (рис.9.6) [6] – [9].

Система розробки довгими стовпами за падінням (щитова) застосовується при розробці крутих пластів з пересуванням захисного кріплення у вигляді щитового перекриття.

Поверх висотою по вертикалі 80 – 100 м розділяють на виїмкові поля розмірами за простяганням 250 м – 300 м. Їх, у свою чергу, ділять на окремі щитові стовпи.

Довжина очисного вибою і спосіб підготовки стовпа залежать від застосованої технології виймання вугілля [1].

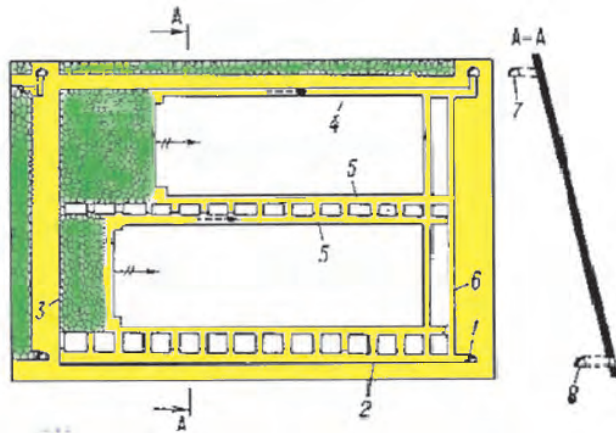


Рисунок 9.6 – Система розробки довгими стовпами за простяганням з поділом поверху на підповерхи:

- 1 – проміжний квершлаг; 2 – пластовий відкаточний штрек;
 3 – розрізна піч; 4 – вентиляційний штрек; 5 – проміжний штрек;
 6 – скат; 7 – поверховий вентиляційний штрек;
 8 – поверховий відкаточний штрек

При буропідривному способі виймання вугілля (рис.9.7) довжина очисного вибою не перевищує 24 м – 30 м; через кожні 6 м під щитовим переkritтям проводяться вуглеспускні печі (свердловини).

Недоліки розробки при буропідривному способі виймання: високі експлуатаційні втрати, великий обсяг підготовчих робіт, низький ступінь механізації та високий рівень ручної праці, висока аварійність.

Тому вона безперспективна.

При механізованому відбиванні вугілля із застосуванням щитових агрегатів доставка вугілля здійснюється по флангових печач, а довжина очисного вибою досягає 55 м.

При щитовій системі розробки бічні породи мимовільно обвалюються слідом за опусканням щита за падінням. Область застосування цієї системи розробки обмежується пластами з кутами падіння понад 55°.

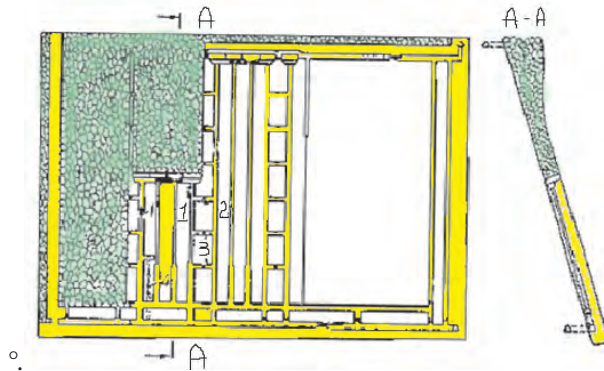


Рисунок 9.7 – Система розробки довгими стовпами за падінням (щитова):
 1 – вуглеспускні печі; 2 – ходова піч; 3 – збійки; 4 – обхідна вентиляційна піч

9.4 Розробка потужних пластів

При стовпових системах розробки потужних пластів з поділом на шари пласти поділяють на похилі, горизонтальні та поперечно-похилі умовними площинами, орієнтованими в просторі відповідно похило за падінням пласта, паралельно підшви (або покрівлі), горизонтально між лежачим і висячим боками і, нарешті, з нахилом в сторону підшви під кутом $30^{\circ} - 40^{\circ}$ до горизонту. Товщина шару не перевищує 3,5 м.

Система розробки горизонтальними смугами за простяганням застосовується на пластах потужністю 3,0 м – 4,5 м з кутами падіння понад 60° при гідралічній закладці виробленого простору і вийманні вугілля за допомогою комбайнів.

Пласти більшої потужності можуть відпрацьовуватися пошарово, товщина шару при цьому не повинна перевищувати 4,5 м.

Виймкове двокриле поле розмірами за простяганням 300 м – 400 м розкривається на відкаточному і вентиляційному горизонтах проміжними квершлагами.

На флангах поля проводяться вентиляційні скати, в його середній частині у міру посування вибою за підняттям у виробленому і закладеному просторі зводиться вуглеспускних скат.

З метою поєднання робіт з виймання вугілля і зведення закладного масиву смуги лівого і правого вибоїв поперемінно випереджають один одного за підняттям на половину висоти виймасмої смуги, рівній 4,5 м – 5,0 м.

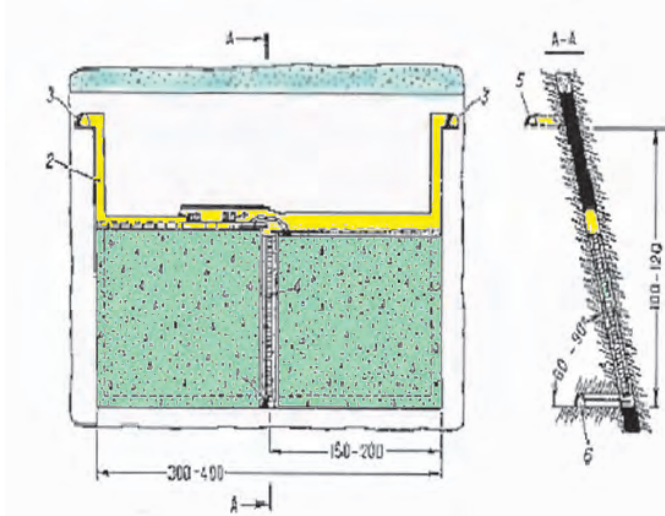


Рисунок 9.8 – Система розробки горизонтальними смугами за простяганням у висхідному порядку:

1 – конвеєрний кверцлаг; 2 – вентиляційний скат; 3 – вентиляційний кверцлаг; 4 – вуглеспускний скат; 5 – польовий вентиляційний штрек; 6 – польовий відкаточний штрек

Виймання вугілля здійснюється одним або двома комбайнами в протилежних крилах виїмкового поля. Доставка вугілля від комбайнів до вуглеспускного скату проводиться конвеєрами. Після закінчення виймання вугілля в крилі комбайн переганяється в суміжне крило по перехідній фермі, розташованій над вуглеспускним скатом, і проводиться прийом гідрозакладки з пульповода, прокладеного по фланговому скату.

Система розробки поперечно-похилими шарами потужних крутих пластів застосовується тільки при керуванні покрівлею шляхом закладання виробленого простору. Виймання вугілля в шарах проводиться за допомогою буропідривних робіт.

При розробці пологих потужних пластів похилими шарами пласт поділяється на два і більше шарів (рис.9.9). Для цього від похилих виробок до межі шахтного поля (панелі) проводять відкаточний штрек.

Як вентиляційний використовують відкаточний штрек відпрацьованого верхнього поверху.

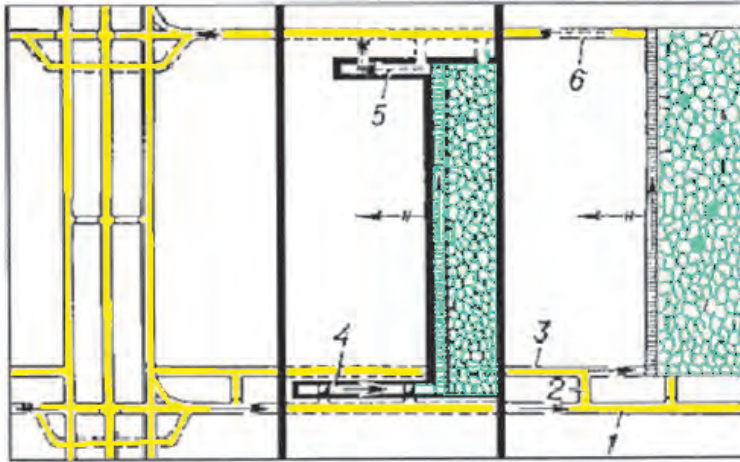


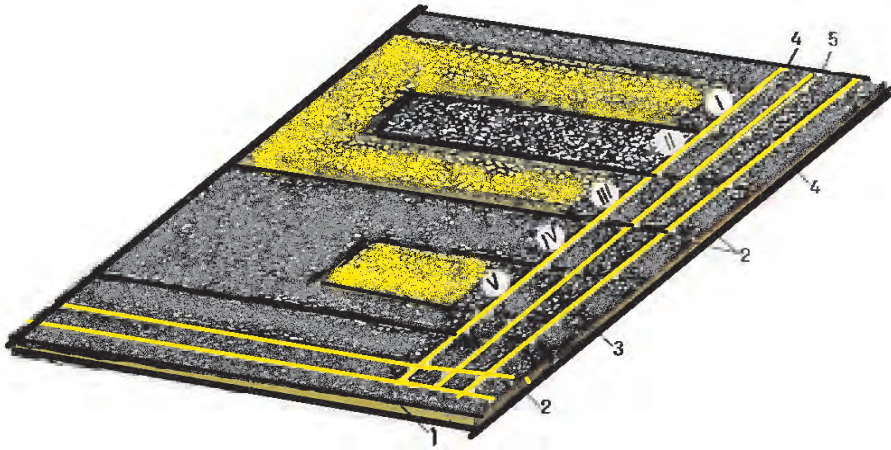
Рисунок 9.9 – Розробка потужного пологого пласта з розділенням на похилі шари:

1 – відкаточний штрек; 2 – збійки; 3 – конвеєрний штрек; 4 – шаровий конвеєрний штрек; 5 – шаровий вентиляційний штрек; 6 – вентиляційний штрек

Біля межі шахтного поля (панелі) з верхнього шару проводять розрізну піч і два шарових штреки – конвеєрний і вентиляційний. Конвеєрний шаровий штрек з'єднують з відкаточним, а вентиляційний шаровий – з поверховим вентиляційним штреком. Аналогічно ведеться підготовка очисного вибою по нижньому шару. Очисні роботи ведуться з випередженням вибою верхнього шару по відношенню до нижнього. Величина випередження залежить від прийнятого порядку відпрацювання шарів. Практикують одночасне відпрацювання шарів з невеликими випередженнями між ними (до 100 м) і послідовне – з незалежною підготовкою кожного шару.

Комбінована розробка пласта парними штреками показана на рис. 9.10.

Між шарами зазвичай залишають пачки вугілля товщиною 0,3 м – 0,6 м або, рідше, використовують гнучкі перекриття з металевих смуг і сітки. Виймання шарів виробляють за принципом довгих стовпів за простяганням або падінням (при кутах до 12° – 15°).



*Рисунок 9.10 – Комбінована система розробки парними штреками:
I – V – номери виїмкових стовпів; 1 – відкаточний штрек; 2 – конвеєрні штреки; 3 – вентиляційні штреки; 4 – ходки; 5 – бремзберг*

Система розробки похилими шарами потужних крутих і похилих пластів застосовується при керуванні покрівлею обваленням і закладкою виробленого простору. При обваленні покрівлі шари відпрацьовують у спадному порядку із застосуванням буропідривного виймання вугілля під гнучким металевим перекриттям. Така система розробки застосовується на пластах потужністю понад 4,5 м.

При керуванні покрівлею закладкою виробленого простору відпрацювання похилих шарів проводиться у висхідному порядку: кількість шарів не перевищує 4, товщина шару 3,5 м.

Похилі шари виймають буропідривним або механізованим способами.

При буропідривному вийманні вугілля розміри виїмкового поля за простяганням не перевищують 400 м, шари відпрацьовують смугами за простяганням, довжина очисного вибою в смугі не перевищує 12 м.

При механізованому вийманні вугілля відпрацювання похилих шарів може проводитися довгими стовпами за простяганням або за підняттям. Довжина очисного вибою при цьому 30 м – 200 м, довжина виїмкових полів за простяганням 400 м – 1200 м, товщина вийманого шару 2,5 м – 3,5 м.

Комбінована система розробки потужних пологих пластів похилими шарами з випуском міжшарової товщі вугілля при використанні спеціального

комплексу вперше застосована на шахтах Кузбасу. Вона призначена для пластів потужністю 7 м – 12 м з невеликою газоносністю. Пласт ділять на два шари, які відпрацьовуються незалежно. Верхній монтажний шар має товщину 1,5 м – 2,0 м. Його відпрацьовують системою довгих стовпів за простяганням (рис.9.11).

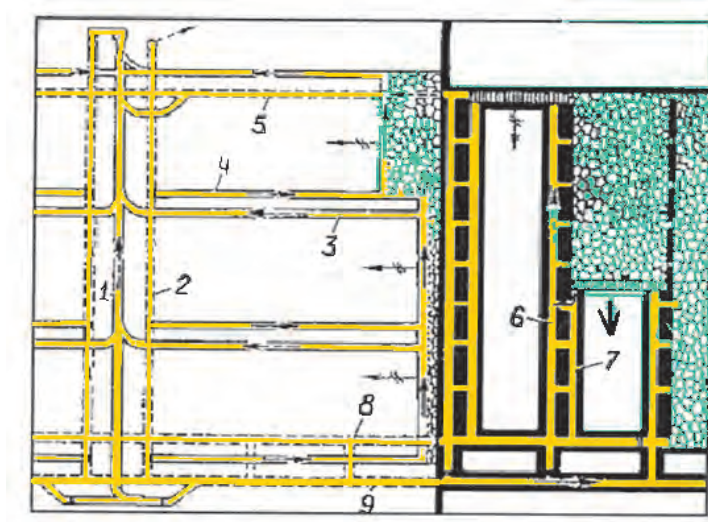


Рисунок 9.11 – Комбінована система розробки з випуском вугілля міжшарової товщі при застосуванні комплексу КТУ:

1 – допоміжний бремсберг; 2 – конвеєрний бремсберг; 3 – вентиляційний штрек монтажного шару; 4 – конвеєрний штрек монтажного шару; 5 – основний вентиляційний штрек; 6 – вентиляційний ходок; 7 – конвеєрний бремсберг; 8 – основний конвеєрний штрек; 9 – головний відкаточний штрек

Технологія виймання вугілля з застосуванням комплексів передбачає збільшення вертикальної висоти поверху до 200 м – 250 м і застосування в шарах зміцненої закладки, яка, володіючи високою несучою здатністю, забезпечує безпечну роботу механізованого кріплення в наступних шарах без застосування додаткових перекриттів (рис 9.11).

Одночасно з вийманням вугілля монтують гнучке металеве перекриття, на яке виробляють обвалення порід покрівлі. Нижній шар відпрацьовують стовпами за падінням. Довжина стовпів 300 м – 500 м, очисного вибою 40 м – 80 м.

Виймання вугілля в шарі на висоту кріплення (2,8 м) виробляють комбайном, а в міжшаровій товщі – за допомогою буропідричних робіт. Зруйноване вугілля міжшарової товщі випускають на вибійний конвеєр через люки, наявні в огорожі кріплення.

9.5 Система розробки вугільного пласта коротким вибоєм

Системи розробки з короткими вибоями поділяють на камерні та камерно-стовпові.

При камерних системах розробки довжина камер може бути 200 – 300 м; ширина 4 м – 15 м; міжкамерних ціликів від 2 м до 6 м, дільничних 5 м – 10 м. Розміри виїмкової ділянки вибирають з таким розрахунком, щоб обвалення покрівлі відбувалося після його відпрацювання, і на пологих пластах становить 50 м – 150 м. (рис.9.12)

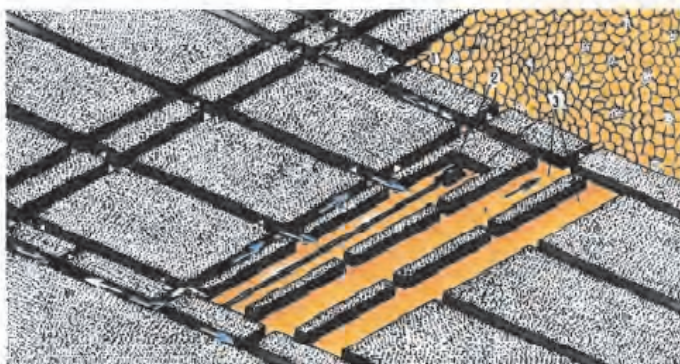


Рисунок 9.12 – Схема відпрацювання пласта корисної копалини камерами:
1 – вентиляційні споруди; 2 – комбайн; 3 – камери

Камерно-стовпова система розробки відрізняється від камерної тим, що міжкамерні цілики частково ліквідуються (рис.8.13), в результаті чого підвищується ступінь вилучення вугілля.

Між конвеєрним і вентиляційним штреками проходять одну-дві камери шириною 3,5 м – 5 м, після чого ліквідують міжкамерний цілик, ширина якого 15 м – 20 м.

Міжкамерний цілик ліквідується заходками по 3,5 м – 7,0 м із залишенням технологічних ціликів між ними шириною 0,6 м – 1 м.

Штреки та камери кріпляться анкерним кріпленням; заходки не кріпляться.

Основні умови застосування технології з короткими вибоями: низька якість вугілля (зазвичай енергетичне з підвищеною зольністю); потужність пласта 0,8 м – 3,5 м; кут падіння пласта до 15 ° (визначається можливістю роботи самохідного устаткування); породи середньої і вище середньої стійкості; газівість до 15 м³ на одну тону видобутку; глибина ведення гірничих робіт до 300 м (бо з її збільшенням різко зростають втрати вугілля в надрах) і ін.

В області систем розробки основними завданнями у вугільній промисловості є: подальша концентрація та інтенсифікація гірничих робіт.

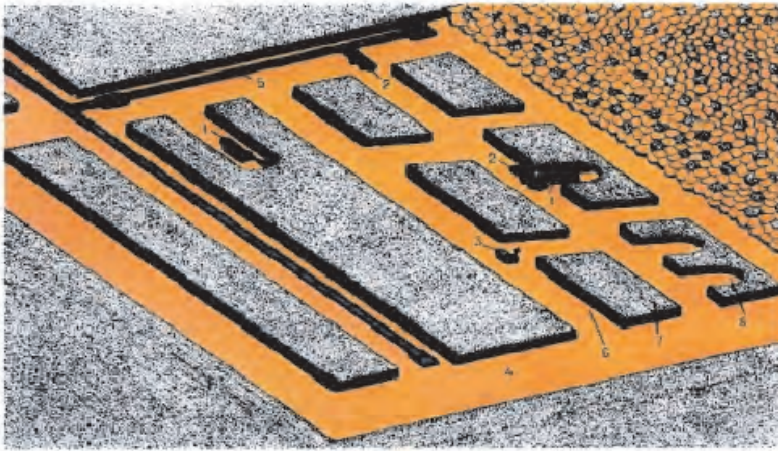


Рисунок 9.13 – Схема камерно-стовпової розробки пологого вугільного пласта:

1 – комбайн; 2 – самохідна вагонетка; 3 – верстат для установки анкерного кріплення; 4 – вентиляційний штрек; 5 – транспортний штрек; 6 – камера; 7 – міжкамерний цілик; 8 – заходка

Це досягається:

- розширенням застосування систем розробки довгими стовпами, особливо тих її варіантів, які забезпечують сталість довжини лави;
- відокремленим провітрюванням джерел виділення метану;
- раціональним розміщенням підготовчих виробок у товщі пласта і порід;
- прогнозуванням геологічних порушень для забезпечення стабільної роботи комплексів і агрегатів;

- створенням нових варіантів систем розробки і високопродуктивних засобів комплексної механізації, що забезпечують виймання вугілля без присутності робітників в очисному вибої;
- розробкою нових і вдосконаленням існуючих систем розробки потужних (особливо крутих) пластів з закладкою (переважно гідравлічною);
- розробкою комплексу заходів ведення гірничих робіт на глибоких горизонтах з попередньою дегазацією пластів;
- керуванням масивом гірських порід з поверхні до початку ведення гірничих робіт з метою виключення раптових викидів вугілля і газу, гірничих ударів і інших негативних явищ;
- розробкою заходів щодо забезпечення комфортних і безпечних умов роботи.

За кордоном підземна розробка вугілля широко розвинена в США, Польщі, Великобританії, Німеччині, Франції.

В європейських країнах переважне поширення набули системи розробки з довгими очисними вибоями.

На шахтах США, Канади, Австралії застосовуються системи розробки з короткими вибоями, що пов'язано з наявністю сприятливих геологічних умов.

Контрольні питання до 9 розділу

- 1. Які вимоги пред'являються до систем розробки?***
- 2. Опишіть суцільну систему розробки.***
- 3. Опишіть стовпову систему розробки.***
- 4. Зобразіть комбіновану систему розробки.***
- 5. Як проводиться розробка потужних пластів?***
- 6. Опишіть систему розробки вугільного пласта короткими вибоями.***

10 ТЕХНОЛОГІЯ ВИЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ В ОЧИСНИХ ДІЛЬНИЦЯХ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати технологію виймання вугілля в очисному вибої виїмковими комплексами і виїмковими агрегатами [1], [4], [13], [18], [33] та ін.

10.1 Загальні відомості

Метою розробки родовища є видобуток корисних копалин і видача його на поверхню для подальшої переробки або використання.

При підземному видобутку вугільних родовищ виділяють **звичайну** технологію – коли руйнування вугілля здійснюють механічними засобами або за допомогою вибухових речовин, а також **гідравлічну** (за допомогою високонапірного струменя води) або **підземну газифікацію** (спосіб оснований на фізико-механічному перетворенні вугілля в газоподібні та рідкі продукти).

Звичайна технологія поділяється на:

- на видобуток вугілля з постійною присутністю людей в очисному вибої;
- на видобуток без постійної присутності людей в лаві.

Технологія видобутку з постійною присутністю людей в очисному вибої містить:

- механізовану виймання комплексами з гідрофікованими кріпленнями;
- агрегатне виймання;
- виймання за допомогою відбійних молотків і вибухових речовин.

Виїмкові комплекси – це група технологічно пов'язаних головними параметрами машин і механізмів, що виконують усі основні операції в очисному вибої при місцевому керуванні ними.

Виїмкові агрегати – це комплекс конструктивно і кінематично об'єднаних і взаємопов'язаних усіма параметрами машин і механізмів, що виконують усі операції виймання вугілля в очисному вибої при місцевому або дистанційному (з відкатувального штреку) керуванні.

Розрізняють широко- і вузькозахватні комплекси і агрегати.

У перших – виїмкові машини мають захват більше 1 м, у других – менше 1 м.

10.2 Очисні роботи

Очисні роботи – це сукупність робіт, які виконуються в підземній очисній виробці з метою видобутку корисних копалин.

Розробка вугільного пласта підземним способом здійснюється в вибої (лаві).

Вибій – це пересувна в просторі поверхня корисної копалини або порода, яка її вміщує, з якої безпосередньо здійснюється її виймання.

Очисні вибої розрізняються:

- за формою – прямокутні і уступні;
- за розташуванням у просторі: за простяганням; навхрест простягання; за падінням; за підняттям; діагонально простяганням.

Лава – традиційна назва довгої очисної виробки, яка застосовується для підземного видобутку вугілля. Термін "лава" виник на початку XIX ст. з переходом до підземного вуглевидобутку від вузьких багатофункціональних виробок до виробок спеціальних – очисних і підготовчих робіт.

Сталося це після впровадження вперше на першому російському підземному вугледобувному підприємстві – Лисичанському казенному руднику, а згодом і на інших шахтах стовпової та суцільної систем розробки в 1839 році.

З'явившись, довгі очисні виробки отримали в Донбасі місцеву назву "лавка", тобто лава (рос. скамейка), тому що вибійнику доводилося працювати в них сидячи. Згодом слово "лавка" трансформувалося в "лаву".

Подібний "лаві" термін "Sitzozt" – сидяче місце з'явився в Німеччині в кінці XVIII ст. У даний час в гірничій термінології замість назви "лава" частіше вживається термін "довгий очисний вибій".

На сучасних вугільних шахтах очисні роботи представляють собою комплекс процесів і операцій:

- очисне виймання (руйнування корисної товщі з відділенням корисних копалин від масиву і навалювання його на транспортний пристрій);
- доставка корисних копалин до транспортної виробки;
- переміщення в очисній виробці транспортного і виїмкового обладнання;
- кріплення гірничої виробки (очисної),
- керування гірським тиском у лаві.

Всі процеси й операції, що входять в очисні роботи, виконуються в певному порядку, погодженому в часі та просторі.

Серед них виділяють основні та допоміжні виробничі процеси й операції, набір яких залежить в основному від застосовуваних засобів механізації очисних робіт.

Основні операції очисних робіт у вугільних шахтах містять:

- відділення корисної копалини від масиву;
- навантаження його на конвеєр і доставку до навантажувального пункту;
- пересування конвеєра;
- кріплення вибою такерування гірським тиском;
- проведення ніш;
- заходи зі зниження пилоутворення і газовиділення;
- навантаження на конвеєр вугілля, що відбивається при оформленні вибою, а також перекидається на підошву при руйнуванні його виїмковою машиною. Всі інші операції, що виконуються в лаві, наприклад доставку в вибій обладнання, матеріалів та ін., відносять до допоміжних.

Виконують їх найчастіше спільно з основними роботами. На основні виробничі операції в середньому припадає до 80% загальних витрат по очисних роботах. Залежно від порядку руйнування гірського масиву, що містить корисну копалину, очисне виймання буває спільним (валове виймання) (рис.10.1) або селективне (роздільне) [1].



Рисунок 10.1 – Виймання вугілля комбайном в лаві

За конфігурацією лінії очисного вибою розрізняють стелеуступне, ґрунтоуступне, шарове і суцільне виймання.

За способом руйнування гірського масиву виділяють очисне виймання (відбійку):

- механічне (комбайнове);
- буропідривне;
- стругове.

Крім того, в менших обсягах застосовують гідравлічне, механогідравлічне, взривогідравлічне і виймання, виконане відбійними молотками.

Реалізуються ці роботи в очисному вибої на основі циклової і потокової організації праці.

Запланований порядок очисних робіт на практиці для зручності користування виражається у вигляді координатних графіків, які наочно зображують у часі протікання процесів у лаві:

- планограм очисних робіт;
- графіків виходів робітників;
- таблиці техніко-економічних показників.

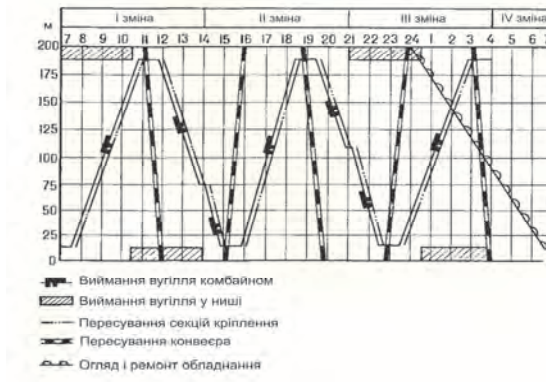


Рисунок 10.2 – Планограмма робіт у лаві, обладнаної механізованим комплексом

Професія	Кількість робочих				у добу	Час																							
	I змін	II змін	III змін	IV змін		I змін						II змін						III змін						IV змін					
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7				
Машиніст комбайна	1	1	1	1	—	3																							
Гірник очисного вибою	14	14	14	—	42																								
Електрослюсар	1	1	1	1	5	8																							
Всього	16	16	16	5	53																								

Рисунок 10.3 – Графік виходів робітників для ведення очисних робіт у комплексно-механізованій лаві

На планограмі робіт зображують всі основні виробничі процеси, що виконуються у вибої, їх взаємне узгодження у часі та просторі і послідовність виконання (рис. 10.2).

На графіку виходів наводиться кількість робітників за професіями, необхідних для виконання циклу робіт, розподіл їх по змінах і час перебування на роботі (рис. 10.3).

У таблиці техніко-економічних показників даються проєктовані результати організації очисних робіт.

З метою більш ефективного використання гірничої техніки та оптимізації режимів її роботи при переході на оптимальні параметри способів підготовки та раціональні системи розробки, складено і застосовуються на шахтах типові технологічні схеми ведення очисних робіт.

Подальше підвищення рівня концентрації та інтенсифікації очисних робіт відбуватиметься за рахунок вдосконалення гірничої техніки і систем розробки, розвитку комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, широкого поширення на шахтах передових методів ведення робіт.

10.3 Механізовані кріплення

Механізоване кріплення – це самопересувне металеве гідрофіковане кріплення очисного вибою, яке забезпечує збереження порід покрівлі, збереження очисної виробки в робочому і безпечному стані. Воно забезпечує механізацію процесів кріплення і керування породами покрівлі, пересування й утримання постава вибійного конвеєра або базової балки разом з виймальною машиною.

Область застосування сучасних механізованих кріплень – очисні вибої пологих, похилих і крутих пластів потужністю від 0,7 м до 5 м; вони можуть працювати при посуванні очисного вибою за простяганням, повстанням і падінням.

Основний спосіб керування покрівлею при застосуванні механізованого кріплення – обвалення; є досвід закладки виробленого простору.

Механізоване кріплення очисного вибою складається з системи однотипних або різнотипних секцій, розставлених з певним кроком по довжині очисного вибою, які пересуваються в напрямку його посування.

Довжина лавокомплекта 80 м – 200 м.

Секція механізованого кріплення – самостійна структурна одиниця, здатна на обмеженій довжині очисного вибою, що дорівнює ширині секції,

підтримувати привибійний простір очисного вибою в робочому і безпечному стані.

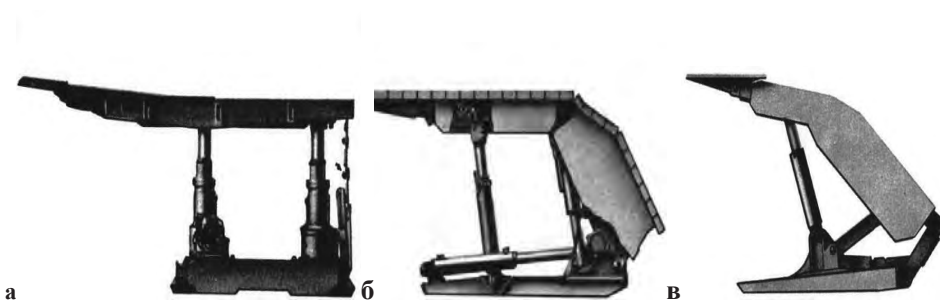
Секція складається:

- з підстави, що спирається на породи підшви;
- верхнього перекриття, що підтримує породи покрівлі;
- огорожувальної частини, яка перешкоджає проникненню в робочий простір обвалених порід покрівлі;
- гідравлічних стояків (від однієї до шести в секції), за допомогою яких виявляється податливий опір опусканню порід покрівлі;
- домкрата, який здійснює пересування як секції, так і постава вибійного конвеєра.

Як привод механізованого кріплення застосовується система об'ємного гідроприводу типу «насос».

Насосна станція гідроприводу являє собою самостійний агрегат, розташований поза очисного вибою, у прилеглий виробці.

Залежно від характеру взаємодії з породами покрівлі механізовані кріплення можуть бути підтримувального, підтримувально-захисного і захисного типів (рис. 10.4) [6] – [9].



*Рисунок 10.4 – Схеми механізованих кріплень типу:
а – підтримувального; б – підтримувально-захисного;
в – захисного*

Підтримувальне кріплення має тільки підтримувати породи покрівлі перекриття (рис. 10.5).

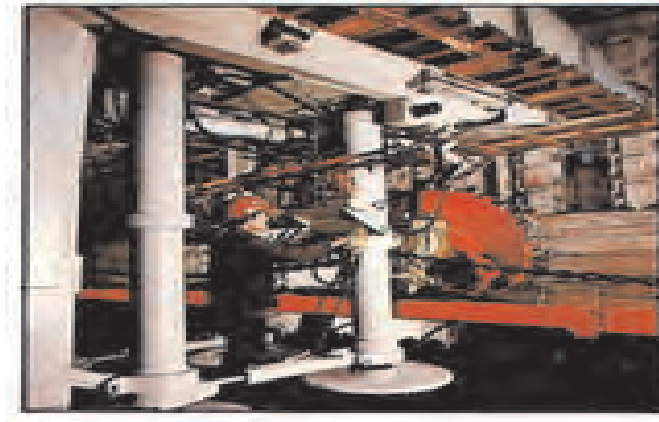


Рисунок 10.5 – Механізоване кріплення підтримувального типу

Підтримувально- захисне кріплення – має підтримувальні і захисні елементи, що сприймають вертикальне навантаження від порід покрівлі. Захисне кріплення – має тільки захисний елемент.

На сучасних шахтах найбільш поширені кріплення підтримувально-захисного типу (рис.10.6, 10.7) [4].



Рисунок 10.6 – Підтримувально-захисне кріплення



Рисунок 10.7 – Механізоване кріплення підтримувально-захисного типу в лаві

Механізовані кріплення виконуються з різними системами керування:

- ручним дистанційним з-під сусідньої секції, одностороннім або двостороннім;
- ручним дистанційним з центрального пульта, винесеного на штрек;
- автоматичним груповим з перерозподілом груп секцій в автоматичному режимі;
- дистанційно-автоматичним з центрального пульта, винесеного на штрек.

Основний параметр, що характеризує механізовані кріплення, – робочий опір кріплення (кН) з розрахунку на одиницю площі підтримуваного робочого простору (м²).

Для сучасних типів механізованого кріплення робочий опір знаходиться в межах 300 – 1500 кН/м².

Кріплення механізоване ДМ підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами УКД300, УКД200 / 250, ВПТ, КА80, КА200, 1К103М, 1К101У, 1К101УД, РКУ10 і конвеєрами КСД26, КСД26В, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП37, СП250, СП251, СП301М / 90УЗ, СПЦ63 [4].

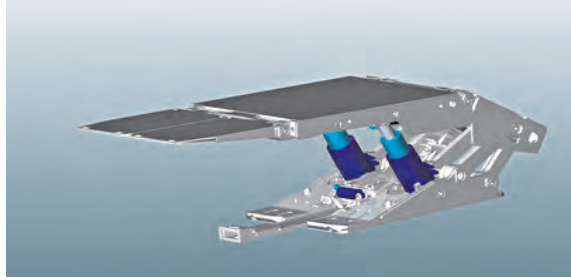


Рисунок 10.8 – Кріплення агрегатне щитове двостоякове ДМ

Область застосування – пласти потужністю від 0,85 м до 1,75 м (два типорозміри) з кутами падіння до 35 ° при роботі за простяганням, до 10 ° – за підняттям і падінням з легкою покрівлею і підшви ґрунту вдавненню не менше 1,5 Мпа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

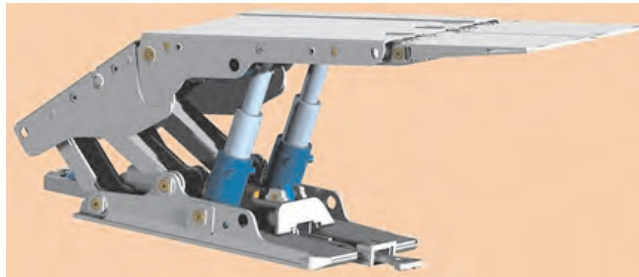


Рисунок 10.9 – Кріплення агрегатне щитове двостоякове КДД

Кріплення механізоване КДД підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами КА80, КБТ, КА200, УКД300, УКД200 / 250, 1К101У, 1К101УД, КДК400, КДК500, КДК700, РКУ10, РКУ13, 1ГШ68, 2ГШ68Б, КШ1КГУ і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, КСД29, СПЦ26, СП26У, СП36, СП37, СП250, СП251, СПЦ230, СПЦ271, СП301М / 90, СП326 [4].

Область застосування – пласти потужністю від 1,0 м до 2,4 м (два типорозміри) з кутами падіння до 35 ° при роботі за простяганням, до 10 ° – за підняттям і падінням з легкою покрівлею по ДССТ 28597-9090 і опором підшви-

ви вдавленню не менше 1,5 МПа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

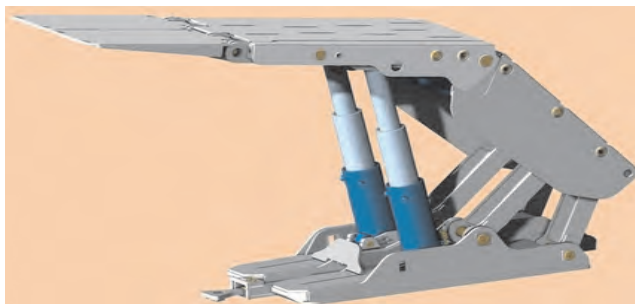


Рисунок 10.10 – Кріплення агрегатне щитове двостоякове ДТ

Кріплення механізоване ДТ підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами УКД300, УКД200/250, КДК400, КДК500, РКУ10, РКУ13, 1ГШ68, 2ГШ68Б, КДК700 КШ1КГУ і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, СПЗ7, КСД29, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП250, СП251, СПЦ271, СПЦ230, СП301М / 90, СП326 [4].

Область застосування кріплення – пласти потужністю від 0,95 м до 2,5 м (три типорозміри) з кутами падіння до 35 ° при роботі за простяганням, до 10 ° – за підняттям і падінням з важкою покрівлею і опором підошви вдавненню не менше 2,0 МПа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

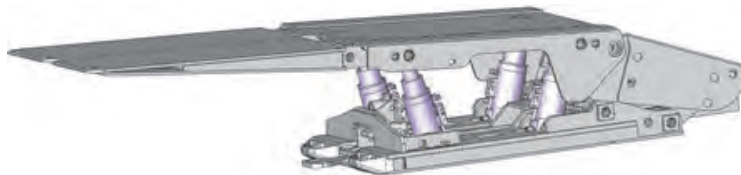


Рисунок 10.11 – Кріплення агрегатне щитове чотиристоякове КД90

Кріплення механізоване КД90 підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами КА80, КА200, КБТ, УКД200-250, УКД300, КДК400, КДК500, МК67, 1К101У, 1К101УД, 1К103М, РКУ10, РКУ13, 1ГШ68, 2ГШ68Б і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, КСД29, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП37, СП250, СП251, СПЦ271, СПЦ230, СП301М / 90, СП326.

Область застосування кріплення – пласти потужністю від 0,85 м до 2,0 м (три типорозміри) з кутами нахилу до 35° при роботі за простяганням, до 10° – за підняттям і падінням з легкою покрівлею і опором підшви вдавненню не менше 2,0 МПа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

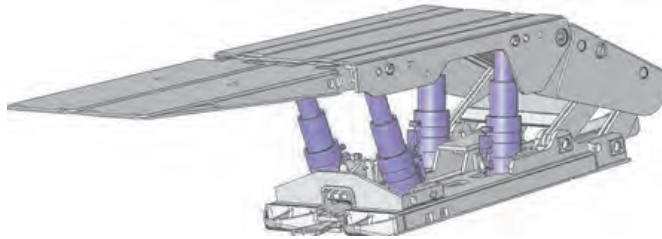


Рис. 10.12 – Кріплення агрегатне щитове чотиристоякове КД90Т

Кріплення механізоване КД90Т підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами КА80, КА200, КБТ, УКД200-250, УКД300, КДК400, КДК500, 1К101У, 1К101УД, 1К103М, РКУ10, РКУ13, 1ГШ68, 2ГШ68Б і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, КСД27Б, КСД29, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП37, СП250, СП251, СПЦ271, СПЦ230, СП301М / 90, СП326.

Область застосування – пласти потужністю від 0,9 м до 2,0 м (три типорозміри) з кутами нахилу до 35° при роботі за простяганням, до 10° – за підняттям і падінням з важкою покрівлею і опором підшви вдавненню не менше 2,0 МПа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

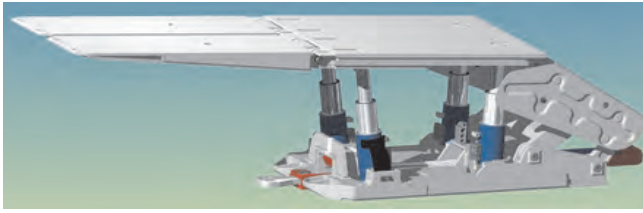


Рисунок 10.13 – Кріплення агрегатне щитове чотиристоякове КД80

Кріплення механізоване КД80 підтримувально-захисного типу призначене для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пологих і похилих пластів у складі комплексів з комбайнами КА80, КА200, КБТ, УКД200-250, УКД300, МК67, 1К101У, 1К101УД, 1К103М, РКУ10, ІГШ68 і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, КСД27Б, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП250, СП251, СПЦ271 [4].

Область застосування кріплення – пласти потужністю від 0,85 м до 1,5 м (два типорозміри) з кутами нахилу до 35° при роботі за простяганням, до 10° – за підняттям і падінням з легкою покрівлею і опором підшви вдавненню не менше 2,0 МПа, при керуванні покрівлею повним обваленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

10.4 Очисні агрегати

Очисний агрегат – сукупність гірничих машин і механізмів, пов'язаних кінематично і за основними параметрами, агрегатовані в єдину конструкцію, що забезпечує механізацію всіх процесів з видобутку корисних копалин пластових родовищ без постійної присутності людей безпосередньо у вибоях.

Очисні агрегати складаються:

- з машин для виймання і доставки;
- механізованого кріплення для кріплення і керування покрівлею;
- поздовжньої бази агрегату;
- допоміжного й енергетичного обладнання;
- пульта керування.

На відміну від очисних комплексів для лав в очисних агрегатах заміна машин і механізмів практично виключається або вимагає великих конструктивних змін.

Очисні агрегати, реалізовані для промислового застосування, які випробувані в шахтних умовах і розробляються по вхідних до їх складу основних частин, умовно поділяються на кілька груп.

Виймкові виконавчі органи очисних агрегатів поділяють на:

– фронтальні у вигляді кільцевого струга з ріжучими каретками, ланцюгової тягою, з безперервною подачею на вибій, які руйнують корисні копалини одночасно по всій довжині лави на повну потужність пласта з поверхні вибою по напластуванню (агрегати А-3, АК-3, Ф-1 та ін.);

– фронтально-поперечні у вигляді кільцевого струга з ріжучими каретками з ланцюговою тягою, з безперервним рухом на вибій, руйнують корисні копалини по напластуванню одночасно по всій довжині лави, але на частині потужності пласта і на задану глибину захвату, з подальшою поперечною подачею кільцевого струга для завершення відбійки пласта на повну потужність (агрегати типу АЩ, АФК і ін.);

– фронтально-поперечні у вигляді барабанів з різцями, які мають індивідуальні приводи, розташовані на кожній секції кріплення очисного агрегату, одночасно зарубуються в пласт на глибину захвату з подальшим поперечним ходом барабанів (агрегат типу ПНІУ);

– флангово-фронтальні у вигляді малозахватних флангових одно- або багатостругових і багатокомбайнових установок з ланцюговим або безланцюговим тяговим механізмом з безперервною або порціонованою фронтальною подачею на вибій – виконавчі органи агрегатів А-2С, А-2К, СА, АК-3К, АКД, АСБ і ін. (в багатоструговій установці очисного агрегату АСБ застосовано гідродомкратний безланцюговий тяговий орган стругів).

З різних виконавчих органів очисних агрегатів кращим вважається фронтальний кільцевий струг.

До складу очисних агрегатів входять різні засоби доставки. В очисних агрегатах з кільцевим стругом його тяговий орган постачають консольними шкребками або транспортують каретками, які розташовують між ріжучими каретками, утворюючи таким чином стругоконвейерну установку (агрегати А-3, АК-3, АЩ, АФК і ін.).

До очисних агрегатів з іншими виймальними органами входять дволанцюгові звичайні (А-2С, А-2К, АСБ) або спеціальні (Ф-1) вертикально замкнуті скребкові конвеєри.

Для спуску відбитої корисної копалини по вибою крутого пласта деякі очисні агрегати (наприклад, АК-3) постачають стругоконвеєрами.

Механізовані кріплення очисних агрегатів (частіше захисно-підтримувального щитового типу) поділяються на кріплення:

– з груповим (2 – 3 групи) по всій довжині лави фронтальним перерозподілом з високим активним підпором і одночасною подачею на вибій виймально-доставочної машини (агрегати А-3, АК-3);

– з фронтальним по всій довжині лави перерозподілом (з активним підпором вибійної частини кріплення) одночасно з виймально-доставочною установкою, з подальшим груповим або посекційним перерозподілом посадкової частини кріплення (А-2С, А-2К, Ф-1, АКД і ін.);

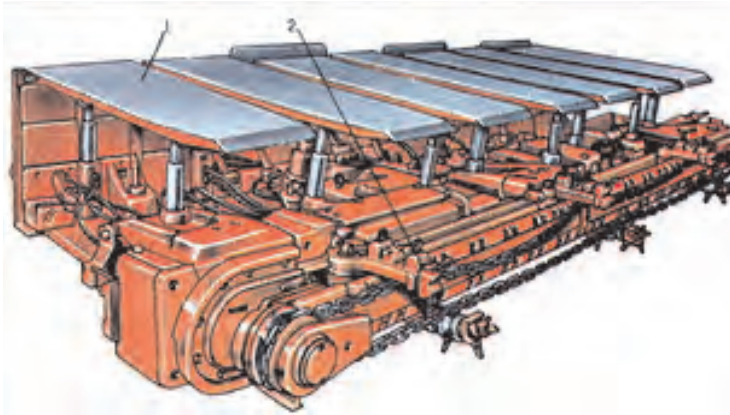
– з фронтальним перерозподілом груп секцій одночасно по всій довжині або частини довжини лави після закінчення циклу виймання (АШ, АФК, АК-3К).

Різні поєднання машин і кріплень, що входять до складу очисних агрегатів, визначають технології їх функціонування:

– фронтальну потокову з суміщенням у часі процесів фронтального виймання і доставки з фронтальним кріпленням і керуванням покрівлею (агрегати А-3, АК-3 і їх модифікації);

– фронтальну циклічно-потокову з фронтальним перерозподілом кріплення після закінчення циклу фронтального виймання (1АНЩ, 2АНЩ, АФК). На рис.10.14 показано очисний агрегат 2АНЩ;

– флангово-фронтальну-комбіновану технологію, при якій реалізується переважно циклічна технологія (А-2С, А-2К, АК-3К, АСБ.).



*Рисунок 10.14 – Очисний агрегат 2АНЩ:
1 – секція кріплення; 2 – конвеєроструг*

Переваги фронтальних очисних агрегатів: малоопераційне функціонування, простота системи автоматизації керування, контролю стану і роботи обладнання лави за допомогою пульта з прилеглої до лави виробки; високий рівень поєднання в часі процесів і операцій з виймання і пересування кріплення і завдяки цьому використання очисних агрегатів з високим коефіцієнтом машинного часу, підвищеною інтенсивністю і продуктивністю; підвищення безпеки,

культури виробництва. У стругових очисних агрегатів відсутній кабель, переміщуваний уздовж лави.

10.5 Стругове виймання вугільних пластів

Стругове виймання – спосіб вузькозахватного виймання вугілля, при якому відділення корисних копалин від масиву здійснюється тонкими стружками (товщиною 0,15 м – 0,3 м, при активних стругах – 0,4 м – 0,5 м) в зоні його максимального віджиму гірським тиском при високих швидкостях руху (до 36 – 90 м/хв) виконавчого органа стругових установок.

Найбільш ефективна область застосування стругового виймання, в порівнянні з комбайновим, тонкі (до 1,5 м) і досить тонкі пласти.

Стругове виймання може здійснюватися як з індивідуальними кріпленнями, так і в комплексі з механізованими гідрофікованими кріпленнями або в складі агрегату (наприклад, АК-3, рис. 10.15) [6] – [9].

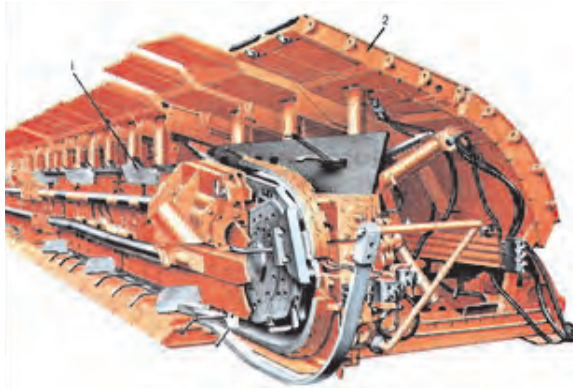


Рисунок 10.15 – Очисний агрегат АК-3:

1 – стругоконвеєр; 2 – секція кріплення

Такий спосіб виймання характеризується розміщенням всього очисного обладнання в безстояковому привибійному просторі при розташуванні приводів струга і конвеєра в кінцях очисного вибою або в прилеглих гірничих виробках.

Постав конвеєра стругової установки під час роботи постійно притиснутий до вибою за допомогою встановлених на певній відстані один від одного (2 м – 3 м) вздовж усього постава гідравлічних домкратів.

Конвеєр пересувається слідом за вийманням вугілля виконавчим органом, виконуючи функції доставочної машини і бази для спрямованого руху виконавчого органу уздовж вибою.

При струговому вийманні (завдяки малому захвату) рівномірніше (ніж при інших способах вийманні) відбувається перерозподіл гірського тиску і опускання покрівлі в міру посування очисного вибою, а також газовиділення з пласта і вміщуючих порід. Крім цього, в умовах стругового виймання порівняно легше використовувати системи автоматизованого дистанційного керування, тобто організувати технологію виймання без постійної присутності людини в вибої (рис.9.11) [4].

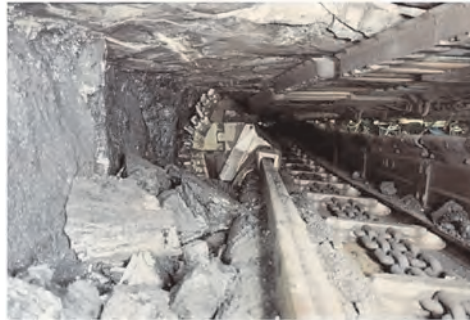


Рисунок 10.16 – Лава, обладнана струговим комплексом

Перевага стругового виймання – невеликий вихід штибу і значний вихід крупних та середніх сортів вугілля, що особливо важливо при його вийманні.

10.6 Вугільні комбайни

Комбайн – комбінована гірнична машина, одночасно виконує відділення від масиву корисної копалини, пустої породи (або того й іншого разом) і навантаження гірської маси на транспортні засоби.

На підземних роботах гірничі комбайни призначені для механізації процесів – виймання корисних копалин пластових родовищ. Відповідно до виконуваних функцій гірничі комбайни мають:

- виконавчі органи для руйнування масиву корисних копалин (гірської породи) і навантаження гірничої маси, органи подачі комбайнів на вибій і переміщень у вибої;

- двигун, передавальні механізми;

– пристрої для пригнічення або поглинання пилю, інше допоміжне обладнання;

– очисні комбайни для крутих пластів, які працюють на піднятті або падінні, а також механогідравлічні комбайни вантажним органом не оснащуються, оскільки відбита корисна копалина переміщається вниз під дією власної маси або потоком води (гідротранспортом).

У передавальних механізмах, особливо органів подачі та переміщень, широко застосовується електрогідропривод.

Двигун (двигуни) комбайнів – електричний, асинхронний. У нових конструкціях все частіше використовується регульований електропривод. Енергооснащеність машин до 400 – 600 кВт.

Комбайни поділяють на:

– флангові, застосовувані в довгих очисних вибоях на пологих і крутих пластах;

– фронтальні – в коротких очисних і підготовчих вибоях на пластах з кутом падіння до $8^\circ - 10^\circ$;

Флангові комбайни – машини циклічної дії, які рухаються вздовж вибою по підшві або рамі вибійного конвеєра і послідовно виймають смуги корисних копалин. Залежно від ширини виймаємої смуги комбайн цього виду поділяють на широкозахватні (ширина смуги 1,0 м – 1,8 м) і вузькозахватні (до 1,0 м).

Сучасні шахти оснащуються, як правило, вузькозахватними очисними комбайнами, що дозволяють здійснювати безстоякову підтримку покрівлі вибою, використовувати пересувні вибійні конвеєри і пересувні механізовані кріплення.

У флангових широкозахватних комбайнах для пологих пластів частіше застосовують баровий або у вигляді коронок руйнівальний орган.

Для навантаження відбитого вугілля використовують його ж або спеціальні навантажувачі. У вузькозахватних комбайнах функція руйнування і навантаження поєднується в одному виконавчому органі, переважно шнековому, оснащеному радіальними або тангенціальними, армованими твердими сплавами, різцями, розташованими на витках шнека.

Фронтальні комбайни обробляють масив, пересуваючись по ґрунті в напрямку осі прохідної виробки. У конструкціях цих комбайнів застосовують в основному два види руйнівальних органів – циклічної виборчої та поточної дії.

Органи першого виду – коронки (барабани), різні за формою, приводах і способах обробки вибою. Встановлена на кінці рухомої ручки, що періодично подається на вибій, коронка обробляє вибій різанням, переміщаючись поперек нього за будь-якою оптимальною, стосовно до будови масиву, програмою.

Орган поточного дії – роторний (баровий) з суцільною обробкою вибою різанням або прорізанням у пласті концентричних щілин з подальшим сколюванням ціликів, що залишилися між ними.

Завантаження гірничої маси фронтальними комбайнами зазвичай проводиться виконавчим органом з нагортаючими лапами бокового захвату або ковшами, що діють спільно зі скребковим або стрічковим конвеєром комбайна.

До основних **переваг** комбайнів (у порівнянні із засобами буропідривноїго виймання) відносяться:

- скорочення кількості, тривалості і підвищення інтенсивності виконання операцій гірничих робіт;
- полегшення праці робітників, підвищення його продуктивності і небезпеки.

Гірничі комбайни вдосконалюють в напрямках:

- зниження питомого енергоспоживання на відбій і вантаження;
- зменшення пилоутворення при цих процесах;
- вишукування і використання коштів автоматичного керування відбійного виконавчого органа з урахуванням гіпсометрії пласта;
- заданого напрямку поздовжнього профілю і контуру виробки;
- інформаційного забезпечення та контролю стану комбайна;
- підвищення надійності, ресурсів, зручності обслуговування і ремонтопридатності машини.

З ІСТОРИЇ. Перший видобувний комбайн, конструкції А. І. Вахмутського, був створений в 1931 р Комбайни типу «Донбас» і УКТ, виготовлення яких було налагоджено в кінці 40-х років XIX ст., дозволили механізувати виймати вугілля на пластах потужністю відповідно 0,8 - 2,8 м і 0,55 - 0,8 м. Застосування їх з іншими широкозахватними і вузькозахватними гірничими комбайнами на шахтах дало можливість до початку 70-х років в основному завершити механізацію важкої праці з виймання і вантаження вугілля для коротких вибоїв.

Широке застосування комбайнів у вугільних шахтах, у сукупності з іншими вибійними машинами, дозволяє здійснювати комплексну механізацію очисних робіт.

Деякі види вугільних комбайнів, які застосовуються для виймання вугільних пластів розглянуто нижче (рис. 10.17 –10.21).



Рисунок 10.17 – Комбайн очисний УКД200-250

Призначений для виймання вугілля в складі очисних комплексів з механізованими кріпленнями КД80, КД90, КД90Т, ДМ, КДД, ДТ та скребковими конвеєрами СП251, СПЦ163М, СП326-40, СП26У, СПЦ26, КСД26 в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,85 м – 1,5 м, що рухаються за простяганням з кутами нахилу до 35 °, а також за підняттям і падінням з кутами до 10 ° при опірності вугілля різанню до 480 кН/м [4].

Комбайн оснащений винесеною системою подачі ВСПК або ВСПЧ, має ширину захвату 0,8 м і оснащується шнеками діаметром 800 мм, 900 мм, 1000 мм з тангенціальними різцями типу РГ501 або радіальними різцями ЗР4.80.

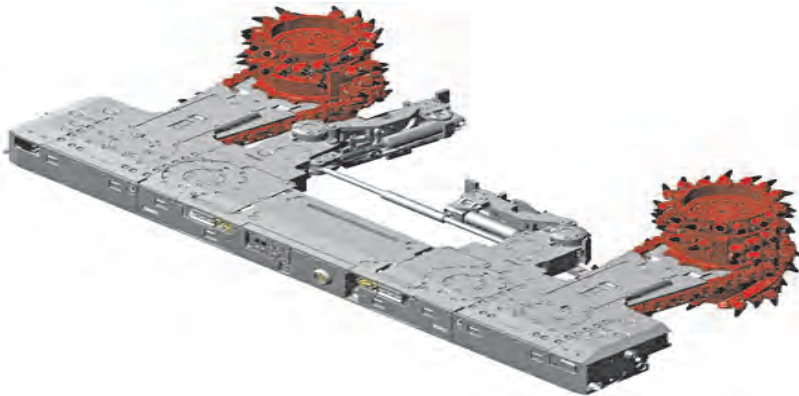


Рисунок 10.18 – Комбайн очисний КА200

Призначений для механізованого виймання вугілля в складі очисних комплексів МКД80, МКД90, МКД90Т, МДМ, МКДД з конвеєрами КСД26, СП26, СП26У, СПЦ26, СП251, СПЦ163 в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,8 м – 1,25 м зі складними гірничо-геологічними умовами, які рухаються за простяганням з кутами нахилу до 35 °, а також за підняттям і падінням з кутами до 10 ° при опірності вугілля різанню до 400 кН/м [4].

Область застосування комбайна по стійкості покрівлі пласта та інших факторів визначається областю застосування механізованих комплексів, до складу яких входить комбайн. Комбайн має три типорозміри, що відрізняються висотою виконавчих органів.

Призначений для механізованого виймання вугілля в складі очисних комплексів МКД90, МКД90Т, МДМ, МКДД з конвеєрами КСД26, СП26, СП26У, СПЦ26, СП251, СПЦ163 в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,8 м – 1,25 м зі складними гірничо-геологічними умовами, які рухаються за простяганням з кутами нахилу до 35 °, а також за підняттям і падінням з кутами до 10 ° при опірності вугілля різанню до 400 кН/м [4].

Область застосування комбайна по стійкості покрівлі пласта та інших факторів визначається областю застосування механізованих комплексів, до складу яких входить комбайн.



Рисунок 10.19 – Комбайн очисний КБТ

Комбайн має три типорозміри, що відрізняються висотою виконавчих органів.

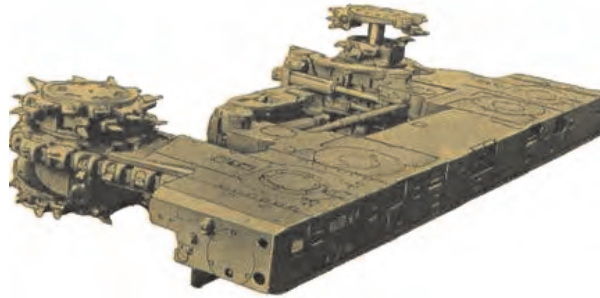


Рисунок 10.20 – Комбайн очисний КА – 80

Призначений для механізованого виймання вугілля в складі очисних комплексів МКД80, МКД90, МКД90Т, МДМ з конвеєрами КСД26, СП26, СП26У, СПЦ26, СП251, СПЦ163 в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,85 м – 1,25 м зі складними гірничо-геологічними умовами, які відпрацьовуються за простяганням з кутами нахилу до 35 °, а також за підняттям і падінням з кутами до 10 ° при опірності вугілля різанню до 360 кН/м.

Область застосування комбайна по стійкості покрівлі пласта та інших факторів визначається областю застосування механізованих комплексів, до складу яких входить комбайн. Комбайн має три типорозміри, що відрізняються висотою виконавчих органів.

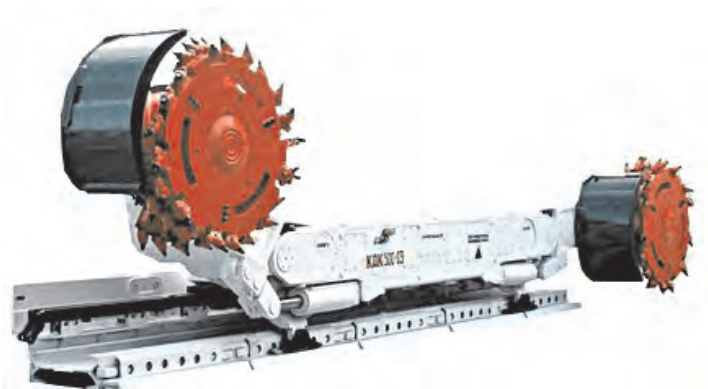


Рисунок 10.21 – Комбайн очисний КДК500 (КДК 600)

Призначений для механізованого виймання вугілля в складі очисних комплексів типу МКД90, МКД90Т, МКДД, МДТ, МДТР, МДТМ з конвеєрами КСД26В, КСД27, КСД29, СП37, СПЦ230, СПЦ271, СП326, в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 1,35 м – 3,2 м, які рухаються за простяганням з кутами нахилу до 35 °, а також за підняттям і падінням з кутами до 10 ° при опірності вугілля різанню до 360 кН/м [4].

Область застосування комбайна по стійкості покрівлі пласта та інших факторів визначається областю застосування механізованих комплексів, до складу яких входить комбайн.

10.7 Сполучення лави зі штреком

Довгий очисний вибій має два виходи в дві незалежні підготовчі виробки, які називають кінцевими ділянками очисного вибою (лави). Вони є початком і кінцем очисного вибою. Початком вибою вважається ділянка, куди надходить свіжий струмінь повітря з підготовчої виробки, а кінцем – звідки вона виходить. У цьому місці підготовча і очисна виробки утворюють сполучення, де технологія виймання вугілля має відмінні риси. До неї входять додаткові операції, які забезпечують маневр засобів механізації для виймання нової смуги вугілля і керування станом масиву гірських порід.

Питання підтримки відкаточного і вентиляційного штреків у місці сполучення їх з лавою має першорядне значення.

Їх стан, особливо відкаточного, зумовлює умови роботи підземного транспорту й істотно відображається на роботі очисного вибою.

Це зона активного гірського тиску, тут відбувається масове обвалення й опускання порід покрівлі у виробленому просторі і, отже, найбільші деформації кріплення.

Для механізації процесів кріплення в штреках застосовуються кріплення сполучення (рис.10.22 – 10.24).

Вони призначені для механізації процесів кріплення в штреках арочної, трапецієподібної і полігональної форм перерізом не менше 7 м² в зоні сполучення з лавою і механізації кінцевих операцій, пов'язаних з винесенням приводів скребкових конвеєрів КСД26, КСД26В, КСД27, КСД29, СП26, СП37, СП36, СП26У, СПЦ26, СПЦ230, СП250, СП251, СПЦ163, СПЦ271, СП301М/90, СП326 на штреки, їх утриманням, розпором, перерозподілом, налаштуванням при зміні кута падіння пласта, розвороту вибою і величини нижнього підривання [4].

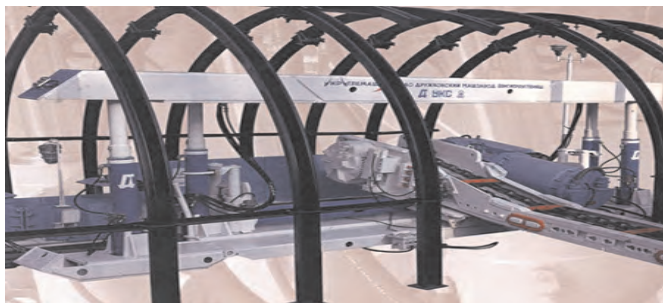


Рисунок 10.22 – Кріплення сполучення УКС

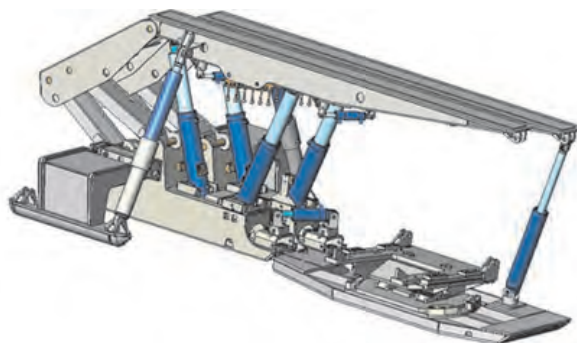


Рисунок 10.23 – Кріплення сполучення КС

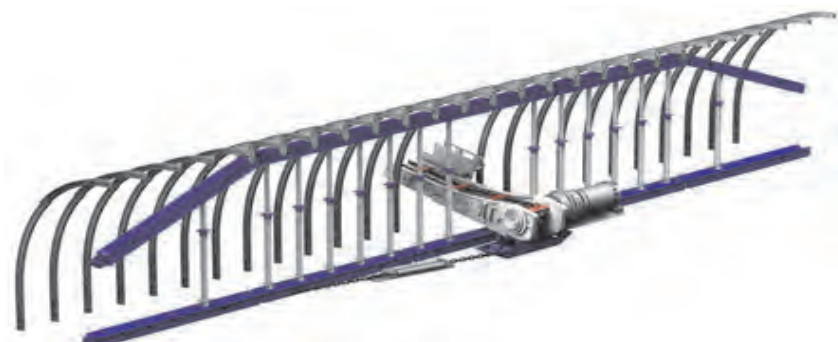


Рисунок 10.24 – Кріплення сполучення МКС

На рис. 10.25 і 10.26 показана секція кінцева СКЛ-2 і СКЛ-1

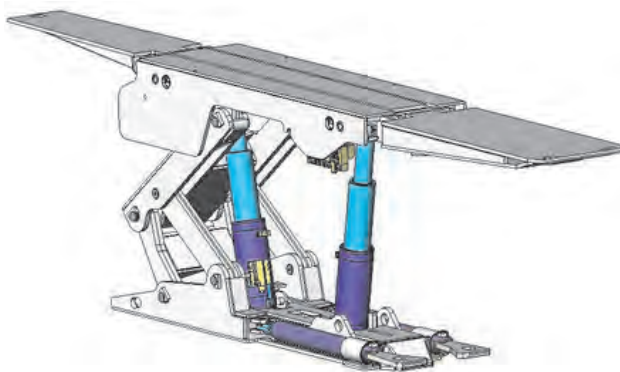


Рисунок 10.25 – Секція кінцева СКЛ-2

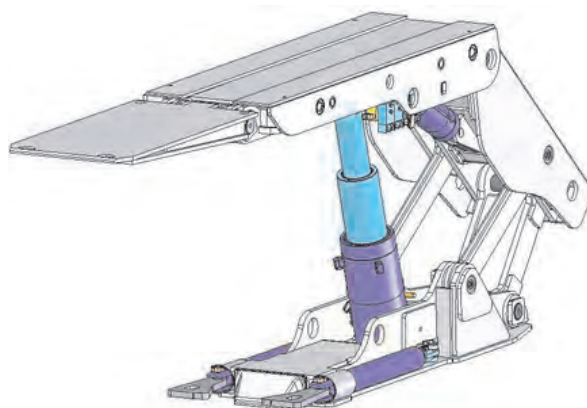


Рисунок 10.26 – Секція кінцева СКЛ-1

Призначена для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійном просторі біляштрекової зони лави при відпрацюванні пологих пластів потужністю 1,1 м – 2,1 м (два типорозміри) у складі комплексів з кріпленнями ДМ, КДД, КД90 комбайнами УКД300, УКД200/250, КДК400, КДК500, РКУ10, РКУ13, 1ГШ68, 2ГШ68Б і конвеєрами КСД26, КСД26В, КСД27, СПЦ26, СП26, СП26У, СП36, СП250, СП251, СПЦ271, СПЦ230, СП301М, СП326.

На рис. 10.26 і 10.27 показані кінцеві секції КДК - 90 і КДК - 90т

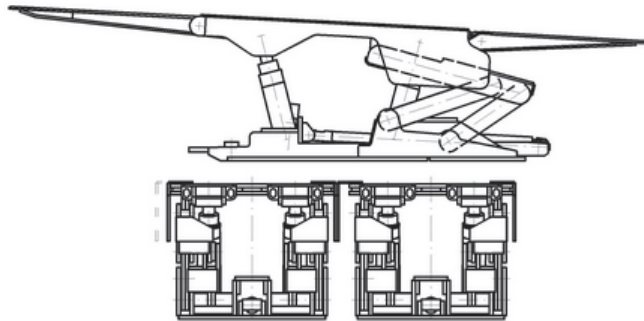


Рисунок 10.26 – Кінцева секція КДК90

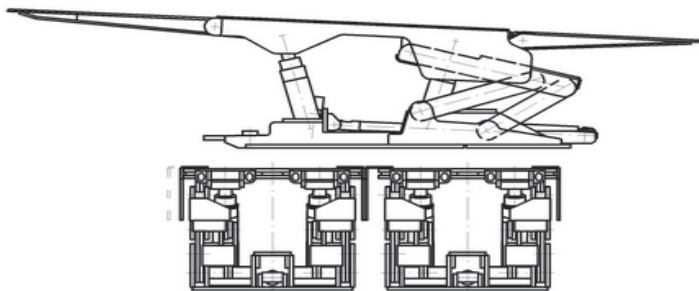


Рисунок 10.27 – Кінцева секція на базі КДК90Т

Кінцеві секції зі зворотними консолями КДК90 і КДК90Т підтримувального типу призначені для механізації процесів підтримки та керування покрівлею в привибійному просторі та побудови охоронних бутових смуг у біляштрековій зоні лави при відпрацюванні пологих пластів у складі комплексів МКД90, МДМ, МКДД.

Область застосування кінцевих секцій – пласти потужністю від 0,95 м до 2,1 м (два типорозміри) з кутами нахилу до 35° при роботі за простяганням, до 10° – за підняттям і падінням з легкою покрівлею й опором підшви вдавненням не менше 2,0 МПа, при керуванні покрівлею:

- плавне опускання на побутову смугу за кінцевими секціями;
- повне обвалення за лавним кріпленням в шахтах, небезпечних за газом та пилом до надкатегорійних включно.

10.8 Прохідницькі комбайни

Прохідницький комбайн – гірничча машина, призначена для руйнування масиву гірських порід і навантаження гірничої маси в транспортні засоби (вагонетки, конвеєр, перевантажувач і ін.). Застосовується при проходці гірничих горизонтальних і похилих виробок. [4], [6] – [9].

Розрізняють прохідницькі комбайни виборчого (рис.10.25) і суцільного руйнування.

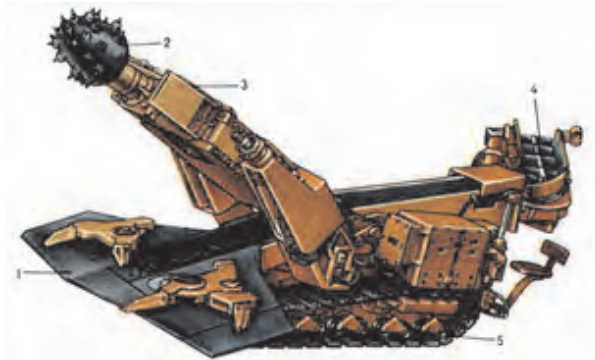


Рисунок 10.28 Прохідницький комбайн виборчого руйнування:

1 – навантажувальний стовбур; 2 – фрезерна коронка; 3 – стрілоподібний виконавчий орган; 4 – перевантажувач; 5 – гусенична ходова частина

Прохідницький комбайн виборчого руйнування це машина зі стрілоподібним виконавчим органом з фрезерної коронкою, забезпеченою, як правило, різцьовим ріжучим інструментом, що забезпечує розробку вибою будь-якої форми поперечного перерізу. Такий комбайн може виконувати роздільне виймання і транспортування корисних копалин і вміщуючих їх порід.

Сучасні прохідницькі комбайни виборчого руйнування характеризуються:

- можливістю використання змінних фрезерних коронок у різних гірничо-геологічних умовах;

- застосуванням навісного обладнання для виконання допоміжних операцій (підйому верхніх елементів кріплення, анкерування покрівлі та боків виробки і т.д.);

- використанням пристосувань для забезпечення стійкості комбайна, у т.ч. в похилих виробках, засобів автоматизації режиму роботи (лазерний контроль за напрямком руху, програмне керування тощо) і елементів діагностики.

Прохідницькі комбайни виборчого руйнування поділяють на машини:

– легкого типу – забезпечують руйнування гірських порід з межою міцності на одновісне стиснення $\sigma_{ст}$ до 70 МПа – 80 МПа при перерізі виробок до 20 м^2 – 25 м^2 ;

– середнього типу для руйнування гірських порід з $\sigma_{ст}$ до 100 МПа – 110 МПа при перерізах до 35 м^2 ;

– важкого типу для гірських порід з $\sigma_{ст}$ до 140 МПа – 150 МПа при перерізах до 40 м^2 – 45 м^2 .

Всі типи комбайнів обладнуються, як правило, гусеничним ходом.

Прохідницькі комбайни легкого і середнього типів найбільш поширені на вугільних шахтах, де з їх використанням проводиться близько 40% – 45% гірничих виробок. Середня швидкість проведення виробок такими комбайнами 140 м/міс. – 160 м/міс., максимальна – до 1500 м/міс., продуктивність прохідницького комбайна втричі вище, ніж при буропідричних роботах.

Прохідницькі комбайни виборчого руйнування важкого типу використовуються в гірничій промисловості та тунелебудуванні.

З переходом від прохідницького комбайна легкого типу до комбайнів середнього і важкого типів підвищується обсяг комбайнової проходки до 48% – 50%.

Кращі зарубіжні зразки прохідницьких комбайнів виборчого руйнування виробляють фірми "Vest Alpine" (Австрія), "Paurat" і "Westfalia Lenen" (Німеччина), "Dosco" (Великобританія), CAT (США) і ін.

Прохідницький комбайн суцільного руйнування відрізняється наявністю виконавчого органа роторного типу з буровою коронкою, забезпеченою, як правило, шарошковим інструментом і спеціальними ковшами, одночасно руйнує весь вибій і забезпечує захват і навантаження гірничої маси. Діаметр бурової коронки прохідницького комбайна від 4 м до 10 м (найбільш поширений – 5 – 6 м).

Комбайни можуть бути обладнані додатковими фрезами для надання виробкам арочної форми. Прохідницькі комбайни суцільного руйнування проводять виробки в основному в міцних гірських породах з $\sigma_{ст}$ до 180 МПа.

Маса машин при діаметрі 5 м – 6 м – до 200 т, потужність двигунів виконавчого органа 500 кВт – 700 кВт.

Сучасні прохідницькі комбайни суцільного руйнування характеризуються наявністю засобів автоматичного керування і елементів діагностики і показані на рис. 10.29-10.35.

Ведуться роботи зі зниження маси комбайнів і їх енергооснащеності шляхом вдосконалення конструкцій розпірно-крокуючих пристроїв і виконавчого органа [4].



Рисунок 10.29 – Комбайн прохідницький КПП

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проведенні виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перерізом від 6 м^2 до 18 м^2 з кутом нахилу до $+ 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід до 80 МПа й абразивністю до 15 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].



Рисунок 10.30 – Комбайн прохідницький КПЛ

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проходці підготовчих виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перерізом від 7 м^2 до 20 м^2 з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід до 80 МПа й абразивністю до 15 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].



Рисунок 10.31 – Комбайн прохідницький П110

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проходці підготовчих виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перерізом від 11 м^2 до 25 м^2 з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід 100 МПа й абразивністю до 15 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].



Рисунок 10.32 – Комбайн прохідницький КПД

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проходці підготовчих виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перерізом від 11 м^2 до 35 м^2 з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід до 100 МПа й абразивністю порід до 15 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].



Рисунок 10.33 – Комбайн прохідницький П220

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проходці підготовчих виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перерізом від 11 м^2 до 30 м^2 з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід 120 МПа й абразивністю до 18 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].

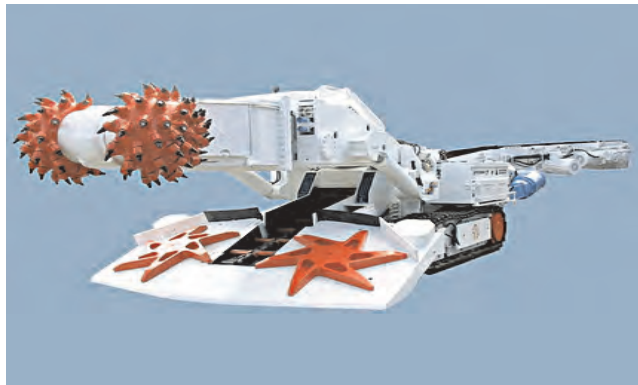


Рисунок 10.34 – Комбайн прохідницький КПВ

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірничої маси при проходці підготовчих виробок аркової, трапецієподібної та прямокутної форм перетином від $13,8 \text{ м}^2$ до $38,0 \text{ м}^2$ з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід 120 МПа й абразивністю до 18 мг у шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].

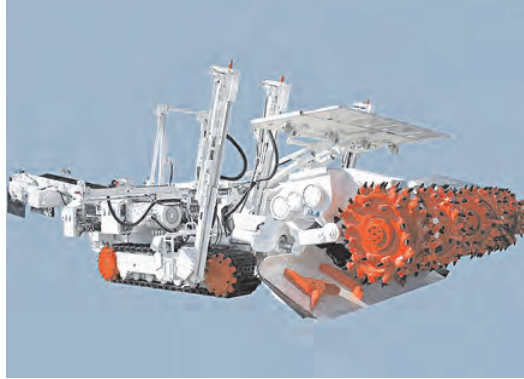


Рисунок 10.35 – Комбайн прохідницький КПА

Призначений для руйнування гірського масиву, прибирання та транспортування зруйнованої гірської маси при проходці підготовчих виробок прямокутного перерізу від 13,5 м² до 21 м² з кутом нахилу $\pm 12^\circ$ по вугіллю і змішаному вибою з максимальною межею міцності руйнованих порід до 80 МПа із засобами зведення анкерного кріплення в шахтах, небезпечних по газу (метану) і пилу [4].

Контрольні питання до 10 розділу

- 1. Що собою являють очисні роботи?**
- 2. Які Ви знаєте механізовані комплекси та складові їх компоновочні схеми.**
- 3. Назвіть очисні агрегати.**
- 4. Опишіть стругове виймання вугільних пластів.**
- 5. Назвіть вугільні комбайни.**
- 6. Зобразіть сполучення лави зі штреком і кріплення сполучення.**
- 7. Назвіть прохідницькі комбайни, їх застосування залежно від способу руйнування гірського масиву.**

11 ГІРСЬКИЙ ТИСК

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, що собою являє гірський тиск у підготовчих і очисних виробках, які існують способи керування гірським тиском [2]

11.1 Загальні положення

Гірський тиск – це напруження, що виникає в масиві гірських порід, поблизу стінок виробок, свердловин, у ціликах, на поверхнях контакту «порода – кріплення» в результаті дії головним чином гравітаційних сил, а також тектонічних сил і зміни температури верхніх шарів земної кори.

Найбільш загальною формою прояву гірського тиску є деформування гірських порід, що призводить до втрати ними стійкості, формуванню навантаження на кріплення, динамічним явищам.

Тому при проведенні гірничих виробок попередньо розраховують гірський тиск для визначення міцності несучих елементів підземних споруд (стінок виробок, ціликів і кріплень) і вибору способів керування.

Перші методи розрахунку гірничого тиску ґрунтувалися на гіпотезі, згідно з якою гірський тиск викликано вагою певного обсягу порід, приуроченого до даного несучого елемента.

Однією з найбільш поширених була гіпотеза Турнера, на основі якої гірський тиск у ціликах при камерно-стовповій системі розробки визначається вагою стовпа порід (від рівня залягання до поверхні), обмеженого в плані осями симетрії прилеглих до цілика виробок. На цій гіпотезі оснований метод розрахунку Л.Д. Шевякова.

Аналогічні гіпотези про гірський тиск на кріплення підготовчих виробок виходили з припущення про дію на кріплення ваги стовпа порід від виробки до поверхні з основою, рівною прольоту виробки. Однак воно призводило навіть для невеликих глибин до навантажень, які не могли б витримати кріплення. Тому були висунуті гіпотези про дію на кріплення ваги порід у межах трикутного або склепінного обсягу з основою, як і раніше, рівною прольоту виробки.

Найбільшої популярності набула гіпотеза російського вченого М.М. Протодьяконова, в якій зазначений обсяг являє собою параболічне склепіння. Його висота b пов'язана з полупрольотом виробки a співвідношенням:

$$b = a / f,$$

де f – тангенс кута внутрішнього тертя для сипучих порід або коефіцієнт міцності для зв'язних.

Розрахунки за цією формулою для глибин до 200 м – 300 м (при відсутності тектонічних напружень) дають практично прийнятні результати.

Стосовно до лав вугільних пластів гіпотеза про вагу порід склепіння трансформувалася в гіпотезу про склепінчасті форми розподілу **гірського** тиску на кріплення, параметри якого визначаються за результатами натурних вимірів і якісними оцінками.

Поряд зі згаданими гіпотезами розвивався напрямок, який зводив вивчення гірничого тиску до задачі вивчення напружено-деформованого стану масиву, що не втратив суцільності. Тут широке застосування знайшли методи механіки деформованих середовищ, зокрема, теорії пружності, пластичності, повзучості та ін. Пружний напружено-деформований стан в околі горизонтальної круглої підготовчої виробки теоретично вивчено. Для вертикального стовбура пружна задача вирішена О.М. Динніком, попутно ним надано висновок однієї з найбільш поширених формул для визначення коефіцієнта бічного розпору.

Г.Н. Кузнецов вперше сформулював фундаментальні поняття про два крайніх режими роботи кріплення: заданого навантаження і заданої деформації.

Подальший розвиток ці поняття отримали в роботах Г.А. Крупеннікова і його школи.

Г.Н. Кузнецовим сформульована також концепція шарнірно-блокових систем, що утворюються в покрівлі очисних виробок.

К.В. Руппенейт побудував універсальну розрахункову схему, що дозволяє пов'язати гірський тиск на кріплення підготовчої виробки з пружними і міцними властивостями порід.

Основні методи дослідження гірського тиску – аналітичний, моделювання (оптичне й еквівалентними матеріалами) і натурні спостереження.

11.2 Гірський тиск в недоторканому масиві

Якщо розглядати масив, в якому ще немає гірничих виробок, як однорідний і ізотропний з горизонтальною поверхнею і враховувати лише гравітаційні сили, то в ньому будуть діяти початкові нормальні напруження:

$$\sigma_z = \gamma H; \quad \sigma_x = \sigma_y = \lambda \gamma H,$$

де H – глибина від поверхні;

γ – об'ємна вага;

λ – коефіцієнт бічного розпору.

Початкові дотичні напруження txy , txz , tyz дорівнюють нулю, тому початкові напруження представляють собою головні нормальні напруження, а осі z , x , y – головні осі.

У реальних природних середовищах діє велика кількість факторів які іноді сильно впливають на зміну значення гірського тиску (наприклад, спрямованість тектонічних сил, як правило, викликає нерівність горизонтальних складових).

11.3 Гірський тиск у капітальних і підготовчих виробках

При проведенні горизонтальних капітальних і підготовчих виробок головні нормальні напруження змінюються, а головні осі тензора напруження повертаються в порівнянні з початковими. У плоскому перерізі, перпендикулярному осі виробки (далеко від вибою), напружений стан кожної точки можна охарактеризувати головними нормальними напруженнями σ_1 і σ_2 і лініями, що вказують напрямок головних осей в кожній точці, т.зв. траєкторіями головних напружень (рис.11.1)

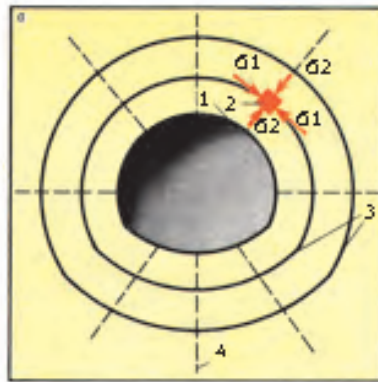


Рисунок 11.1 – Розподіл гірського тиску в підготовчій виробці та траєкторії головних напружень:

1 – контур перерізу виробки; 2 – елемент породи з діючим на нього напруженням;
3 – траєкторії; 4 – траєкторії

Напруження σ_2 поблизу виробки зменшуються в порівнянні з напруженнями в недоторканому масиві, а напруження σ_1 можуть значно зростати або змінювати знак, викликаючи небезпечне розтягнення.

Головні нормальні напруження, спрямовані паралельно (або майже паралельно) осі виробки, далеко від вибою практично не змінюються. Концентрація напружень σ_1 , як правило, неоднакова в різних точках поверхні виробки, сильно зростає в кутах і заокругленнях малого радіуса кривизни. Якщо концентрація напружень не дуже велика, то напруження σ_1 мають загальну тенденцію до зменшення при віддаленні від виробки, а σ_2 до зростання.

При великих концентраціях напруження перевершують відповідні межі міцності породи, і поблизу поверхні виробки ці породи починають пластично деформуватися або крихко руйнуватися (зона непружних деформацій). У цій зоні напруження σ_1 падають в порівнянні з тими значеннями, які спостерігалися до її утворення, і змінюється характер їх розподілу. Максимум напружень σ_1 приурочений до зовнішньої межі зони непружних деформацій, на якій вони можуть зазнавати розрив.

Зміщення точок поверхні виробки збільшуються з віддаленням від вибою, однак на відстані 4 – 5 прольотів виробки настає їх стабілізація. Подальше зростання зсувів у часі обумовлений реологічними властивостями гірських порід. За інших рівних умов зміщення збільшуються з ростом глибини розробки і зменшенням показників міцності та модуля деформації порід.

Роль кріплення у виробці зводиться до запобігання надмірного розвитку зони непружних деформацій і обвалення порід. При досить великій жорсткості кріплення воно працює в режимі заданої (або взаємовпливної) деформації, і гірський тиск виникає внаслідок того, що кріплення сприймає приріст зсувів з моменту її установа, який залежить від тиску.

При малій жорсткості кріплення її зміщення великі, і тому породи зони непружних деформацій відшаровуються від оточуючих порід, навантажуючи кріплення власною вагою (режим заданого навантаження). У режимі заданої або взаємовпливної деформації тиск буде тим менше, чим менше жорсткість кріплення. Цією можливістю зниження навантаження користуються на практиці, створюючи в кріпленні різні вузли й елементи податливості. Однак, чим менше реакція кріплення, тим більше розміри зони непружних деформацій, породи якої впливають на кріплення своєю вагою.

Таким чином, зниження жорсткості кріплення має природну межу оптимальної жорсткості, що забезпечує мінімальний тиск у даних гірничо-геологічних умовах. При неможливості (або скрутності) регулювання жорсткості постійного кріплення (наприклад, монолітного бетонного або металобетонного) тиск на нього знижують, зводячи кріплення на достатній відстані від вибою або через достатній період відслонення.

У період від моменту утворення відслонення до зведення постійного кріплення відповідні ділянки виробки підтримуються тимчасовим кріпленням.

Для виробок, що не випробовують впливу очисних робіт, типове значення зміщення контуру виробки становить 20 см –40 см, а тиск на кріплення – 100 кПа –200 кПа. Однак залежно від типу кріплення, глибини розробки, властивостей порід та інших факторів ці величини можуть змінюватися в кілька разів.

Вплив очисних робіт призводить до збільшення зсувів контуру виробки. Якщо виробка безпосередньо примикає до лави (наприклад, відкаточний і вентиляційний штреки), то зміщення досягають половини вийманої потужності пласта.

З метою зменшення цього впливу застосовують різні способи охорони гірничих виробок. Загальний характер зміни напружень при спорудженні вертикальних виробок (стовбурів) такий же, як і при проведенні горизонтальної виробки. Взаємодія потужного і жорсткого кріплення стовбура з масивом має характер взаємовпливних деформацій.

11.4 Гірський тиск в очисних виробках

При очисному вийманні довгими вибоями (лавами) характер гірського тиску і його проявів суттєво інший, ніж у підготовчих виробках і стовбурах (рис.11.2).

Це пов'язано з відслоненням порід на великих площах і наявністю постійного переміщення вибою, що грає істотну роль у формуванні проявів гірського тиску. Вугільний пласт попереду вибою є опорою для покрівлі, тому в ньому виникають підвищені нормальні напруження (опорний тиск), що викликають часткове руйнування і витискування привибіної частини пласта (віджимання вугілля).

У покрівлі очисної виробки основним видом зсувів порід є пошаровий вигин з утворенням зазорів і щілин між окремими шарами (розшарування і відшарування) [3].

При певній величині посування вибою можливе руйнування шарів гірських порід і обвалення їх у виробки. Щоб не допустити масового обвалення в привибіний простір з руйнуванням кріплення, застосовують різні способи керування гірським тиском (наприклад, повне обвалення і закладку виробленого простору).

При повному обваленні індивідуальне кріплення вибивається за задньою межею привибіного простору, внаслідок чого нижній шар покрівлі (так звана

безпосередня покрівля) руйнується по межі, яка зазвичай посилюється спеціальним посадковим кріпленням. Частина, що залишилася над привибійним простором, безпосередня покрівля може бути надійно підтримана привибійним кріпленням.

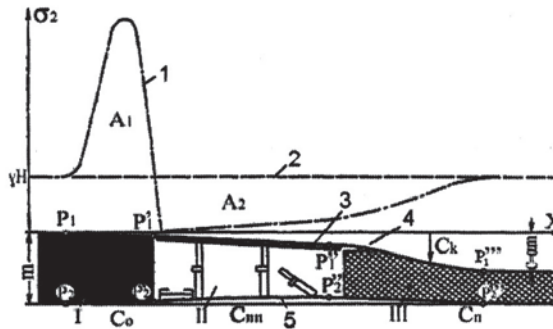


Рисунок 11.2 – Схема прояву гірського тиску і конвергенція в лаві при розробці пологих пластів вугілля:

I – зона опорного тиску; II – привибійний простір; III – вироблений простір; 1 – хвиля опорного тиску; 2 – тиск від ваги порід покривної товщі; 3 – безпосередня покрівля; 4 – зазор між безпосередньою покрівлею і закладкою; 5 – підшви; C_o , C_{nn} , C_n – конвергенція відповідно в зоні опорного тиску привибійному і виробленому просторі

Процес обвалення у виробленому просторі в міру посування вибою поширюється в покрівлю, захоплюючи спочатку слідомчу за безпосередньою основну покрівлю, а потім і верхні шари. У міру віддалення від пласта безладне обвалення змінюється впорядкованим обваленням і плавним опусканням шарів, що зменшується зі збільшенням ступеня розпушення і потужності обвалюваної безпосередньої покрівлі.

При роботі з механізованим кріпленням безпосередня покрівля руйнується слідом за пересуванням кріплення.

Основна покрівля деяких пластів це потужні шари міцної породи (наприклад, пісковика). Така покрівля обвалюється тільки при дуже значному посуванні вибою, що викликає посилений тиск на кріплення. Ефективне керування гірським тиском при подібних важкозруйнованих покрівлях можливе шляхом попереднього ослаблення їх попереду лінії вибою підірванням потужних свердловинних зарядів (торпед), гідророзрихленням і т.п. Перспективне також застосування механізованих кріплень високого опору.

При слабких породах підшви, в які вдавлюється кріплення, використовують спеціальні розширені опори.

Для керування гірським тиском на крутоспадних пластах застосовується закладка виробленого простору, яка перешкоджає прогину шарів покрівлі, ліквідуючи надмірні згинальні моменти і можливість обвалення.

Гірський тиск на кріплення очисної виробки обчислюють з урахуванням умов його роботи в режимі заданого навантаження або заданої (взаємовпливної) деформації аналогічно гірському тиску на кріплення підготовчих виробок. При цьому шари покрівлі розглядаються як балки, плити або шарнірно-блокові системи. Розміри зони розшарування, в межах якої утворюється система взаємодіючих балок (плит), визначаються методами механіки деформованого середовища.

Балки (плити) вважаються завантаженими власною вагою, а також привантаженням з боку верхніх шарів. Величина привантаження визначається з емпіричних співвідношень, отриманих на основі лабораторних експериментів, або аналітичного виводу, що базується на умові спільності зсувів.

Шарнірно-блокова система утворюється в результаті упорядкованого руйнування балок (плит) і складається з блоків порід покрівлі, які взаємодіють між собою в окремих точках і на цілих поверхнях.

Самі блоки практично не деформуються, але повертаються один відносно одного, взаємно прослизують з тертям на поверхнях. Поведінка таких шарнірно-блокових систем і їх взаємодія з кріпленням розраховуються методами будівельної механіки. Розрахунок тиску безладно обвалених порід і закладних матеріалів на кріплення здійснюється також методами механіки сипучого середовища. Для аналізу схем роботи покрівлі та головним чином для практичного вибору способів керування гірським тиском широко використовуються різні класифікації структур покрівель.

11.5 Особливості розробки вугільних пластів

При підземній розробці вугільних родовищ відбувається зміна напружено-деформованого стану порід гірського масиву. Обґрунтування параметрів систем розробки, вибір місця закладення підготовчих виробок повинні базуватися з урахуванням процесів, що відбуваються в гірському масиві, при використанні ефективних методів з керування станом гірського масиву.

Найбільш загальною формою прояву гірського тиску є деформування гірських порід, що призводить до формування навантаження на кріплення, динамічним явищам, втраті стійкості підготовчих виробок. Забезпечення високих навантажень на очисний вибій при застосуванні тимчасових механізованих

комплексів і агрегатів можливе лише на базі вивчення та керування станом гірського масиву.

Розробка вугільних родовищ характеризується різноманіттям складних гірничо-геологічних умов, які спільно з умовами відпрацювання вугільних пластів формують закономірності зміни напружено-деформованого стану порід гірського масиву.

Вибір і обґрунтування раціональних способів розробки вугільних пластів повинні базуватися на вивченні фізичних процесів у масиві та застосуванні ефективних методів з керування станом гірських порід у масиві.

При плануванні гірничих робіт по одному з вугільних пластів необхідно враховувати не тільки вплив виробленого простору верхніх або суміжних пластів, а й взаємний вплив проєктованих очисних вибоїв, перерозподіл первинного напруженого стану, розташування зон підвищеного гірського тиску і низку інших чинників.

При розробці вугільних родовищ необхідно розглядати питання керування напружено-деформованим станом порід у зоні дії гірничих робіт.

Розвиток техніки і технології видобутку пластових родовищ корисних копалин в даний час передбачає широке використання високопродуктивної техніки в поєднанні з високим рівнем автоматизації і керування технологічними процесами.

Впровадження засобів автоматизації в прийняття управлінських рішень стосовно підземної розробки має сенс, з одного боку, за умови повної передачі функцій людини машині в системі «гірський масив – людина – машина», а з іншого – при реальній можливості моделювання (прогнозування) параметрів стану елементів цієї системи на досить тривалий період часу.

Якщо передача аналітичних функцій людини машині в даний час є справою цілком здійсненою (з технічної точки зору), то надійне довготривале прогнозування параметрів гірничо-геологічної обстановки є вкрай проблематичним.

У процесі практичної діяльності встановлено багато загальних і окремих закономірностей стану гірського масиву при спорудженні в ньому гірничих виробок. До таких основних закономірностей можна віднести виникнення полів зобуреного (зміненого) напружено-деформованого стану (НДС) навколо гірничих виробок, що викликає руйнування області масиву без безпосереднього впливу людини, одноразовий прояв необмеженої кількості можливих станів масиву як механічної системи з необмеженою кількістю елементів. Наприклад, в околі гірничої виробки породи можуть перебувати одночасно в розпушеному, пластичному, пружному і інших станах. В процесі деформування гірські поро-

ди, як шаруваті конструкції, піддаються вигину, стиску, розриву, крученню. Гірничому інженеру необхідно знати такі характеристики гірських порід, як міцність при ударі, різанні, вибуховому руйнуванні тощо.

Керування станом масиву, як область практичної діяльності людини, є система контрольованих взаємодій в системі «гірський масив – людина – машина», що має на меті свого функціонування досягнення оптимального обсягу видобутку корисних копалин (оптимальність в даному випадку, перш за все, економічна категорія).

Роль людського фактора в керуванні станом гірського масиву є визначальною і містить перш за все збір, систематизацію та аналіз гірничо-геологічної інформації про гірський масив у так званому початковому стані, тобто поза зоною впливу діяльності людини.

Знання та досвід людей дозволили розробити велику кількість моделей, що описують стан масиву гірських порід і окремих його елементів для більшості реальних і передбачуваних ситуацій.

Апробація умоглядних, фізичних і математичних моделей в різних гірничо-геологічних умовах забезпечила виділення основних об'єктивних, періодично повторюваних, тобто загальнопоширених, моделей стану гірського масиву. Відповідно до філософських норм такі явища підпадають під визначення законів, однак відсутність загальноустановлених зв'язків між явищами дозволяє нам говорити лише про закономірності.

Вибір способу керування станом гірничого масиву в кожному випадку здійснюється на підставі аналізу таких чинників: гірничо-геологічних, гірничотехнічних (організаційно-технічних) і екологічних.

Екологічні фактори мають характер обмежень на область можливої зміни способів керування гірським тиском (станом масиву). Вони зазвичай мають охорону надр, навколишнього середовища, природних та інших споруд і об'єктів тощо. Необхідність охорони надр має на увазі повноту виймання корисної копалини з надр, наприклад, шляхом застосування безціликової системи розробки. У той же час безціликова система розробки має обмежену сферу застосування по інтенсивності прояву гірського тиску. Звідси виникає необхідність керування гірським тиском за допомогою штучних підтримувальних споруд. Це тягне подорожчання продукції видобувного підприємства.

Зниження вартості продукції можливо на основі підвищення ступеня використання корисних копалин з надр. Істотні резерви є в застосуванні попутно видобувних порід для потреб будівельної індустрії у використанні замкнутих і без очисних схем кругообігу шахтних вод в охороні повітряного басейну.

Істотна економічна вигода можлива при комплексній переробці вугілля

для отримання синтетичного рідкого або газоподібного палива, хімічних продуктів, при створенні композитних матеріалів на основі високовуглецевих і ультраграфітових продуктів.

Стан гірничих виробок при розробці родовищ корисних копалин, включаючи і розглянуті нами вугільні родовища, зумовлений різноманітними механічними процесами, техногенним порушенням природного стану, що вміщує виробки породного масиву. Такі порушення проявляються в статичній або динамічній формах: розшарування порід у різних елементах прилеглої виробки масиву (покрівлі, підшві, боках), обвалення порід, гірські удари і т.п. Узагальнюючи, можна сказати, що прояви цих процесів у виробках в основному пов'язані з деформаціями порід і кріплення, якщо остання у виробці встановлена. Керування гірським тиском зводиться до керування механічними процесами, що протікають в надрах при розробці родовища.

Економічні методи керування виробництвом і прийняття конкретних технологічних рішень в даний час інтенсивно впроваджуються у виробничі відносини.

11.6 Гірський тиск в очисному вибої

При підземному способі видобуток корисних копалин проводиться в очисних виробках, при цьому в товщі гірських порід утворюються порожнечі – вироблений простір – іноді досить значних розмірів.

Для забезпечення стійкості очисних виробок, а в окремих випадках і для захисту земної поверхні від утворення провалів і тріщин, у виробленому просторі або заповнюють його пустими породами – проводять його закладку або, нарешті, обвалюють вмісні породи.

Опорні цілики призначені для утримання верхніх порід від обвалення, а земної поверхні від опускання.

При веденні робіт із закладкою вироблений простір заповнюють пустими породами – закладним матеріалом. Оскільки закладний матеріал дає усадку, то над виробленим простором відбувається деяке зрушення гірських порід, але воно практично не поширюється до земної поверхні.

При розробці родовища з обваленням породи покрівлі над виробленим простором не утримуються ні ціликами, ні закладним масивом. Тому вони розбиваються тріщинами на окремі брили і, обвалившись, заповнюють вироблений простір, сприймаючи на себе тиск верхніх порід. Зазначені заходи – залишення ціликів, закладка виробленого простору і обвалення порід покрівлі спрямовані на захист гірничих виробок від впливу на них так званого гірського тиску.

У комплексі питань, з якими зустрічаються гірнична наука і практика, гірський тиск займає одне з важливих місць, тому ефективність і безпека гірничих робіт в значній мірі залежать від характеру його прояву і від уміння керувати ним.

Керування гірським тиском – сукупність заходів з регулювання проявів гірського тиску в робочому просторі очисного вибою з метою забезпечення необхідних виробничих умов для безпечного, безперервного і якнайповнішого виймання корисної копалини.

Правильно вибраний спосіб керування гірським тиском повинен забезпечувати збереження гірничих виробок, попереджати масові стихійні обвалення бічних порід і самозаймання вугілля, сприяти підвищенню продуктивності праці робітників. Щоб уміти керувати гірським тиском, необхідно знати, які чинники впливають на його прояви.

Ці фактори дуже різноманітні і можуть розділитися на дві групи: геологічні та гірничотехнічні. До перших відносять фізико-механічні властивості гірських порід, кут падіння і потужність пласта, глибинні залягання корисних копалин. До другої групи відносять розміри виробки, термін її підтримки, спосіб виймання корисної копалини, конструкцію кріплення, методи розробки корисних копалин.

Фізико-механічні властивості гірських порід є головним фактором, що визначає характер прояву гірського тиску, їх стійкість і схильність до самообвалення.

Несправжньою покрівлею називають залягання безпосередньо над розроблюваним пластом товщі порід незначної потужності (до 0,5 м – 0,6 м), яка легко обвалюється одночасно з виймання вугілля або з деяким відставанням від нього. Слід зазначити, що багато пластів не мають несправжньої покрівлі.

Безпосередньою покрівлею називають залягання над пластом або над несправжньою покрівлею товщі порід, яка легко обвалюється, причому на невеликих площах, після видалення кріплення очисної виробки.

Основною покрівлею називають товщу міцних, стійких порід, що залягають над безпосередньою покрівлею і обвалюються при значній площі відслонення. Основна покрівля може залягати безпосередньо над пластом вугілля.

Несправжня покрівля зазвичай складається з вуглистих і слабких глинистих сланців; безпосередня покрівля найчастіше представлена піщано-глинистими і глинистими сланцями, а основна – вапняками і пісковиками, рідше – міцними глинистими сланцями.

Товщу порід, що залягає безпосередньо під вугільним пластом, називають **безпосередньою підшвою**. Властивостями безпосередньої підшви пов'язані явища здимання порід, вдавнення в неї кріплення, а на крутому падінні – сповзання й обвалення.

Товщу порід, що залягає нижче порід безпосередньої підшви, називають **основною підшвою**.

Зі збільшенням потужності пласта процес обвалення порід покрівлі протікає інтенсивніше і захоплює великі області; спостерігається переміщення (віджимання) вугілля з масиву в очисну виробку в результаті руйнування його гірським тиском.

Збільшення **кута залягання** порід змінює характер прояву гірського тиску і його величини. При похилому й особливо крутому падінні з'являються значні деформації порід лежачого боку у вигляді зміщень. Породи покрівлі більш інтенсивно обвалюються у верхній частині очисного вибою, скочуються вниз, наповнюючи нижню частину виробленого простору.

Зі збільшенням **глибини** розробки зростає тиск на кріплення і на запобіжні цілики, посилюються процеси здимання порід підшви і віджимання вугілля, зростає ймовірність раптових викидів.

Збільшення **ширини** виробки веде до зростання гірського тиску на кріплення.

Конструктивна характеристика кріплення (жорсткість, податливість) зумовлює характер її взаємодії з бічними породами.

Характер прояву гірського тиску в очисному вибої і механізм керування ним при найбільш поширеному способі – повному обваленні – зводяться, приблизно, до наступного.

Після проведення розрізної печі, ширина якої не перевищує 3 м – 4 м, тиск порід з боку покрівлі незначний. Його приймає на себе кріплення виробки. У міру посування вибою ширина виробленого простору буде збільшуватися, тиск на кріплення буде зростати. При деякій ширині виробленого простору тиск зростає настільки, що міцність звичайного привибійного кріплення виявиться вже недостатньою. В цьому випадку для підтримки привибійного простору лави доводиться вдаватися до спеціальних заходів, наприклад, до обвалення порід покрівлі.

Після першого обвалення відслонені в подальшому, у процесі виймання вугілля, породи покрівлі умовно можна розглядати як плиту, один кінець якої звисає у вигляді консолі над виробленим простором, а другий – закладений над вугільним масивом. При цьому нависаючі частини відслоненої безпосередньої та основної покрівлі розглядають як незалежні плити.

Товщина нижньої плити дорівнює потужності порід безпосередньої покрівлі, а довжина – довжині всього очисного вибою. Ця консольна плита спирається на масив вугілля й утримується, по-перше, кріпленням, зведеним у вибої, по-друге, силами зчеплення по вертикальній площині між породами плити і тими породами, які знаходяться над вугільним масивом, по-третє, силами зчеплення з верхніми породами основної покрівлі.

Тиск консольної плити на кріплення залежить від її розмірів і міцності породи. У міру переміщення очисного вибою розмір консолі збільшується, зростає і гірський тиск на привибійне кріплення. Тому, щоб утримати породи від стихійного обвалення, знову виникає необхідність в штучному обваленні порід безпосередньої покрівлі.

Плити з порід основної покрівлі, спираючись на обвалені породи безпосередньої покрівлі, прогинаються без зламу або з періодичними зламами.

У результаті проведення заходів з керування гірським тиском шляхом обвалення порід близько очисної виробки формуються три характерні зони. Так попереду вибою над пластом вугілля і у виробленому просторі над ущільненими обваленими породами лежить зона тимчасового опорного тиску. Далі, в глибині масиву, знаходиться зона, не порушена зміщенням, де початкові напруження поки не зазнали істотних змін. Зона знижених напружень розташовується над привибійним простором, а також поблизу нього у виробленому просторі та в зоні розчавленого вугілля.

Розподіл напружень по довжині лави також не є рівномірним. Над ціликом вугілля, безпосередньо близько штреку (відкаточного і вентиляційного), є зона стаціонарного опорного тиску, який передається на підшву пласта. У протилежного боку цілика, там де відбувається розчавлювання вугілля, а також на ділянках по кінцях лави довжиною 5 м – 15 м є зони знижених напружень. На решті частини гірського тиску напруження відносно стабільні і не залежать від довжини лави.

Властивість порід утримуватися від зміщення, деформації або обвалення при відслоненні їх у міру виймання вугілля називають **стійкістю**.

Якщо напруження і супутні їм деформації не перевищують межі пружності даної породи, то таке відслонення є **стійким**. Стійкі відслонення не вимагають зведення кріплення. Якщо напруження виходять за межу пружності і стають пластичними, то відслонення називаються **нестійкими**. Пластичні деформації з плином часу зазвичай закінчуються обваленням гірських порід або плавним прогином. Для очисних виробок звичайними є нестійкі відслонення, що характеризуються рухом великих мас гірських порід. Цей рух починається відразу від розрізної печі, тобто з самого початку ведення очисних робіт.

11.7 Індивідуальне кріплення очисних виробок

Для підтримки очисного вибою при нестійких відслоненнях порід покрівлі необхідно зводити кріплення. Основними матеріалами, застосовуваними для кріплення очисних виробок, є метал у вигляді різних конструкцій і дерево (звичай сосна) у вигляді стоек, розпилів, зтяжок.

Кріплення за своєю конструкцією відрізняється великою різноманітністю і за призначенням поділяється на підтримувальне, захисне і захисно-підтримувальне.

Підтримувальне кріплення забезпечує підтримку порід покрівлі в привибійному просторі і дозволяє керувати гірським тиском шляхом їх обвалення.

Привибійним простором будемо називати частину виробленого простору, безпосередньо прилеглого до вибою і призначеного для розміщення робітників, машин і обладнання з виймання і доставки вугілля.

Підтримувальне кріплення розділяється на привибійне і спеціальне (посадкове).

Привибійне кріплення зазвичай встановлюється слідом за вийманням вугілля, для того щоб запобігти обваленню порід безпосередньої покрівлі.

Спеціальне (посадкове) кріплення розташовується на деякій відстані від вибою (1,5 м – 2 м); головне його призначення – регулювання деформацією бічних порід і забезпечення обвалення їх по заздалегідь наміченій лінії. Крім того, воно служить для утримання від обвалення порід безпосередньої покрівлі в привибійному просторі.

Окремі види кріплення підтримувального типу мають таку конструкцію, яка дозволяє їм одночасно виконувати функції і захисного кріплення, що запобігає проникненню обвалених порід у привибійний простір з боку обвалу. В цьому випадку кріплення називають **захисно-підтримувальним**.

Захисне кріплення захищає робочий простір від проникнення в нього обвалень породи або закладного матеріалу. Зазвичай його називають щитовим.

До привибійного кріплення пред'являється низка вимог:

– воно повинне бути досить міцним, здатним обмежити деформації порід і забезпечити їх підтримку у привибійному просторі на час виконання виробничих процесів у лаві;

– повинне забезпечувати безпеку і можливість вільного переміщення людей, які працюють в очисному вибої, а також нормальні умови експлуатації машин і устаткування;

– повинне мати просту конструкцію, невелику вагу, легко встановлюватися, вилучатись і пересуватися, а також бути дешевим.

Комплект індивідуального металевого кріплення в лаві складається з привибійних і посадочних стійок і верхняків.

Привибійні стійки розташовують уздовж вибою правильними рядами. Зазвичай їх встановлюють під верхняки, наявність яких покращує умови підтримки порід покрівлі. Верхняки можуть бути розташовані паралельно або перпендикулярно вибою. Привибійне кріплення, що складається з двох або трьох стійок, встановлених під верхняк, утворює раму.

При малостійких і сільнотрещиноватих породах покрівлі кріплення підсилюють затяжками з тонких дощок або обаполів, що укладаються між покрівлею і сусідніми верхняками.

Відстань між стояками в рамі за простяганням визначається основними розмірами машин і механізмів і становить 0,8 м – 0,9 м. Відстань між рамами за падінням залежить від стійкості порід. Чим нестійкіше порода, тим менша ця відстань. Орієнтовно вона дорівнює 0,8 м – 1 м.

Кількість стояків, що припадають на 1 м² площі відслоненої покрівлі, називають **щільністю кріплення**.

Як спеціальне кріплення застосовують посадочні тояки типу ОКУ, кожна з яких здатний прийняти значний гірський тиск при обваленні товщ порід.

Посадочні стояки встановлюють зазвичай в одну лінію по довжині лави між рамами кріплення на відстані 0,8 м – 0,9 м від конвеєра, що відповідає відстані між суміжними рядами привибійних стояків. Це необхідно для забезпечення вільного проходу для людей із заваленої (протилежної по відношенню до вибою лави) сторони конвеєра, що потрібно правилами безпеки. Через кожні дві-три посадочні стояки залишають вільний прохід шириною, яка дорівнює відстані між суміжними рамами кріплення.



Залежно від стійкості покрівлі на 1 м довжини лави доводиться в середньому 0,8 – 1,2 посадочних стояків.

Металеві індивідуальні привибійні стояки мають різну конструкцію. Позитивно зарекомендували себе гідравлічні стояки типу ГС (рис.11.3) [4], [6] – [9].

Рисунок 11.3 – Індивідуальний гідравлічний стояк ГС

Стояки випускають декількох типорозмірів для пластів потужністю від 0,54 м до 1,6 м. Вага стояків з насадкою становить від 23 кг до 58 кг. Початковий опір – 10 т, максимальний робочий опір – до 20 т.

Металевий шарнірний верхняк (рис.11.4) являє собою литу або зварену балку коробчатого перерізу. На одному кінці верхняка знаходиться вилка 1, а на другому – вушко 2. Вставляючи вушко у вилку встановленого раніше верхняка, з'єднують їх між собою за допомогою штиря 3. Верхняки, як консоль, підтримує покрівлю над машинною дорогою. Коли звільниться місце, під верхняк встановлюють металевий стояк [6] – [9].

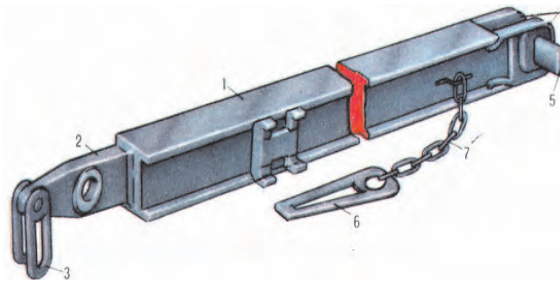


Рисунок 11.4 – Металевий шарнірний верхняк

Верхняки випускають шести типорозмірів довжиною 840 мм – 1090 мм. Вага верхняків 19,7 кг – 24 кг.

11.8 Способи керування гірським тиском на пологих пластах

Керування гірським тиском на пологих пластах виробляють повним або частковим обваленням і плавним прогином порід покрівлі, а також повною або частковою закладкою виробленого простору.

Основними факторами, що визначають вибір способу керування гірським тиском, а на пологих пластах воно зводиться до керування покрівлею, є: здатність порід, головним чином безпосередньої покрівлі, до обвалення, висота цього обвалення і проміжок часу, через який відбувається обвалення покрівлі після її відслонення. Крім перерахованих факторів на вибір способу керування покрівлею впливають: потужність і будова пласта, кут його падіння,

властивості безпосередньої підосви, схильність пласта до самозаймання, забудованість поверхні та ін.

Керування покрівлею повним обваленням є в даний час основним і найбільш поширеним способом. Так практично всі комплекси з механізованим кріпленням працюють в поєднанні з повним руйнуванням порід покрівлі. Цей спосіб широко застосовується і у випадках кріплення вибою лави індивідуальним кріпленням.

Сутність його полягає в наступному. У початковий період роботи лави, коли вибій перемістився на невелику відстань від місця розташування розрізної печі, породи покрівлі утримуються, спираючись з двох сторін на цілик вугілля і на кріплення (механізоване або індивідуальне), встановлене в привибійному просторі. При подальшому переміщенні вибою і збільшенні площі відслоненої покрівлі настає момент, коли породи починають стихійно руйнуватися. Відбувається перша посадка порід покрівлі.

При застосуванні механізованого кріплення додатковий тиск, який виникає при першій посадці, сприймається самим кріпленням (при цьому слід мати на увазі, що потенційно можливі повітряні удари, які можуть супроводжувати першу посадку).

Після першої посадки обвалення порід безпосередньої покрівлі – первинна посадка – проводиться регулярно слідом за кожним перерозподілом механізованого кріплення.

За індивідуальним кріпленням перша посадка проводиться на спеціальне кріплення, що встановлюється паралельно вибою і відокремлює привибійний простір від виробленого простору лави. При цьому обвалення поширюється тільки до спеціального кріплення, яке витримує тиск порід і запобігає обвалу привибійного простору лави.

Після першої посадки у міру посування вибою регулярно проводять первинну посадку. Для цього, розчистивши від дрібного вугілля і породи підосву пласта, розвантажують посадочні стояки з-під тиску, пересувають їх на нове місце (починаючи з нижньої частини лави) і знову розпирають між підосвою і покрівлею. Коли буде пересунуто дев'ять – десять посадкових стояків, вибивають і переносять привибійні металеві стояки на ділянку, що підлягає обваленню, позбавляючи опори породи покрівлі. При цьому залишають тільки спеціально поставлені стояки, які своїм тріском попереджають про початок обвалення і тому називаються контрольними.

Відстань, через яку проводиться штучне обвалення порід покрівлі, називають кроком обвалення або кроком посадки. Крок посадки зазвичай дорівнює 1,5 м – 2 м.

Породи основної покрівлі обвалюються значно важче, ніж породи безпосередньої покрівлі. Тому навіть після того, як буде зроблено кілька первинних посадок, основна покрівля все ще нависає у вигляді консольних плит. У міру посування вибою очисної виробки консольна плита з основних порід все збільшується і нарешті настає такий момент, коли вона починає руйнуватися. Відбувається вторинна посадка покрівлі. Іноді вона протікає бурхливо і супроводжується сильними звуковими ефектами.

Вторинної посадки може й не бути, якщо обвалені породи безпосередньої покрівлі цілком заповнять вироблений простір. Тоді основна покрівля, плавно прогинаючись, спокійно ляже на них.

Найбільші, часом руйнівні навантаження на кріплення, порушення безпосередньої покрівлі відбуваються під час вторинних осадок основної покрівлі. Тому керування гірським тиском покликане також запобігти обваленню основної покрівлі або зменшити її небезпечний вплив на очисну виробку та її кріплення.

У зв'язку з викладеним повне обвалення порід покрівлі рекомендується застосовувати при таких умовах:

1. Безпосередня покрівля повинна легко руйнуватися, але на невеликих площах.

2. Потужність безпосередньої покрівлі повинна бути в 4 – 8 разів більше виймаємої потужності пласта, з тим щоб при обваленні повністю підбучувалась основна покрівля.

3. Пласт не повинен мати прошарків значної потужності, порода яких при вийманні вугілля закидається у вироблений простір і захаращує його. В таких умовах проводити вибивання і перенесення привибійного і спеціального кріплення стає скрутним і небезпечним.

4. При застосуванні посадочних стояків типу ОКУ потужність пласта повинна бути не менше 0,5 м. При меншій потужності пласта виробляти обвалення порід небезпечно, оскільки ускладнюється пересування робітників у виробленому просторі.

5. Підшва має бути міцною, щоб спеціальне кріплення не вдавлювалося в неї і залишалося жорстким.

Посадка покрівлі в лавах (при індивідуальному кріпленні) повинна проводитися під безпосереднім керівництвом особи технічного нагляду, не нижче помічника начальника ділянки. За його рішенням на пластах з кутом падіння не менше 15° допускається одночасне ведення й інших робіт в лаві (крім вибухових робіт і роботи механізмів, що створюють шум) за умови, що робітники будуть перебувати на відстані не менше 30 м від ділянки, наміченої до посадки.

Повна закладка виробленого простору проводиться породою, яка доставляється з поверхні самопливом (при крутому падінні) або за допомогою води або стисненого повітря. Повна закладка розглядається нижче.

Плавне прогинання порід покрівлі як спосіб керування гірським тиском застосовують за наявності в покрівлі порід, здатних плавно опускатися без значного утворення тріщин, та підшві, схильної до здимання. Потужність пласта не повинна перевищувати 1 м – 1,2 м. Перераховані умови на практиці зустрічаються рідко, тому даний спосіб має дуже обмежене поширення.

При плавному опусканні як спеціальне кріплення застосовують костри з дерев'яних стояків, що встановлюються в один або два ряди в шаховому порядку. Костри (кліті) переносять через кожні 1,5 м – 2 м (через один ряд, якщо їх два) слідом за посуванням вибою лави.

Керування гірським тиском шляхом застосування часткового обвалення порід покрівлі або часткової закладки виробленого простору перспектив для застосування не має, а тому і не розглядається.

11.9 Деформація порід в очисній виробці

При всіх способах виймання корисної копалини проводиться підробка порід покривної товщі на більшій чи меншій площі S на деякій глибині H . Внаслідок цього підроблена частина гірського масиву, вага якої, що дорівнює добутку маси на прискорення вільного падіння,

$$G = m g = S H \rho g$$

Що до цього діяла на поклад корисної копалини рівномірно розподіленим навантаженням, втрачає стійку опору

$$P = \frac{G}{S} = H \rho g = \gamma H = 2,5 H$$

Так, наприклад, тиск від ваги порід покривної товщі на глибині 800 м при середній щільності цих порід $\rho \approx 2,5 \text{ т/м}^3$ і прискоренні вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ становить округлено 20 МПа.

Підроблена частина гірського масиву підтримується не тільки закладкою або обваленою породою у виробленому просторі, але і невийнятими частинами пласта у контурі виробки, так що шари порід покрівлі, що не втрачають зв'язку з іншим масивом, опускаються не у вигляді окремого блока, а прогинаються

подібно товстій плиті, що перекриває виробку, лише частково спираючись на заповнюючий вироблений простір матеріал. Інша частина навантаження передається пачкою шарів гірських порід, які володіють згинальною жорсткістю на крайову зону пласта (зону опорного тиску) або на опорні цілики, де створюється підвищений гірський тиск, який дорівнює загальній кількості опорного тиску і навантаженню від ваги порід покривної товщі. Наслідком нерівномірного розподілу гірського тиску з максимумом над крайовою зоною пласта у контурі виробки і зоною розвантаження над виробленим простором, частково звільнені від ваги порід покривної товщі, є спрямоване по нормалі до нашарування стиснення пласта в крайовій зоні, зростаюче до середини виробленого простору ущільнення закладки або обваленого матеріалу і підняття (здимання) порід підосви в розвантаженій зоні очисної виробки.

При розробці пластів кам'яного вугілля суцільною системою розробки (лавами) можна виділити три зони зрушення, обмежені в просторі і часі:

а) зона конвергенції попереду очисного вибою.

Осідання порід покрівлі починає спостерігатися на відстані від 30 м до 100 м попереду вибою; якщо в цьому місці закласти в покрівлі та підосві пласта спостережні точки (репери) P_1 і P_2 , то у міру посування вибою можна спостерігати зміну відстані між ними, а саме: зближення або конвергенцію Z , яка складається з осідання покрівлі c_k і незначної частини підняття підосви c_n ; ця конвергенція досягає 20% початкової потужності пласта m (див. рис. 11.2).

Причиною конвергенції попереду очисного вибою є опорний тиск, під дією якого порівняно слабкий вугільний пласт стискається і видавлюється в вироблений простір до 10 см. При цьому породи покрівлі осідають на стільки, на скільки деформувався пласт, і у кромки вибою відбувається також підняття порід підосви. Деформації пласта перешкоджає бічний опір вмісних порід. Внаслідок того, що опір вугільного пласта стиску менше опорного тиску, вугільний пласт руйнується і зміщується по площинах, орієнтованих під кутом до напрямку дії розвантаження, долаючи опір тертя по поверхні руйнування. В області розвитку цих деформацій може відбуватися підняття порід підосви. Подальшому розвитку процесу поперечного деформування вугільного пласта перешкоджає його затискання між покрівлею і підосвою, які зближуються;

б) зона конвергенції в привибійному просторі.

На ділянці, розташованій на деякій відстані від вибою у бік виробленого простору, шари порід покрівлі не мають міцної опори і прогинаються під дією власної ваги. Зі збільшенням ширини привибійного простору до 4 м – 6 м швидкість осідання безпосередньої покрівлі зростає до величини приблизно 10 см на добу. У зв'язку з цим відстань між спостережними точками P_1 і P_2

продовжує скорочуватися і з моменту виходу спостережної станції в привибійний простір (положення P'_1 P'_2) до вилучення останнього ряду стояків кріплення (положення P''_1 P''_2) конвергенція у привибійному просторі c_n досягає декількох дециметрів. Породи підшви в межах привибійного простору піднімаються на 10 см – 20 см.

Гідравлічні стояки кріплення в привибійному просторі мають середній опір близько 240 кН; при щільності кріплення 1 стояк/м² не в змозі підтримувати всю покрівлю на такій великій площі, не дозволяючи їй опускатися. Привибійне кріплення повинне тільки запобігти передчасному відшаруванню безпосередньої покрівлі і зменшити величину розкриття тріщин, а також настільки обмежити осідання покрівлі, щоб зменшити ступінь затиснення вугільного пласта, тим самим полегшивши його виймання, перешкодити відділенню великих брил порід безпосередньої покрівлі, які можуть обвалитися, і запобігти можливості обвалення відшарованих порід, які можуть перекинути ряди стояків кріплення і створити обвал привибійного простору;

в) зона конвергенції у виробленому просторі.

У виробленому просторі породи покрівлі знову знаходять опору у вигляді закладки або обвалених порід, крива осідань покрівлі тут виположується і злегка опукла. Приблизно в 100 м позаду останнього ряду стояків кріплення так звана кінцева зона конвергенції у виробленому просторі c_n закінчується, і тут (положення P''_1 P''_2) тиск покрівлі на закладку досягає величини, рівної навантаженням від ваги порід покривної товщі. Пружне підняття порід підшви, що досягає в середньому 6% виймаємої потужності пласта, поширюється як деформація вигину, і розвантаження тільки в межах помірно ущільненої крайової зони виробленого простору і до середини виїмкової ділянки повністю компенсується під дією значного тиску з боку порід покрівлі. Таким чином, загальна величина конвергенції, тобто зближення спостережних точок P_1 і P_2 від їх початкового положення в зоні опорного тиску до завершення їх відносного зсуву у виробленому просторі складе

$$C = c_0 + c_{n,n} + c_n.$$

Загальна конвергенція при вийманні пласта із закладкою досягає 45%, а при вийманні з обваленням – 90% вийманої потужності пласта m . В середині площі повної підробки загальна конвергенція Z в очисній виробці відповідає найбільшому можливому осіданню земної поверхні в центрі мульди, бо тут породна товща після періоду деформацій (стиснень і розтягувань у вертикальному напрямку) знову набуває первісної потужності від очисної виробки до земної поверхні.

Виходячи з того, що при горизонтальному заляганні пласта для глибини 800 м загальна конвергенція закладки становить близько 50% m , можна вважати, що при похилому і крутому заляганні пласта (для тієї ж глибини розробки) сумарна конвергенція в зоні опорного тиску і в привибійному просторі, при горизонтальному заляганні рівна 20% m , зменшиться і для кутів падіння $\alpha = 27^\circ$, 36° , 45° і більше складе відповідно 15%, 10% і 5% вийманої потужності пласта. Зазор між закладкою і покрівлею, що становить при $\alpha = 0^\circ$ – 15% висоти закладки, для зазначених кутів падіння зменшиться відповідно до 10,5% і 0%, а ущільнення закладки від тиску порід покрівлі, рівне при $\alpha = 0^\circ$ – 14% висоті закладки, зменшиться до 12,8% і 6%.

З цього випливає, що при розробці пластів похилого і крутого залягання із закладкою шари порід покрівлі повинні прогинатися в значно меншій мірі, ніж при горизонтальному заляганні.

Якщо побудувати узагальнений графік розподілу вертикальної складової зміщень порід покрівлі на всьому протязі від зони опорного тиску до виробленого простору, то отримаємо S -подібну криву, опуклу над зоною опорного тиску, майже прямолінійну над привибійним простором і увігнуту над закладкою.

Приблизно так само виглядає крива осідання порід основної покрівлі при вийманні з обваленням, проте над виробленим простором породи осідають на більшу величину, ніж при вийманні із закладкою – округлено на 0,9 m .

На жаль, подібного роду точні спостереження за процесом зрушення в покрівлі пласта або безпосередньо над ним в шарах породи основної кривлі, незважаючи на їх велике значення для вивчення закономірності зрушення гірських порід, виробляються вкрай рідко, бо після ліквідації штреку, пройденого в середині лави, доступ до виробленого простору найчастіше виявляється неможливим, і для установлення дистанційних датчиків замість втрачених необхідні додаткові витрати на проведення спеціальних виробок.

При розробці з обваленням покрівлі це ускладнюється ще й тим, що осідання нижніх шарів основної покрівлі може бути вимірне тільки у виробці, пройденій впритул над обваленим простором, а якщо навіть така виробки є, то вона, як правило, виявляється обваленою при підробці. Тому вимірювання над очисною виробкою, що проводиться з обваленням покрівлі, починаються не ближче ніж за 50 м і більше по нормалі до нашарування, тобто вже за межами безпосередньої покрівлі. Крім того, навколо виробки створюється зона порушених порід, і спостережні точки повинні знаходитися за її межами, щоб на них не позначився вплив зміщення в цій зоні. Зазвичай розмір порушеної зони становить не менше 7 м, і тому спостережні точки повинні закріплюватися за допо-

могою глибинних реперів у досить глибоких свердловинах, а спостереження за їх зміщеннями повинні проводитися за допомогою теодоліта.

У свердловинах, пробурених прямовисно вгору, вертикальні та горизонтальні зміщення можна вимірювати по переміщеннях вантажу, підвішеного до закріпленого в свердловині репера.

Після того як конвергенція закладки досягне 45%, закладний масив під дією високого тиску, що перевищує 200 МПа, ущільниться тільки на залишені 15%. Коефіцієнт жорсткості закладки E_s при її стисненні на 10%, що становить близько 6 МПа, при стисненні на 40% зростає до 24 МПа. На відміну від цього, коефіцієнт ліжку cb , рівний приросту тиску, необхідного для збільшення конвергенції на 1 см, зростає приблизно за лінійним законом – від 18 МПа при тиску 100 МПа до 35 МПа при тиску 200 МПа.

При тиску від ваги порід покривної товщі 2000 Н/см^2 , відповідно глибині розробки 800 м, ущільнення закладки відбувається на 60%. З урахуванням конвергенції в зоні опорного тиску і в привибійному просторі, що становить близько 20% (при потужності закладного масиву, що дорівнює 80% m), це дасть загальну конвергенцію в середині виїмкового поля, рівну (щодо потужності пласта m) $80 \cdot 60/100 = 48\%$ або округлено 50%. Якщо при вийманні вугілля із закладкою породний шар безпосередньої покрівлі хоча і дещо порушується, але все ж спирається на закладку як єдине ціле, що зберігає жорсткість на вигин, то при вийманні з обваленням породи безпосередньої покрівлі після видалення останнього ряду стояків привибійного кріплення обвалюються, і шари порід основної покрівлі над привибійним простором продовжують утримуватися тільки за рахунок власної згинальної жорсткості. У цьому випадку функції закладки приймає на себе обвалена порода у вигляді великих брил розміром до потрібної потужності вийманого пласта. На обвалену масу, що має коефіцієнт розпушення від 1,5 до 2,5, спираються поступово прогинні шари основної покрівлі.

Прогин шарів основної покрівлі при вийманні з обваленням майже вдвічі більше прогину при вийманні з закладкою, а тому в цих шарах, складених, як правило, крихким піщаником і піддаються згинаючому навантаженню в зв'язку з посуванням фронту очисних робіт, часто починають через певні відстані виникати тріщини (тріщини осідання), і відділяються породні блоки, які створюють миттєве збільшення навантаження (періодичний гірський тиск). При цьому стояки кріплення, які стоять перед лінією обвалення, будуть нести навантаження від ваги породних блоків, висота яких значно перевищує висоту блоків, підтримуваних при вийманні з закладкою (рис. 11.5).

При розробці горизонтальних пластів у даний час переважають системи виймання з обваленням покрівлі, при розробці ж похилих і крутих пластів зазвичай воліють системи з закладкою виробленого простору – найчастіше застосовується так звана самопливна закладка на діагональний відкіс закладного матеріалу або закладка породою, що доставляється по трубах.

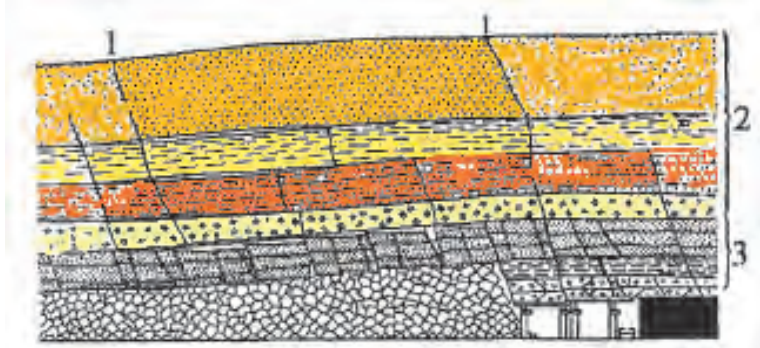


Рисунок 11.5 – Розривні деформації нижніх шарів порід покрівлі при розробці пластів лавами:

1 – тріщина усадки; 2 – основна покрівля; 3 – шари порід безпосередньої покрівлі

Заповнення закладним матеріалом проводиться не відразу по всій довжині вибою, а по окремих ділянках, причому порода у виробленому просторі не дуже розшаровується по крупності частин. Завдяки неминучого при закладних роботах розпушення ступінь заповнення закладкою на крутому падінні вище, ніж на горизонтальному або пологому. Крім того, при крутому падінні не утворюються порожнечі між закладкою і покрівлею і в товщі закладки.

Однак у крутоспадній виробці щільність закладки під дією її власної ваги зростає тільки у верхній частині поля шириною до 20 м, безпосередньо під вентиляційним штреком; в середній і нижній частинах поля вона залишається незмінною, оскільки тут велика частина навантаження від закладки передається за рахунок тертя породам висячого і лежачого боків.

Крім опору закладки деформації на величину конвергенції впливає також складова гірського тиску по нормалі до нашарування, яка в умовах крутого падіння зменшується залежно від кута падіння пласта α і наближено по теорії пружності складає

$$\delta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{2} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{2} \cos 2\alpha.$$

де δ_1 – вертикальна складова гірського тиску при горизонтальному заляганні, обумовлена вагою порід покривної товщі; δ_2 – горизонтальна складова гірського тиску, що дорівнює

$$\delta_2 = \frac{\delta_1}{\lambda - 1} = 0,25\delta_1,$$

λ – коефіцієнт бокового розпору для порід вугленосної товщі, рівний приблизно 5 ($\lambda = 1 / \mu$, де μ – коефіцієнт Пуассона).

11.10 Сучасні уявлення про зрушення гірських порід при підземній розробці пластових родовищ

11.10.1 Загальні відомості

Під керуванням станом гірського масиву в лавах мається на увазі система заходів, що забезпечує зміну в допустимих межах напружено-деформованого стану пласта (і порід) в очисних вибоях.

При проведенні гірничих виробок в масиві відбувається зміна його первісного напруженого стану. Особливо велика зміна напруженого стану масиву викликає ведення очисних робіт. При цьому порушується вихідне напруження стану порід і відбувається інтенсивне деформування великої області гірського масиву аж до поверхні.

У зв'язку з цим головними завданнями керування гірничо-геомеханічними процесами є або створення умов, що забезпечують надійне зберігання стійкості елементів масиву і виробок протягом необхідного терміну їх існування, або, навпаки, створення умов регульованого деформування пласта і вмисних порід, їх руйнування і зміщення в допустимих межах відповідно до вимог техніки безпеки при веденні гірничих робіт.

11.10.2 Зони зсуву в шарах порід покрівлі

Зсув безпосередньої покрівлі над очисною виробкою поширюється і на верхні шари гірських порід, якщо відпрацьована ділянка має такі розміри, при яких склепіння над виробленим простором руйнується. При осіданні нижніх шарів покрівлі її верхні шари втрачають опору, оскільки внаслідок горизонтального переміщення по контактах зчеплення між шарами відсутні. Несумісні знизу породні шари починають опускатися під дією власної ваги і зовнішніх навантажень і спираються на вже осілі шари. В результаті процес осідання дуже

швидко поширюється від одного породного шару до іншого до земної поверхні. При цьому в масиві гірських порід можна виділити шість зон зміщення, що розрізняються за характером деформування породних шарів:

а) шари порід підшви, що пружно прогинаються при їх розвантаженні в напрямку, нормальному до нашарування;

б) розроблюваний пласт і шар закладки, які не пружно (пластично) стискаються під дією збільшеного гірського тиску в зоні попереду вибою або під дією навантаження від опускання покрівлі у виробленому просторі (рис. 11.6);

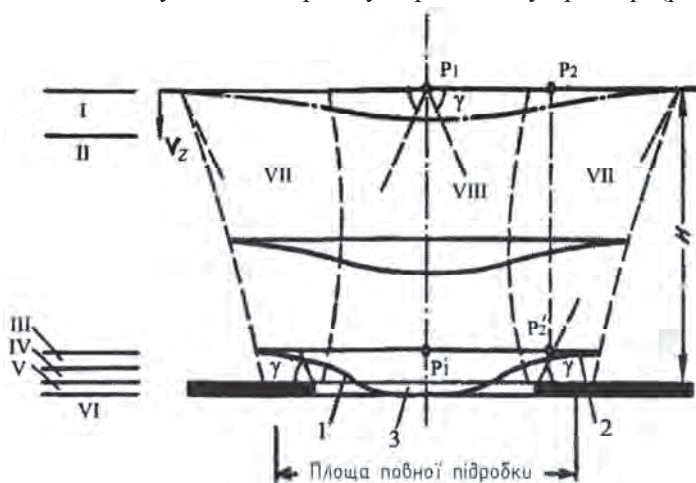


Рисунок 11.6 – Розподіл вертикальних деформацій в підробленому масиві гірських порід при горизонтальному заляганні пласта:

I – зона прилегла до земної поверхні; II – середня зона; III – основна покрівля; IV – безпосередня покрівля; V – вугільний пласт (закладка); VI – підшви пласта; VII – зона стиснення; VIII – зона розтягування у вертикальному напрямку; 1 – осідання безпосередньої покрівлі; 2 – осідання в зоні опорного тиску; 3 – очисна виробка

в) шар безпосередньої покрівлі, який над виїмковою ділянкою відділяється від більш жорсткої основної покрівлі, руйнується і лягає на закладку, зберігаючи зчеплення між породними блоками під дією бічного розпору, або (при вийманні без закладки) обвалюються великими брилами і заповнює вироблений простір;

г) основна покрівля, яка над виїмковою ділянкою поступово осідає, плавно прогинаючись, поки її не стане підтримувати закладка або обвалений матеріал, а попереду вибою – стислий вугільний пласт, або ж порода, яка при

певному консольному зависанні над рухомих вибоєм обвалюється через певні інтервали (циклічний гірський тиск);

д) середня зона, що складається з потужних шарів міцних порід, які рівномірно і в основному пружно прогинаються, причому по окремих міжшарових контактах відбувається взаємний зсув відносно один одного;

е) поверхнева зона, що складається з шарів пухких порід, які осідають слідом за поверхнею товщі міцних порід, як пластично деформоване покриття, утворюючи западину ґрунтоподібної форми.

11.10.3 Вертикальні зсуви і деформації масиву гірських порід

У шарах порід безпосередньої і основної покрівлі, схильних до дії високого тиску над видобувним вибоєм, вже при незначному їх зміщенні швидко виникають напруження, що перевищують межу пружності. Тому в цій області переважає пружно пластичне деформування породних шарів, під яким розуміється пружний прогин консольно завислих або які перебувають під дією сил тertia окремих ділянок шару гірських порід з подальшим відривом і ковзанням окремих породних блоків по тектонічних або новостворених поверхнях розриву. Наступні обвалення відбуваються в вигляді послідовного відриву завислих на відстані 30 м позаду рухомого вибою ділянок безпосередньої покрівлі і раптової посадки порід основної покрівлі. Відрив породних блоків безпосередньої покрівлі відбувається по тріщинах розриву (при вигині) або зрізу, залежно від того, чи буде раніше досягнута межа міцності на розтяг при згині (на верхній поверхні шару) або межа міцності на зміщення в зоні стиснення (рис. 11.7). В останньому випадку шар порід покрівлі або зрізається по нормалі до нашарування над жорсткою опорою, якою є лінія фронту очисного вибою, або, якщо породи покрівлі можуть зміщуватися до вибраного простору паралельно нашаруванню (ковзний відрив) і при цьому розвантажуватися; під дією випереджаючого опорного тиску шар порід покрівлі розбивається ще попереду вибою на велику кількість уламків.

Співвідношення пружного вигину і пластичного переміщення блоків залежить від згинальної жорсткості порід, їх схильності до крихкого руйнування, наявних систем тріщин і складного стиснення гірського тиску, а також величини кривизни (тобто від потужності пласта) і навантаження (тобто від глибини розробки). При дослідженні стану покрівлі в одному гезенкі, пройденому через три роки після відпрацювання виїмкової дільниці з обваленням покрівлі, було встановлено, що порушеність породного шару тріщинами в напрямку догори

слабшає, і в 15 м над колишньою очисною виробкою видимих ознак порушеності вже немає. Обвалення кусків породи розміром з каменюку закінчилося на висоті, яка приблизно вдвічі перевищує потужність пласта

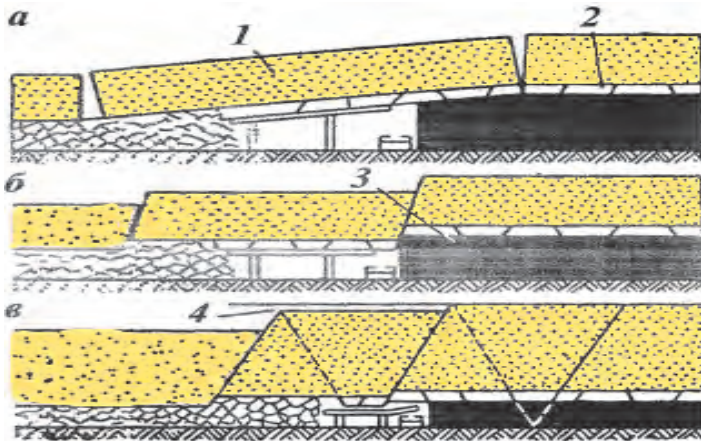


Рисунок 11.7 – Основні види розривних деформацій порід основної покрівлі:
 а – вигин; б – зріз; в – зсув; 1 – основна покрівля; складена міцними (стійкими)
 породами; 2 – безпосередня покрівля; 3 – пласт міцного (сталого) вугілля;
 4 – відрив з ковзанням

У міцних породах середньої зони переважає пружне деформування. Шари порід цієї зони викривляються над очисним вибоєм не так сильно, як безпосередня покрівля, і прогинаються без розривних порушень. Однак при вигині цих шарів в них можуть відбуватися зміщення за рахунок ковзання по поверхнях тектонічних порушень і по поверхнях розриву, що утворився від впливу раніше проведених гірничих робіт. У нижній частині середньої зони, тобто поблизу зони розривних деформацій, крива осідань шарів гірських порід має S-подібну форму, як показали вимірювання осідань покрівлі в штреку, пройденому в 50 м над очисною виробкою.

В області переходу кривизни опуклості до кривизни угнутості, тобто поблизу точки перегину кривої над межею очисної виробки, може відбуватися розшарування пачки шарів, якщо шар слабких порід (наприклад, глинистого сланцю) перекривається шарами міцних жорстких на вигин порід (наприклад, пісковіку) і якщо по поверхнях контактів легко може відбутися розподіл цих шарів. Верхні, жорсткі шари прогинаються в меншій мірі, ніж нижні, і між ни-

ми можуть утворитися порожнечі шириною до декількох міліметрів – так звані порожнечі Вебера, що переміщуються разом з посуванням очисного вибою і знову закриваються, коли вони виявляються вже над виробленим простором.

У складених міцними породами шарах середньої зони може також відбуватися зміщення по поверхнях розриву природного походження.

У прогинаній потужній товщі шарів порід виникають паралельні нашарування зсувні напруження, які подібно до того, як це має місце в балках будівельних конструкцій, зменшуються за законом параболи від максимального значення по середній осі пачки шарів до нуля на поверхнях розділу, відповідних крайовим поясам балки, прагнучи змістити окремі породні шари відносно один одного і розділити їх, як це добре можна бачити у кінцевої опори прогинаного штабеля дощок. Як тільки напруження зсуву перевищать величину сил зчеплення і сил тертя на міжшарових контактах, потужна товща шарів розпадається на дві або більш тонкі пачки (руйнування зсуву). У деяких шахтах спостерігалися зсуви порід по міжшарових контактах, що досягають 50 см.

Верхні шари масиву гірських порід, складені піщаними або глинистими породами, а також зона вивітрювання виходять на земну поверхню порід вугленосної товщі при утворенні мульди осідання і деформуються переважно непружно і пластично. Ці шари мають міцність на розтяг і слідуєть за осідаючими підстильними породами, як шар, що дуже слабо працює на вигин. При цьому мінерали, що складають породні шари поверхонь зони, зміщуються відносно один одного і залишаються в цьому новому положенні після припинення процесу зміщення. Зі збільшенням відстані від очисної виробки область впливу останньої розширюється, що не піддається точному інструментальному визначенню. Межа області впливу очисних робіт у масиві гірських порід починається на горизонті очисної виробки на відстані від 30 м до 100 м від вибою і йде, імовірно, по викривленій назовні дузі до краю області впливу на земній поверхні, тобто до межі мульди осідання. Пряма лінія, що з'єднує край мульди осідання з межею очисної виробки, утворює з поверхні невийнятої частини вугільного пласта граничний кут γ , який в залежності від властивостей складових порід гірськогомасиву порід коливається в межах $36^\circ - 59^\circ$, служить для визначення межі зони впливу гірничих робіт на земну поверхню (але не в товщі породного масиву). Таким чином, область прогину породних шарів зі збільшенням висоти над очисною виробкою все більше поширюється в зону опорного тиску, внаслідок чого мульди осідання окремих шарів порід від основної покрівлі до земної поверхні стають все більш широкими і пологими. Цей зсув межі області осідання в зону опорного тиску пов'язаний, між іншим, з тим, що криві осідання шарів порід у цій області мають кривизну опуклості і

деформуються подібно вугільному пласту в зоні опорного тиску. З їх прогином збільшується прольот між ділянками, на які спирається наступний по висоті шар, так що частина навантаження від ваги порід покривної товщі передається далі в глиб зони опорного тиску.

Оскільки кожен шар породи не тільки тисне на нижній шар як навантажена пластина, але і є податливою підставою для верхнього шару, межа області впливу в товщі породного масиву зміщується від шару до шару.

У вертикальному напрямку масив гірських порід відчуває деформації стиснення в зоні опорного тиску і деформації розтягування над виробленим простором. Сідлоподібний прогин породних шарів над контуром очисної виробки, з одного боку, і виниклий попереду вибою опорний тиск, з іншого боку, призводять у цій області масиву гірських порід до зменшення потужності породних шарів за рахунок зменшення потужності пористості порід – обсяг пір в породах вугленосної товщі становить 15% – 20%. У зоні розвантаження над очисною виробкою потужність шарів порід, навпаки, збільшується в порівнянні з колишньою, тобто тут відбувається вертикальна деформація розтягу. Цей процес деформування підробленого масиву гірських порід – вертикальне стищення в зоні опорного тиску і вертикальне розтягування над виробленим простором з точки зору динаміки очисних робіт – може бути пояснений наявністю попереду вибою додаткового гірського тиску, обумовленого вигином породних шарів і зміною умов їх спирання, а також тим, що в середній частині області впливу відбувається розвантаження породних шарів по нормалі до нашарування і пов'язані з цим зміщення порід.

Навантаження на одиницю площі підпрацьованих шарів зі збільшенням відстані по вертикалі від очисної виробки зменшується і відповідно зменшується кривизна опуклості шарів і діючих на них згинальних зусиль.

11.11 Надробка вугільних пластів

Надробка пластів – це порядок шахтної розробки світи (груп) пластів корисної копалини, при якому спочатку відпрацьовують верхні пласти продуктивної товщі. Застосовується для попередньої дегазації, зниження міцності міцного вугілля, небезпеки раптових викидів вугілля і газу, гірських ударів і інших небажаних явищ на нижніх пластах корисних копалин.

В основі захисної дії надробки пластів – можливість істотної зміни агрегатного стану надпрацьованого пласта (наприклад, зменшення початкової потужності, ущільнення або часткове руйнування, розпушення і т.п.), порід між-

пласта (наприклад, збільшення їх тріщинуватості, газопроникнення і т.п.) під дією опорних тисків, що виникають в процесі надробки пластів (рис.11.8).

Вплив надробки пластів на нижні корисні товщі зростає зі зменшенням потужності міжпластя M . Позитивна ефективність надробки пластів при цьому обмежується деяким граничним значенням параметра M_{max} . Величина M_{max} визначається на підставі практичних даних для типового міжпластя і коливається в межах $M_{max} = 70 \text{ м} - 90 \text{ м}$.

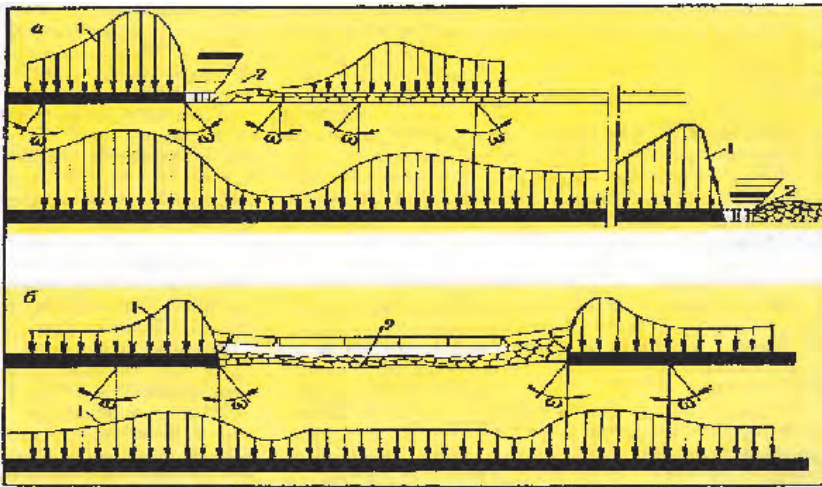


Рисунок 11.8 – Схема надробки пласта:

а – в середньому переріз лави за простяганням; б – в перерізі за падінням позаду задньої зони опорного тиску;

1 – епюри опорних тисків; 2 – очисний вибій

Більш ніж 70% вугільних шахт одночасно розробляють від 2 до 8 пластів. Це призводить до надробки і підробки підготовчих виробок при падінні їх в зони впливу опірних тисків надпрацьованого (підробленого) пласта (пластів).

Для запобігання небажаних явищ розробка зближених пластів у спадному порядку ув'язується в просторі і в часі. Так, штреки в надпрацьованому пласті проводять з відставанням від очисного вибою в підробленому пласті на відстані, яка дорівнює не менше двох потужностей міжпластя.

Підготовчі виробки на надпрацьованих пластах розташовують в зоні розвантаження під виробленим простором. Для зменшення їх деформації уни-

кають залишення у виробленому просторі ціликів корисних копалин і проведення виробок під ними.

У всіх випадках очисний вибій надпрацьованого пласта розташовується поза зоною опорного тиску очисного вибою пласта, що відпрацьовується першим.

11.12 Підробка вугільних пластів

Підробка – це підземне виймання корисних копалин, інших гірських порід, що надає вплив на стан земної поверхні, геологічних тіл або промислових об'єктів у надрах.

Супроводжується зміщенням, осіданням масиву гірських порід, його розтріскуванням і т.п., які відбуваються в процесі обвалення покрівлі вироблених просторів, ліквідації гірничих виробок.

При підробці земної поверхні геодинамічні процеси охоплюють всю верхню над відповідними гірничими виробками товщу гірських порід, викликаючи осідання поверхні в межах мульди зміщення.

Площа її завжди більша за площу обвалених у підземні вироблені простори породних товщ і це співвідношення зростає зі збільшенням кута нахилу площини обвалення і відстані від неї до поверхні.

Розрізняють повну підробку, коли подальше збільшення її площі не викликає нового зміщення земної поверхні, і неповну підробку, коли цей стан ще не досягнуто.

Осідання точок поверхні в зоні (мульди) зміщення відбувається нерівномірно і збільшується від її меж до центра. Це призводить до того, що будівлі або інші наземні споруди, вписуючись в кривизну мульди, піддаються вигину з небезпечними розтягальними напруженнями в конструкціях, додатковому перекидному моменту і т.д.

Виникаючі при осіданні земної поверхні горизонтальні переміщення викликають стиснення і розтягнення підшви, що призводять до появи тріщин у стінах і фундаментах, до розриву трубопроводів і т.п. Величини горизонтальних і вертикальних деформацій в мульді зсування залежать від відношення глибини залягання ліквідованих порожнин до їх висоти (по нормалі до площини основи) або потужності підпрацьованого пласта.

Всі об'єкти промислового призначення, підземні та наземні споруди, житлові і громадські будівлі підлягають обов'язковій охороні від шкідливого впливу підробки. Залежно від призначення, конструктивних особливостей і характеру наслідків, що виникають при підробці, всі будівлі та споруди розділені

на категорії охорони. Виймання корисних копалин під об'єктами дозволяється виробляти, як правило, тільки нижче горизонту безпечної глибини розробок. Під останньою розуміють таку віддаленість від поверхні, при якій і нижче якої гірничі розробки не можуть викликати в об'єктах руйнівної деформації, що тягнуть за собою припинення експлуатації, небезпеку для життя людей, які працюють і живуть в охоронюваних будівлях і спорудах, тобто не проявляється ефект підробки. Для будівництва населених пунктів і промислових підприємств в районах гірничих розробок прагнуть вибирати ділянки територій, під якими пласти залягають на великих глибинах або поза цих територій.

У разі необхідності проведення нового будівництва або наявності раніше побудованих будинків і споруд на ділянках з глибиною залягання пластів менш безпечної використовують спеціальні заходи їх охорони від впливу підробки: залишають під будівлями і спорудами запобіжні цілики; виробляють заклади вироблених просторів або застосовують способи виймання, що забезпечують мінімальні деформації в підроблюваних об'єктах; здійснюють спеціальні конструктивні та планувальні заходи щодо посилення конструкцій споруд. На відміну від наземних споруд об'єкти в надрах при підробці можуть відчувати як негативний, так і позитивний її вплив. Це залежить не тільки від фізичних характеристик товщі, властивостей її гірських порід (потужності порід, здатності розпушення і т.п.) або характеру напружено-деформованого стану гірських порід в зоні, в яку потрапляє об'єкт, але і від роду, виду і типу самого об'єкта.

Підробка промислових об'єктів (підземних комунікацій, камер і т.п.) призводить лише до негативних наслідків. Тому, як і у випадку підробки наземних споруд, у підземних умовах намагаються запобігти проявам цього процесу.

При підробці природних об'єктів (наприклад, вугільних, сланцевих пластів і ін.) зміна напружено-деформованого (агрегатного) стану підроблюваного пласта і (часткове руйнування, розпушення і т.п.) порід між пластом і виробленим простором (збільшення їх тріщинуватості, газопроникності і т.п.) під дією підвищеного, а потім зниженого напруження може викликати дегазацію корисних копалин, сприяти зниженню небезпеки раптових викидів, газу, вугілля і породи, а також гірських ударів, а при міжпластях, складених з міцних шарів порід, служить ефективним заходом боротьби зі здиманням і ін. (позитивні наслідки заробітчанства).

Разом з тим, підробка може призводити пласт (інше тіло корисної копалини) в результаті перем'ятості в непридатний до експлуатації стан, сприяти раптовим обваленням покрівлі в лавах і ін. (негативні наслідки заробітчанства).

Найбільш часто ефекти підробки спостерігаються при висхідному порядку розробки зближених пластів корисних копалин.

У загальному випадку вплив заробітчанства на пласт зводиться до наступного. Потрапляючи в т.зв. передню зону, він зазнає впливу знижених напружень (рис. 11.9), порівняно близьких до $n_{cp} \cdot H$ (де n_{cp} – середня питома вага гірських порід; H – глибина від земної поверхні).

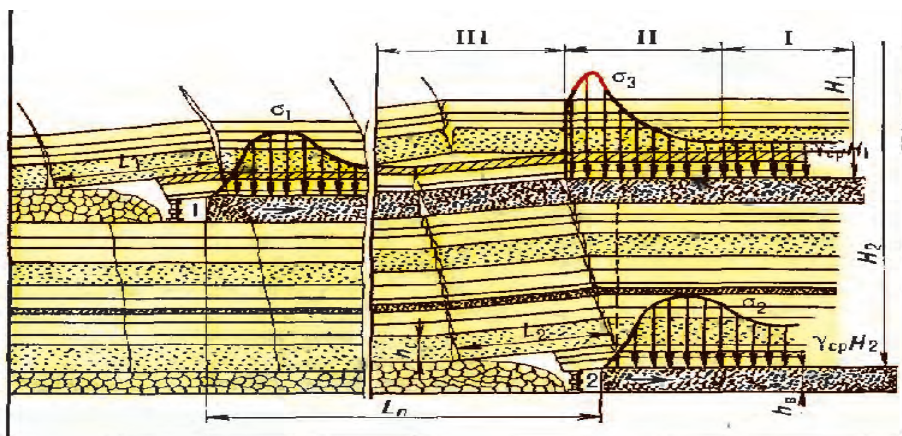


Рисунок 11.9 – Загальна схема підробки пласта:

I – передня зона тисків; II – зона опорного тиску; III – зона розломів і опускань порід; 1 і 2 – очисні вибої відповідно верхнього та нижнього шарів; M – потужність міжпласття; L_n – мінімально допустиме випередження очисного вибою нижнього шару щодо верхнього

У зоні опорних тисків, що виникають на передніх межах розшарувань, відбувається складне навантаження пласта. У зоні розломів і опускань порід пласт відчуває різке розвантаження, відбуваються великі деформації, розломи й опускання, потім пласт потрапляє в задню зону опорного тиску поблизу меж розломів, де навантаження зростають.

Зважаючи на складність режиму навантажень і розломів підроблюваного пласта для запобігання негативних наслідків при підробці обов'язково враховують два параметри: мінімально допустимі за умовами підробки потужності порід міжпласття M_{min} і випередження підробленого вибою L_n .

При роботі з повним руйнуванням покрівлі M_{min} зазвичай приймають не менше 12 м – 15 м, а при роботі з повною закладкою – скільки завгодно малим. При оцінці допустимої багаторазової підробки (велика кількість пластів у світі)

враховують загальне опускання підробленого пласта внаслідок сумарного впливу всіх підробок.

Параметр L_n визначають виходячи з механізму розломів і переміщень порід міжпластя, орієнтуючись на найбільш міцний і потужний (т.зв. провідний) шар основної покрівлі або інших порід міжпластя. Величину L_n зазвичай пов'язують з довжиною кроку обвалення провідного шару L_2 співвідношенням $L_n \geq 3L_2$.

Зазвичай $L_n > 60$ м – 200 м, а мінімальний час випередження підробленого вибою t_{on} ($t = L_n/v_{or}$, де v_{or} – середня швидкість посування вибою) рівний 1,5 – 3 місяці.

Контрольні питання до 11 розділу

- 1. Які існують форми прояву гірського тиску?*
- 2. Як ви можете охарактеризувати гірський тиск в незайманому масиві?*
- 3. Гірський тиск у підготовчих виробках.*
- 4. Гірський тиск в очисних виробках.*
- 5. Перелічіть способи керування гірським тиском на пологих пластах.*
- 6. Як відбуваються деформації порід в очисній виробці?*
- 7. Сучасне уявлення про зміщення гірських порід.*
- 8. Зобразіть схематично зони зміщення в шарах порід покрівлі.*

12 ВСТУП ДО КУРСУ МАРКШЕЙДЕРІЇ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, для яких цілей служить на гірничому підприємстві маркшейдерська служба і які завдання вона вирішує

Маркшейдерія – галузь гірничої науки і техніки, предметом якої є вивчення на основі вимірів і подальших геометричних побудов структури родовища, форми і розмірів тіл корисної копалини в надрах, розміщення в них корисних і шкідливих компонентів, властивостей вмисних порід, просторове розташування виробок, процесів деформації порід і земної поверхні в зв'язку з гірничими роботами, а також відображення динаміки виробничого процесу гірничого підприємства.

Маркшейдерські роботи виконуються за допомогою геодезичних і маркшейдерських приладів (рис.12.1 – 12.3).

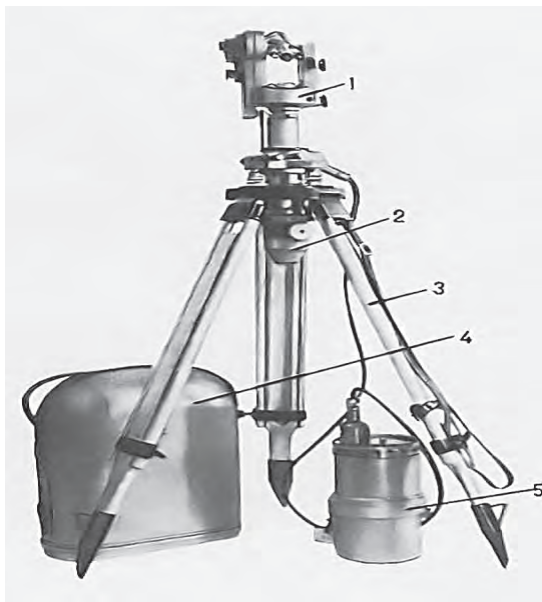


Рисунок 12.1 – Маркшейдерський гірокомпас МВТ-2:

1 – вимірювальний блок; 2 – гіроблок; 3 – штатив; 4 – футляр; 5 – блок електроживлення (напівпровідниковий перетворювач і акумуляторна батарея)

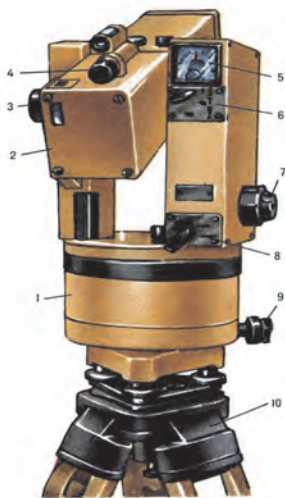


Рисунок 12.2 – Світлодальномір МСД-1М, призначений для вимірювань при підземних маркшейдерських роботах: 1 – блок живлення; 2 – електронно-оптична система; 3 – фазообертач; 4 – візирна трубка; 5 – нуль-індикатор; 6 – перемикач частот; 7 – навідний пристрій; 8 – перемикач фази; 9 – оптичний центр; 10 – штатив

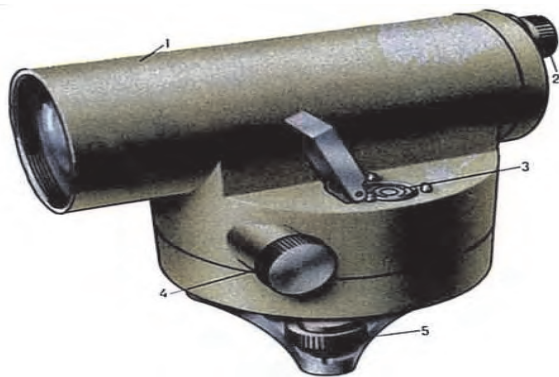


Рисунок 12.3 – Глухий точний нівелір Н-3:
1 – зорова труба; 2 – окуляр; 3 – циліндричний рівень; 4 – підйомні гвинти;
5 – елеваційні гвинти

Дані зйомок синтезуються в гірничий графічній документації, що представляє собою креслення, отримані методом геометричної проєкції.

Маркшейдерія є комплексною наукою і тісно пов'язана з багатьма науковими дисциплінами: математичними, фізико-технічними, астрономо-геодезичними, геолого-мінералогічними і геологорозвідувальними, а також з технологією розробки родовищ і будівельною справою.

Маркшейдерія – невід'ємна частина всіх стадій гірничого виробництва. Виконання маркшейдерських робіт здійснюється маркшейдерською службою, що входить до складу гірничого підприємства або організації, що веде розвідку родовища, проєктування і будівництво гірничого підприємства.

При детальній розвідці родовищ корисних копалин до завдань маркшейдерської служби входить побудова опорної мережі, зйомка земної поверхні, перенесення проєкту розташування розвідувальних виробок в натуру, зйомка всіх пройдених розвідувальних виробок, а також природних і штучних відслонень гірських порід.

Спільно з геологами маркшейдери на основі зйомок складають креслення гірничої графічної документації, що відображають обсяг виконаних розвідувальних робіт, ситуацію земної поверхні, форму і розміри тіл корисної копалини, її якість, властивості вмисних порід, а також беруть участь у підрахунку геологічних запасів.

При проєктуванні гірничих підприємств маркшейдери беруть участь:

- у проєктно-пошукових роботах;
- у проєктуванні меж гірничих підприємств і систем розробки родовища;
- у розміщенні будівель і споруд, що підлягають будівництву на площах залягання корисних копалин;
- у встановленні заходів охорони споруд від шкідливого впливу гірничих розробок, складанні календарних планів розвитку гірничих робіт;
- перевіряють правильність запроєктованих співвідношень геометричних елементів генерального плану поверхні;
- проводять підрахунок промислових запасів.

При будівництві гірничих підприємств маркшейдерською службою:

- здійснюється побудова мережі опорних пунктів і перенесення елементів проєкту будівництва в натуру;
- перевіряється правильність виконання запроєктованого співвідношення геометричних елементів при монтажі підйомних установок і армуванні шахтних стовбурів;
- задаються напрямки гірничих виробок;

– здійснюються виконавчі зйомки і готується необхідна для експлуатації родовища гірничо графічна документація.

При експлуатації родовищ маркшейдерською службою:

- реєструється динаміка виробничого процесу гірничого підприємства і складаються креслення гірничої графічної документації;
- у міру посування гірничих виробок уточнюються умови залягання родовища і форма тіла корисної копалини, його якість, властивості вмісних порід, складаються графіки, що відображають структуру родовища, форму тіла корисної копалини, його її і розподіл корисних компонентів, властивості вмісних порід;
- вивчається динаміка процесу зміщення гірських порід і інші явища, знання яких необхідні для вирішення питань вдосконалення технології розробки родовища і планування розвитку гірничих робіт;
- задаються напрямки гірничих виробок;
- розробляються заходи щодо безпечного ведення гірничих робіт поблизу небезпечних зон і здійснюється контроль за їх виконанням;
- виробляються спостереження за зміщенням гірських порід і проявами гірського тиску, розробляються заходи охорони будівель, споруд, природних об'єктів і гірничих виробок від шкідливого впливу гірничих розробок;
- проводиться облік руху промислових запасів, втрат і збіднювання корисних копалин.

При ліквідації або консервації гірничих підприємств маркшейдерська служба визначає повноту виймання корисної копалини і поповнює на момент ліквідації або консервації креслення гірничої графічної документації.

Дані маркшейдерії використовуються для планування ведення гірничих робіт, освоєння і комплексного використання родовищ, а також при будівництві підземних споруд, не пов'язаних з розробкою родовищ корисних копалин.

Маркшейдерія містить:

- визначення просторового положення, розмірів і форми тіл корисних копалин, даних про гірничо-геометричну структуру й властивості покладу;
- точне визначення положення гірничих виробок і підземних споруд по відношенню до об'єктів земної поверхні для забезпечення правильного та безпечного ведення гірничих робіт;
- перенесення в натуру геометричних елементів проектів гірничих виробок, будівель і споруд, інженерних комунікацій, транспортних шляхів, меж безпечного ведення гірничих робіт, бар'єрних і запобіжних ціликів;
- складання і поповнення креслень гірничої графічної документації.

До завдань маркшейдерії входять також:

- вивчення процесів зміщення гірських порід і земної поверхні, прогнозування цих процесів;
- розробка заходів захисту споруд, а також проектів розконсервації запасів у ціликах під забудовами;
- вивчення процесів впливу гірського масиву на виробку та їх прогнозування;
- облік запасів, втрат і збіднювання корисних копалин.

Однією зі специфічних галузей маркшейдерії є розробка нових маркшейдерських приладів, призначених для автоматизації маркшейдерських зйомок і спеціальних вимірювань, обчислювальних робіт і графічних побудов. Маркшейдерія використовує досягнення обчислювальної та комп'ютерної техніки, математичну обробку вимірювань, математичну статистику і пов'язана з геомеханікою, опором матеріалів, оптикою, електронікою, геодезією, топографією і картографією.

Контрольні питання до 12 розділу

- 1. Які завдання входять до маркшейдерської служби шахти?***
- 2. За допомогою яких приладів виконуються маркшейдерські роботи?***
- 3. Які питання вирішуються маркшейдерською службою при будівництві гірничого підприємства?***
- 4. Які завдання вирішує маркшейдерська служба при експлуатації родовища?***

13 ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати як здійснюється збагачення корисних копалин і які способи застосовуються для збагачення вугілля

13.1 Загальні відомості

Не так уже й часто видобуту із земних надр корисну копалину можна відразу використовувати за призначенням. Перш ніж видалене нагору кам'яне вугілля знайде застосування, його треба звільнити від домішок глини, вапняку, піску. Майже всі руди насамперед піддають операції, яка називається збагаченням.

Наприклад, у залізистих кварцитів, які видобувають у кар'єрах Криворізького басейну, заліза менше половини, а решта в основному кварц. Тому руда з кар'єру спрямовується не на металургійний завод, а на збагачувальну фабрику.

Відразу після того, як вагон-думпкар або автосамоскид перекидає кузов над ямою приймального бункера фабрики, руда потрапляє в сталеву вежу, покриту зсередини товстою бронею. У вежі обертається сталевий конус, який, притискаючи кварцит до плит стінок, розколює кам'яні брили, немов горіхи. Ця сталева вежа називається конусної дробаркою.

У цю вежу надходять куски каменю розміром іноді метра півтора, а виходить з неї крупний щебінь. Він йде в наступну дробарку – поменше. З неї конвеєр виносить дрібний щебінь і знову висипає його у дробарку, на цей раз останню. Там виходить кварцитна крупа. З дробильного цеху кварцитну крупу направляють в цех подрібнення. Там крутяться величезні млини – циліндри, наповнені сталевими кулями, схожими на ядра старовинних гармат. Ці кулі стирають кварцит у порошок.

Одні частинки порошку – кварцитні, інші – з магнітного залізняку. Залишається відокремити частинки порошку один від одного. Це робить машина, забезпечена спеціальними магнітами. Потік води, змішаний з порошком із залізного кварциту, проходить між магнітами, і вони, притягаючи до себе пилки магнітного залізняку, направляють їх в одну сторону, а частинки кварцу йдуть у другу. Порошок, багатий на метал, називається залізним концентратом. Він на 2/3 складається з чистого заліза.

Машина, яка розділяє кварцитний порошок на два сорти – бідний залізом і багатий залізом, називається магнітним сепаратором. Але на цьому перетворення залізної руди не закінчується.

Для того щоб при виплавці крізь концентрат добре проходив кисень, порошок треба знову перетворити в куски. Цей процес і називається окускуванням.

Є різні способи окускування концентратів, але всі вони зводяться до того, що дрібні частинки порошку спікаються. Для цього залізний концентрат змішують з коксом і вапняком і сильно нагрівають. Так з концентрату отримують агломерат – жорсткі дірчасті куски – сировина для доменних печей.

Для руд кольорових металів початок збагачення такий ж: перш за все їх треба роздробити на куски і розмолоти. Але далі доводиться чинити по-іншому: ні мідь, ні цинк, ні інші метали не притягуються магнітом.

Один з поширених способів збагачення немагнітних руд – флотація.

Щоб зрозуміти, що це таке, найкраще виконати самому просте дослідження. Візьміть виноградину і киньте її в стакан з водою. Питома вага ягоди більше питомої ваги води, тому вона спочатку потоне. Але незабаром спливе, вся вкрита дрібними бульбашками газу. Це розчинене у воді повітря. Його бульбашки прилипли до ягоди і, як поплавки, підняли її на поверхню води. Приблизно те ж відбувається і у флотаційній машині.

Подрібнену руду змішують з водою, в яку додані особливі речовини – піноутворювачі. Крізь цю суміш – вона називається пульпою – проганяють повітря. Утворюється величезна кількість піни – найдрібніших повітряних бульбашок. Вони прилипають до частинок міді, срібла або свинцю, але не прилипають до зерен домішок. Пуста порода тоне, а потрібні нам зерна, хоча вони і важче, спливають разом з піною.

Тепер, після того як руду збагатили, її можна відправити на виплавку.

13.2 Збагачення вугілля

Сортування по крупності. Видобуте вугілля надходить до вуглезбагачувальної фабрики, де відбувається його сортування по крупності та збагачуваності.

Товарне (збагачене) вугілля транспортується до місць навантаження для відправки споживачам.

Рядове (незбагачене) вугілля спочатку піддається просіванню – просівання на віброгрохоті з декількома ситами з різними осередками, потім очищенню і збагаченню.

Відомі класифікації вугілля по крупності, наприклад, бітумінозного вугілля – «негабарит» (діаметром 12 см і більше), «яйце» (4 см), «горішок» (2 см), «горох» (1 см) і «дріб'язок»;

антрациту – «пічної» (6 см), «горіх» (1 см), «зерно» (0,5 см), «рис» (менше 0,5 см) і «пил».

При розробці довгими очисними вибоями зазвичай отримують дрібніше рядове вугілля, ніж при суцільному вийманні.

Домішки і включення

Вугілля містить мікроскопічні практично невіддільні мінеральні домішки (пов'язані з рослинами – вуглеутворювачі), а також включення, які легко видаляються шляхом дроблення з наступним збагаченням. Лінзовидні включення утворюють пірит (FeS_2), марказит (теж FeS_2), карбонат і кальцит свинцю (CaCO_3), (PbCO_3) і сульфід цинку (ZnS).

Включення можуть також мати вигляд тонких прошарків або заповнювати тріщини і зони дроблення, що йдуть під кутом до вугільного пласта.

Третій вид включень складається в основному з пісковика, сланцю і глинистого сланцю.

Вугілля, що видобувається в підземних виробках, часто містить домішки з підшви виробки і порід покрівлі, які шахтар зобов'язаний видаляти на всіх (крім круто розташованих) робочих місцях.

Мокре збагачення

Найбільш поширені системи збагачення, основані на відмінності в щільності чистого вугілля ($1,4 \text{ г/см}^3$ і менше), яка майже завжди легше домішок (більше $2,0 \text{ г/см}^3$) і тому тримається біля поверхні інтенсивно перемішуваної води, тоді як більш важкі домішки осідають. Цей процес здійснюється у відсаджувальних машинах або інших пристроях гравітаційного збагачення, в яких обробляються суміші проміжної щільності (рис.13.1).

З появою вдосконаленого збагачувального обладнання суттєво зменшилися труднощі сортування по крупності.

Водні суспензії піску або оксидів заліза з щільністю, проміжною між густиною вугілля і домішок, забезпечують більш ефективне збагачення, ніж чиста вода.

Сортування по крупності, хоча це й трудомістка операція, завжди необхідне; найчастіше для кожної градації крупності передбачається своя збагачувальна машина.

Збагачення у відсаджувальній машині. У відсаджувальній машині вода піднімається через сито, на яке повільно надходить вугілля. Товарне вугілля несесться потоком. Розташований нижче більш забруднений матеріал після вивантаження йде у відвал. Найважчі домішки, головним чином невеликий пірит, провалюються через отвори сита в збірну ємність і механічно вивантажуються з неї.

Піщана сепарація. У тих випадках, коли для утворення важкої суспензії застосовується пісок, збагачення здійснюється в великому стаціонарному сепараторному конусі, обертові лопати якого надають руху воді з піском і вугіллям (крупність вугілля 0,6 см і більше). Товарне вугілля збирається у верхній частині конуса, а пісок з домішками осідає на дно.

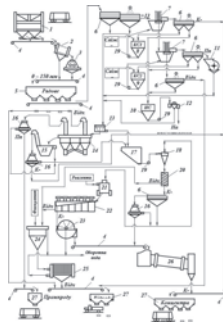
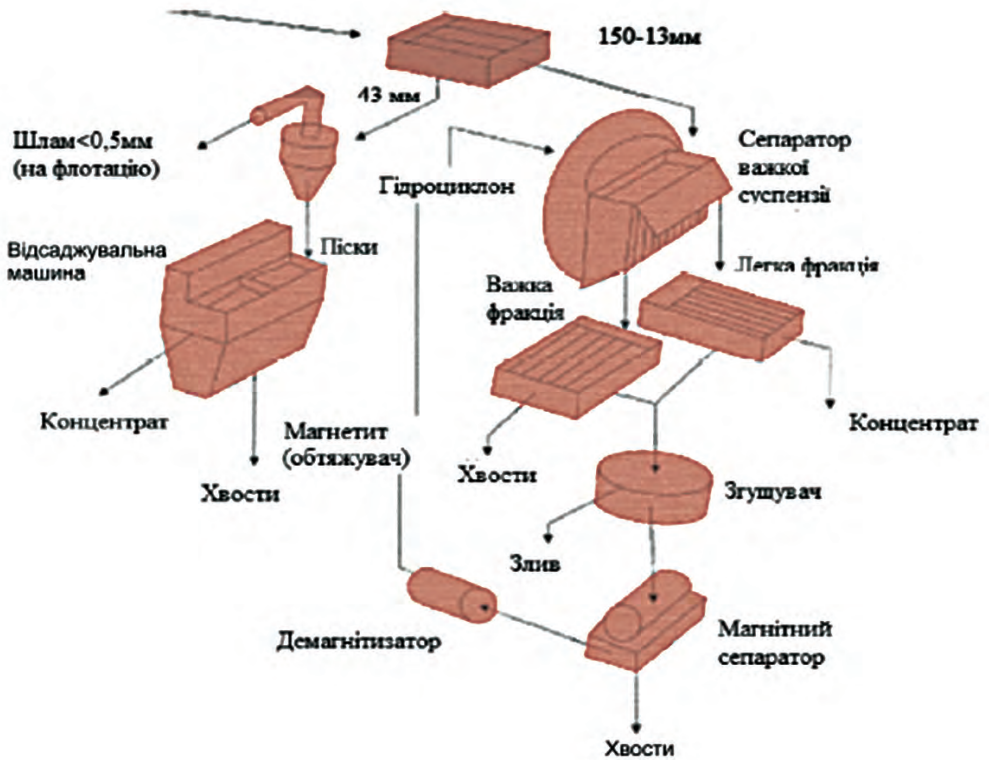


Рисунок 13.1 – Процес збагачення кам'яного вугілля.

Збагачення вугілля у важкому середовищі – один з найпопулярніших методів. Важким середовищем в даному випадку є водна суспензія порошку магнетиту з високою щільністю.

Інший затребуваний метод – збагачення в циклоні з важким середовищем. За рахунок відцентрової сили здійснюється поділ відходів і товарного вугілля. Застосовується так само пінна флотація, коли частинки вугілля спливають на поверхню разом з повітряними бульбашками, будучи обробленими гідрофобним флотаційним реагентом.

Використання вугілля. У минулому вугілля застосовувало в основному для опалення осель і в топках паровозів.

У даний час зросло його використання для виробництва електроенергії, а також для виробництва коксу в металургійній промисловості. З летких речовин, що виділяються з вугілля при виробництві коксу, отримують кам'яновугільний дьоготь, легкі масла, хімікати, газ та ін. Ці компоненти є основою для виготовлення великої кількості різних речовин, включаючи ліки.

Контрольні питання до 13 розділу

- 1. Для яких цілей застосовується збагачення корисних копалин?*
- 2. Які існують способи збагачення вугілля і залізної руди, а також руд кольорових металів?*
- 3. У чому полягає принцип мокрого збагачення вугілля?*
- 4. Як збагачується вугілля в відсаджувальній машині?*

14 ВОДОВІДЛИВ НА ШАХТІ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, для яких цілей призначений водовідлив на шахті і які існують схеми шахтного водовідливу

14.1 Загальні відомості

Водовідлив призначений для відкачування шахтних вод з гірничих виробок. При підземній розробці розрізняють головний водовідлив, призначений для відкачування загальношахтного припливу води, і дільничний водовідлив – для перекачування води з окремих ділянок шахти до водозбірників головного водовідливу (рідше безпосередньо на поверхню землі).

Водовідлив за схемою відкачування води на поверхню розділяється на прямий, коли відкачування води з головного водозбірника виробляється відразу на поверхню, і ступінчастий, коли з нижніх горизонтів через стовбури (рідше свердловини) вода перекачується в проміжні водозбірники верхніх горизонтів і потім на поверхню (рис.14.1).

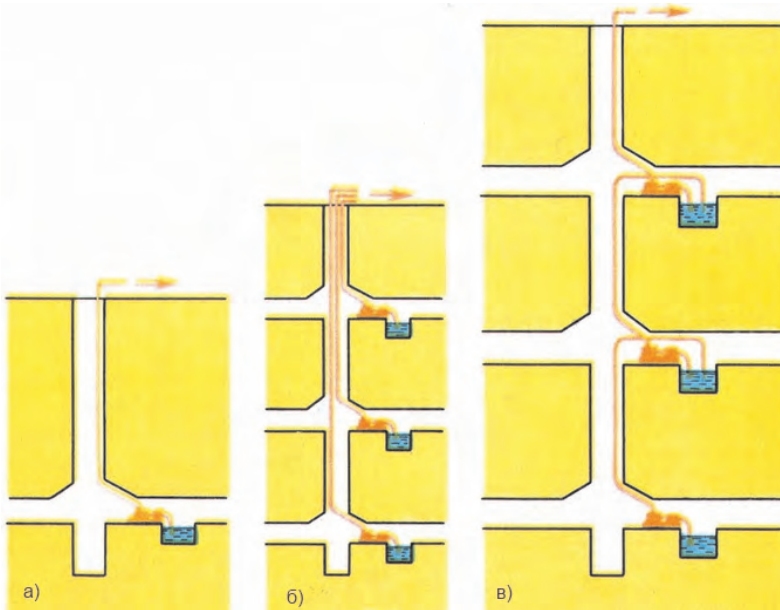


Рисунок 14.1 – Схеми водовідливу на шахтах:

а) – прямий на одному горизонті; б) – при декількох; в) – ступінчастий з насосними камерами верхніх горизонтів

Рідше застосовуються інші схеми водовідливу, наприклад, з передачею води в розташовану вище (біля стовбура) насосну камеру, з перепуском води з верхнього горизонту й ін.

До системи шахтного водовідливу входять пристрої регулювання внутрішньо шахтного стоку (водовідвідні канавки, трубопроводи, перекачувальні насоси) водозбірники, насосні станції з водозбірними колодязями і водовідливними установками, з всмоктувальними і нагнітальними трубопроводами.

Пристрої для регулювання стоку внутрішньошахтних вод містять трубопроводи і канавки відводу води в дільничні та головні водозбірники. Шахтні водозбірники і насосні камери розташовують з урахуванням гипсометрії підшвикорисних копалин, складу гірських порід, схем розкриття та інших гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов.

Насосна камера з водовідливними установками поміщається у водозбірник і з'єднується з ним виробками.

При надходженні води понад $50 \text{ м}^3/\text{год}$ головна водовідливна установка складається з трьох однакових насосів (робочого, резервного і знаходиться в ремонті), кожен з яких розраховується на відкачку за 20 год добового нормального припливу.

Всмоктувальна труба кожного з насосів при припливі води до $100 \text{ м}^3/\text{г}$ опускається в один загальний водозабірний колодязь, а при припливі понад $100 \text{ м}^3/\text{год}$ – в окремі колодязі.

Для головного водовідливу на шахтах (рис.14.2) застосовуються в основному відцентрові багатоступінчасті секційні насоси в горизонтальному виконанні, що допускають вміст механічних домішок у воді (частинки розміром до $0,1 \text{ мм} - 0,2 \text{ мм}$) до $0,1\% - 0,2\%$.

ККД насосів змінюється в межах $68\% - 78\%$.

Кислототривкі насоси застосовуються при рН води менше 5 або при утриманні в ній понад 100 мг/л вільної сірчаної кислоти і можуть з'єднуватися паралельно і послідовно з заливним і бустерним насосами.

Для дільничного водовідливу в шахтах, крім багатоступінчастих відцентрових насосів, використовуються також консольні відцентрові, багатоблочні та допоміжні насоси (турбонасоси, електронасосні одnogвинтові агрегати, одноступінчасті відцентрові горизонтальні насоси, відцентрові горизонтальні консольні насоси).

При відкачуванні неосвітлених шахтних вод (з твердими включеннями розміром до 20 мм), очищення водозбірників від шламу і на дільничному

водовідливі застосовуються шламові насоси (вертикальні, суспензійні, шламові та ін.)

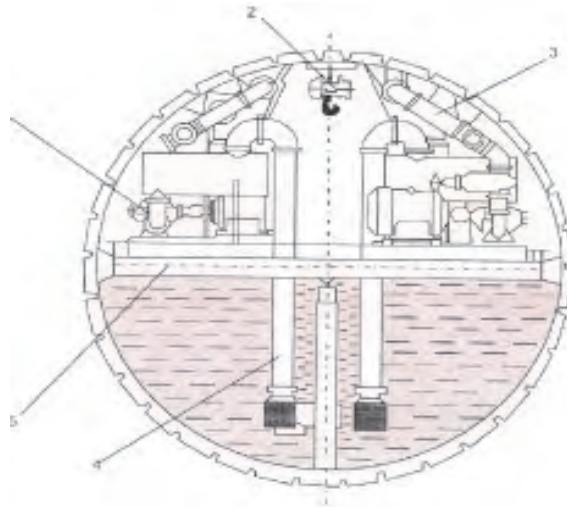


Рисунок 14.2 – Розміщення головної водовідливної установки в камері:

1 – насосний агрегат; 2 – пристосування для підйому і монтажу деталей установки; 3 – нагнітальний трубопровід; 4 – всмоктувальний трубопровід; 5 – перекриття камери

Для подачі води на поверхню в стовбурі шахти прокладають мінімум два поставки нагнітальних труб – один робочий і один резервний; при двох одночасно працюючих насосах прокладають три поставки труб. Кожен постав розраховується на видачу нормального добового припливу не більше ніж за 20 год; при підвищених припривах використовуються всі поставки.

Водовідливні установки обладнуються апаратурою автоматизації, контролю захисту. Апаратура автоматизації забезпечує автоматичну заливку, пуск і зупинку насосів залежно від рівня води в водозбірнику, послідовну роботу насосів, автоматичне включення резервних насосів при аварійному підйомі рівня води у водозбірнику і несправності працюючого насоса, дистанційний контроль і сигналізацію про рівень води у водозбірнику.

На вугільних шахтах, небезпечних щодо газу і пилу, застосовується апаратура автоматизації у вибухо- і пилобезпечному виконанні.

Як прилади контролю гідравлічних показників використовуються манометри й витратоміри.

Для захисту насосів від гідравлічних ударів при їх зупинці застосовуються спеціальні гасителі ударів.

Основні шляхи подальшого вдосконалення водовідливу на шахтах: скорочення обсягу і спрощення конструкції водозбірників або застосування безкамерного водовідливу з вертикальними зануреними насосами і ерліфтами; вдосконалення засобів водовідливу для відкачування на поверхню забрудненої води; повна механізація праці при транспортуванні обладнання, монтаж насосних агрегатів і трубопроводів, очищення водозбірників.

14.2 Схема шахтного водовідливу

Найбільш поширеними схемами водовідливу при одночасній розробці двох або декількох горизонтів є наступні: вода, що надходить із вибоїв і виробленого простору, по периметру гірничих виробок збирається у водовідливні канавки 4 (рис.14.3, а), по яких безнапірним потоком, через попередній відстійник, направляється у водозбірник.

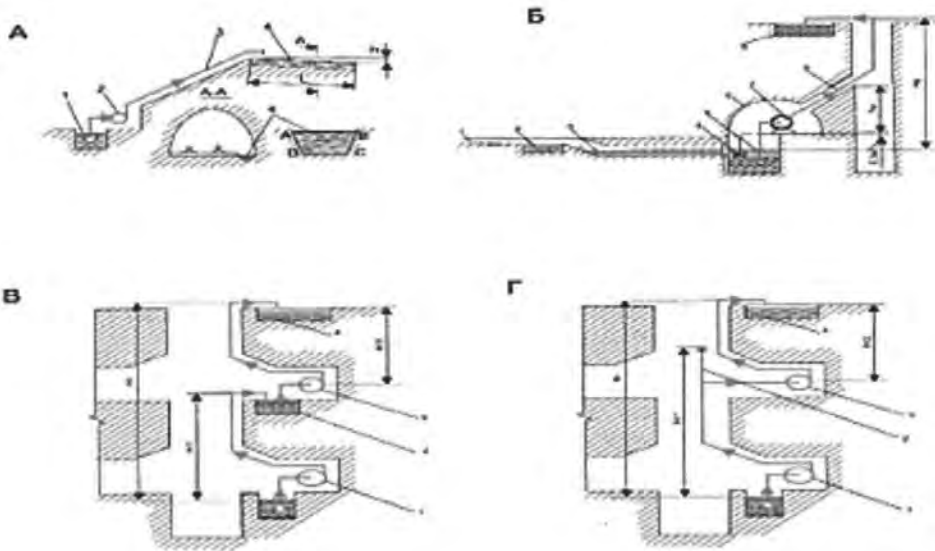


Рисунок 14.3 – Схема шахтного водовідливу

З водозбірників і нижніх горизонтів 1 вода насосами 2 по трубопроводу 3 напірним потоком піднімається на верхній горизонт, де розташовується

водовідливна установка, яка відкачує воду на поверхню і зливаєть у водовідливну канавку 4. Тут вода по водовідливній канавці 1 (рис.14.3, б) через попередній відстійник 2 надходить у водозбірник 3 і через засувку 4 протікає в приймальний колодязь 5, звідки насосами 7, розташованими в камері 6, по трубопроводу 8 піднімається на поверхню і прямує в очисні споруди 9. Самопливний водовідлив здійснюється по канавках 4, проведених по підшві виробок (рис.14.3, а), геометричний ухил яких дорівнює необхідному гідравлічному.

Вода на поверхню або на верхній горизонт піднімається по трубопроводах 3 (рис.14.3, а) і 8 (рис.14.3, б) за допомогою насосних установок 2 і 7. Напірний водовідлив здійснюється водовідливними установками, до складу яких входять насос, привід-електродвигун, підвідний (всмоктуючий) і напірний (нагнітальний) трубопроводи з відповідною арматурою.

Водовідливні установки залежно від призначення класифікуються: на центральні – відкачують воду на поверхню з підземних виробок низки шахт, збитих між собою; головні – відкачують водопріплив всієї шахти; дільничні – перекачують воду з нижніх горизонтів на верхні, де розташована головна насосна установка (якщо глибина менше 100 м, то вода з меж ділянки може відкачуватися на поверхню); допоміжні – відкачування води з зумпфів стовбурів, з позкосин та ін.; пересувні – вибійні, які відкачують воду із вибою проходки вертикальних або похилих виробок.

Центральні, головні та дільничні водовідливи обладнані електроагрегатами, до складу яких входять відцентрові насоси, безпосередньо з'єднані з короткозамкненими асинхронними електродвигунами. Допоміжні водовідливи обладнують відцентровими або об'ємної дії насосами з електродвигунами.

Вода з прохідницьких вибоїв насухо відкачується самовсмоктуючими геороторними (гвинтовими) насосами і гідроелеваторами.

Якщо геометрична висота H_g перевищує максимальний напір, створюваний насосами, то пряма схема центральної або головної установки обладнується ступінчастою (рис.14.3, в) – на верхньому горизонті є проміжний водозбірник 2 і агрегати 1, 3, які знаходяться на обох горизонтах і працюють незалежно один від одного, подаючи воду відповідно на висоту $H_{г1}$ і $H_{г2}$, послідовним включенням насосів 1, 3 (рис.14.3, г), що знаходяться на різних горизонтах і піднімають воду на поверхню 4 (рис. 14.3, в, г). В цьому випадку для захисту нижніх насосів від підвищеного статичного тиску, що відповідає повній геометричній висоті, необхідно перед входом у верхній насос передбачити скидну трубу 2 (рис.14.3, г). Сумарна геометрична висота першого ступеня і перевищення скидної труби 2 $H_{г1}$ повинно бути більше, ніж максимальний напір, створюваний нижнім насосом 1.

Насосні агрегати центрального, головного, дільничного і допоміжного водовідливів є стаціонарними установками, бо вони монтуються на фундаментах і експлуатуються протягом всього терміну існування шахти, ділянки і горизонту.

Контрольні питання до 14 розділу

- 1. Для яких цілей призначений водовідлив на шахті?***
- 2. Які існують схеми водовідливів?***
- 3. Які насоси застосовують для головного водовідливу?***
- 4. Як відкачуються неосвітлені шахтні води?***
- 5. Який застосовується захист насоса від гідравлічних ударів?***

15 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

***Навчальні цілі:** спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати особливості електропостачання гірничих підприємств, яке електрообладнання повинно експлуатуватися в шахтах, небезпечних за газом та пилом*

Електропостачання гірничих підприємств – це забезпечення електрообладнання гірничих підприємств електричною енергією.

Встановлена потужність сучасних шахт залежно від їх виробничої потужності, глибини залягання пластів, розмірів шахтного поля, водоприпливу, рівня механізації, автоматизації та інших факторів досягає десятків мегавольт. У зв'язку з цим структура системи електропостачання гірничих підприємств включає кілька блоків, що мають свою специфіку в частині технічної реалізації, технічних характеристик і виконання електрообладнання.

За цим принципом можна виділити системи: зовнішнього електропостачання, електропостачання споживачів поверхні, електропостачання підземних гірничих робіт напругою вище 1 кВ, стаціонарних і напівстаціонарних установок, а також ділянок, які можуть жититися від головної знижувальної підстанції (ГЗП) по свердловинах, штольнях або центральній підземній підстанції (ЦПП).

Електропостачання гірничих підприємств може здійснюватися від енергосистем:

- автономних джерел живлення;
- власних електростанцій, пов'язаних з енергосистемою.

Під системою зовнішнього електропостачання розуміють комплекс технічних механізмів, які забезпечують передачу енергії від джерела живлення до прийомних споживачів гірничого підприємства, що включають підстанції глибокого вводу (ПГВ) і ліній електропередач, а від них до ГЗП.

Ввід на ПГВ може здійснюватися напругою 35 кВ, 110 кВ, 150 кВ, 220 кВ, а на ГЗП (в залежності від умов) – від 6 кВ до 220 кВ.

Проектують системи електропостачання гірничих підприємств, відповідно до класифікації електроспоживачів, по надійності електропостачання.

За характером шкоди, яку може бути заподіяно гірничому підприємству через перерви в електропостачанні, всі споживачі електроенергії ділять на три категорії (I, II, III).

Електропостачання гірничих підприємств здійснюють не менше ніж по двох лініях від двох незалежних джерел живлення незалежно від величини напруги).

Всі живлячі лінії електропередач повинні перебувати під навантаженням. ДПП, що входить до системи електропостачання гірничих підприємств, і являє собою, як правило, розподільно – трансформаторну підстанцію, в якій встановлюють два трансформатори. Потужність кожного з них забезпечує 100% навантаження, або при аварійному відключенні одного з трансформаторів, другий забезпечує живлення споживачів I категорії та основних споживачів II категорії на час ліквідації аварій. Схеми і конструкції ГЗП різноманітні.

Незалежно від району розташування передбачають відкриті розподільні пристрої (ВРП) на напругу 35 кВ – 220 кВ із зовнішньою установкою силових трансформаторів і закриті розподільні пристрої (ЗРП) на напругу 6 кВ – 10 кВ.

Схеми електричних з'єднань підстанцій вибирають виходячи з навантаження підприємства, схеми та прилеглих мереж енергосистеми, кількості і потужності силових трансформаторів і ліній, необхідного ступеня надійності електропостачання, рівня струмів короткого замикання, електрообладнання необхідних параметрів і надійності. Схеми електропостачання підземних гірничих робіт обумовлені гірничогеологічними умовами розробки, технологією робіт, метановиділенням, запиленістю і підвищеною вологістю в гірничих виробках.

Найбільш потужні споживачі електроенергії в підземних виробках шахт, що розробляють пологі та похилі пласти – це водовідливні установки, очисні механізовані комплекси, прохідницькі комбайни, породонавантажувальні машини, електровозний і конвеєрний транспорт.

Сумарна встановлена потужність сучасних ділянок 800 кВт – 1200 кВт.

Найбільш поширений спосіб живлення ділянок – через стовбур. З метою підвищення рівня безпеки здійснюють відокремлене живлення електроприймачів шахт від поверхневих мереж. Схеми відокремленого живлення виконуються на базі триобмоткових трансформаторів і розподільних трансформаторів напруги 6/6 кВ.

Система електропостачання шахт великої виробничої потужності при фланговому розташуванні вентиляційних стовбурів будується на основі двох ДПП з відокремленим живленням від триобмоткових трансформаторів або трансформаторів з розщепленою вторинною обмоткою.

При живленні підземних установок через свердловини при напрузі 0,66 кВ знижувальні трансформатори встановлюють біля кожної свердловини. При живленні підземних електроспоживачів через свердловини або шурфи можливі два варіанти побудови системи електропостачання гірничих підприємств – на напругу до 1200 В і 6 кВ – 10 кВ. У першому випадку на поверхні біля свердло-

вини встановлюється пересувний трансформаторний кіоск або пересувна КТП. Від секцій шин ГПП електроенергія подається по повітряній лінії.

У другому випадку електроенергія напругою 6кВ – 10 кВ від шин ГПП підводиться по повітряній лінії до свердловини або шурфу; в підземних виробках напруга трансформується.

Розподіл і перетворення електроенергії в підземних виробках здійснюється стаціонарними і пересувними підстанціями: ЦПП, РПП, дільничними стаціонарними і пересувними.

Основним обладнанням підземних підстанцій є КРУ, силові трансформатори, перетворювальні агрегати, комутаційна апаратура напругою до 1 кВ, а також апаратура захисту мереж і керування електроприймачами напругою понад 1 кВ.

У шахтах, безпечних по газу і пилу, застосовуються КРУ в нормальному (ВЯП – 6) або рудниковому (КРУРН – 10) виконанні.

У шахтах, небезпечних за газом або пилом, в експлуатації знаходяться КРУ: РВД – 6 (виконання РП), Яв – 6500 і КРУВ – 6 з електромагнітним вимикачем.

Для живлення очисних і підготовчих ділянок застосовують пересувні трансформаторні підстанції ТСВП (ТСВЕ), а для пластів, небезпечних за раптовими викидами вугілля і газу, – підстанції типу ТСВП – 160/6 – КП і ТСВП – 400/6 – КП.

Для зарядки акумуляторних батарей електровозів використовують із зарядним пристроєм моделі ЗУК і УЗА, а для харчування контактних електровозів – тягові підстанції АТП і АТПШ.

Розподіл електроенергії в підземних виробках, живлення стаціонарних і пересувних машин і механізмів проводиться по кабелях спеціального призначення до 1 кВ і більше 1 кВ, які за своєю конструкцією поділяються на броньовані, гнучкі підвищеної міцності (напівгнучкі), гнучкі й особливо гнучкі. Для апаратури випереджаючого відключення використовується кабель з розщепленими жилами.

Важкі умови експлуатації в підземних виробках, особливо в шахтах, небезпечних за газом або пилом, вимагають застосування спеціального вибухозахищеного електрообладнання, в якому вжито заходів щодо забезпечення його придатності для використання у вибухонебезпечних умовах.

Електрообладнання очисних і прохідницьких комплексів разом з електрообладнанням навантажувальних пунктів, освітлювальною мережею, розподільними пунктами, дільничними підстанціями і живильними кабелями становить систему електропостачання підземного ділянки.

Залежно від гірничо-геологічних умов системи розробки електрообладнання розташовують на конвеєрному або вентиляційному штреку (рис. 15.1).

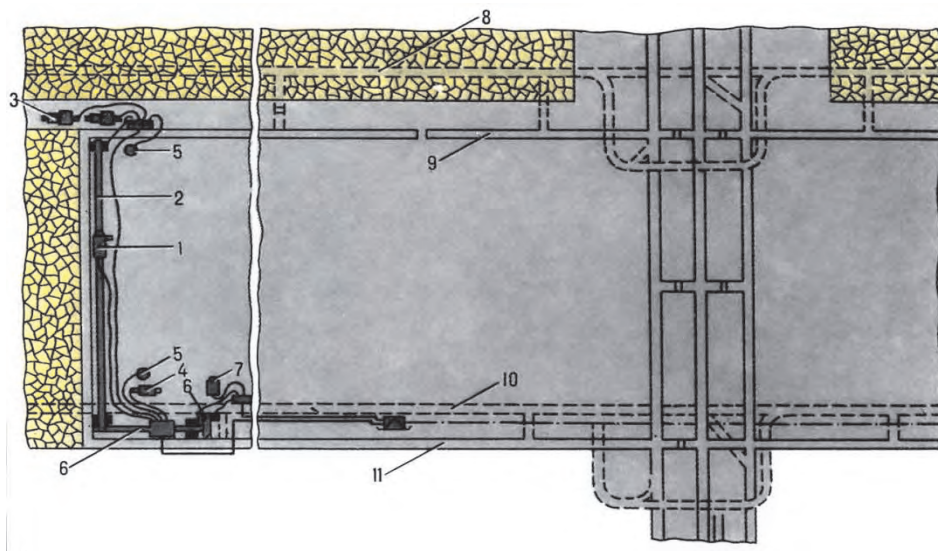


Рисунок 15.1 – Схема електропостачання лави при розробці довгими стовбурами: 1 – комбайн; 2 – вибійний конвеєр; 3 – маслостанція; 4 – насос зрошення; 5 – ручне електросвердло; 6 – перевантажувач; 7 – вантажний пункт; 8 – цільовий вентиляційний штрек; 9 – вентиляційний просік; 10 – польовий відкаточний штрек; 11 – конвеєрний просік

Різноманітність систем розробок і способів живлення визначила і різні схеми електропостачання підземних електроустановок.

Контрольні питання до 15 розділу

1. Що собою являє система зовнішнього електропостачання гірничого підприємства?
2. Які бувають схеми і конструкції головних знижувальних підстанцій?
3. Як вибираються схеми електричних з'єднань підстанцій?
4. Як здійснюється розподіл електроенергії в підземних виробках?
5. Де розташовується електрообладнання очисного вибою?

16 ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ НА ГІРНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, який вид транспорту застосовується в шахті для транспортування корисної копалини, вантажів і людей по гірничих виробках

16.1 Основні види транспорту

Шахтний транспорт – це комплекс споруд і пристроїв, призначений для прийому і переміщення різних вантажів і людей на підземних гірничих підприємствах.

На сучасних шахтах до завдань шахтного транспорту входить формування і реалізація двох різноспрямованих (зустрічних) вантажопотоків.

Перший містить транспортування людей, обладнання та інших матеріалів до очисних та підготовчих вибоїв, іншим виробничим ділянкам.

Другий – прийом і транспортування в зворотному напрямку до навколостовбурного двору (на шахтах, розкритих вертикальними стовбурами) або до поверхні (розкритих похилими стовбурами і штольнями) корисних копалин з очисних вибоїв (або породи з підготовчих), доставки в тому ж напрямку демонтованого обладнання, металобрухту, інших допоміжних вантажів і людей.

Шахтний транспорт містить:

- транспортні машини;
- транспортні комунікації.
- Допоміжні обладнання (навантажувальні, перевантажувальні та розвантажувальні пункти);

– засоби автоматизації і диспетчеризації;

– технічне обслуговування і ремонт.

Залежно від місця функціонування розрізняють:

– шахтний транспорт підземний (лавний, дільничний, магістральний, в навколостовбурних дворах і похилих стовбурах);

– шахтний транспорт поверхні (в надшахтних будівлях, породних відвалах, складах).

Залежно від виду вантажу, що перевозиться шахтний, транспорт поділяють на:

- основний, призначений для переміщення корисних копалин і пустої породи;

– допоміжний – для переміщення гірничого устаткування, різних матеріалів і людей.

Основні види підземного шахтного транспорту – **локомотивний, конвеєрний, самохідний** на пневмошинному механізмі переміщення, **гравітаційний, скреперний, гідравлічний і пневматичний**.

Допоміжний шахтний транспорт (по горизонтальним і нахилним головним і дільничним виробках) містить:

- локомотивний або самохідний;
- монорейковий (з локомотивною або канатною тягою);
- моноканатні дороги або надгрунтові дороги з канатною тягою.

Перевезення людей здійснюють пасажирськими складами, сформованими із спеціальних вагонеток; самохідними машинами на шинному механізмі переміщення, монорейковими або моноканатними підвісними дорогами, рідше людськими або спеціально пристосованими конвеєрами.

Як допоміжне обладнання шахтного транспорту широко застосовують затвори, живильники, перекидачі вагонеток, лебідки, штовхачі, різне шляхове обладнання, контейнери, піддони, пакетувальні касети для формування матеріалів і виробів у вантажні одиниці, пристосовані для механізованих способів навантаження, розвантаження і складування, а також перевезення різними видами транспорту без перевантаження по всьому шляху їх переміщення.

На поверхні шахти застосовують автомобільне перевезення, локомотивне відкочування і конвеєрний транспорт.

Транспортні засоби для технологічного комплексу поверхні шахти відрізняються залежно від виду підйому. На шахтах великої виробничої потужності застосовують скіповий підйом, при якому корисна копалина від прийомних бункерів транспортується стрічковими конвеєрами до навантажувальних пристроїв залізничних вагонів або на резервний склад.

На поверхні шахти мають у своєму розпорядженні стрічкові конвеєри в закритих галереях на розвантажувальних естакадах.

При клітьовому підйомі в надшахтній будівлі виробляють прийом, розвантаження і відправку в шахту за двома основними схемами:

- з вільним переміщенням по рейкових шляхах під дією сили тяжіння з наступною компенсацією втраченої висоти;
- з примусовим переміщенням вагонеток за допомогою різних механізмів.

Породу від надшахтної споруди у відвал перевозять в основному автотранспортом, рідше за допомогою підвісних канатних доріг.

Засоби шахтного транспорту за принципом дії поділяють на:

– транспортні машини безперервної дії, що переміщують вантажі безперервним потоком із завантаженням і розвантаженням при русі робочого органа (конвеєри, спеціальні вантажні машини);

– періодичної дії, завантаження і розвантаження яких виробляють при повній зупинці транспортної машини або на малій швидкості її руху (вагонетки, самохідні вагони, конвеєрні поїзди і бункер-поїзди, монорейкові дороги з локомотивною тягою, скреперні й інші установки).

Вибір видів і засобів шахтного транспорту залежить від схеми розкриття родовища, системи розробки, способів відбивання корисних копалин і породи (вибуховий або механічний), характеристики транспортування гірничої маси (кускуватість, щільність, абразивність), дальності переміщення, величини вантажопотоку.

Переміщення гірничої маси в шахті від вибою до навколостовбурного двору або на поверхню здійснюють одним видом транспортних машин або декількома видами з перевантаженням з одного виду транспорту на інший.

Ланцюг взаємопов'язаних і керованих транспортних машин і механізмів, що містять перевантажувальні пункти, засоби диспетчеризації та автоматизації і забезпечують надійне переміщення гірничої маси в заданому напрямку, є транспортний комплекс, при різних видах транспортних машин – комбінований транспортний комплекс (комбінований шахтний транспорт).

Залежно від конкретних гірничотехнічних умов підземної розробки корисних копалин, виду вантажів, що транспортуються (вугілля, порода), і нерівномірності вантажопотоку застосовуються прості (з одним видом) і комбіновані схеми транспорту.

На вітчизняних вугільних шахтах, що розробляють пологі пласти, в дільничних горизонтальних, а також дільничних і головних (капітальних) похилих виробках з кутом нахилу до 16° – 18° використовують в основному конвеєрний транспорт, а в головних горизонтальних виробках – конвеєрний транспорт або локомотивну відкатку. При цьому перевага виду транспорту встановлюється на підставі техніко-економічного порівняння варіантів.

На вугільних шахтах, що розробляють круті пласти:

– у дільничних горизонтальних проміжних виробках застосовують конвеєрний транспорт;

– у дільничних вуглеспускних печах і гезенках – гравітаційний самопливний; в вертикальних міжгоризонтальних виробках – спіральні спуски;

– у штреках і квершлагах на горизонті навколостовбурного двору – конвеєрний, комбінований конвеєрно-локомотивний або тільки локомотивний транспорт.

При розкритті вугільного родовища похилими стовбурами можливе використання конвеєрного транспорту від вибою до поверхневого комплексу, включаючи навантаження вугілля в залізничні вагони зовнішнього транспорту.

На стиках різних видів транспорту застосовують акумулюючі (усереднювальні) ємності у вигляді гірничих бункерів – спеціалізованих похилих або вертикальних гірничих виробок, забезпечених живильниками або регульованими затворами, а також механізованих бункерів, які встановлюються в горизонтальних або похилих виробках і мають місткість від 50 м³ до 200 м³.

На підготовчих роботах при проведенні виробок по міцних породах буропідривним способом застосовують вантажні машини, стрічкові перевантажувачі та локомотивний транспорт.

При комбайновому способі проходки по породах невисокої міцності для транспорту гірничої маси застосовують локомотивний або конвеєрний транспорт – поєднання скребкових і стрічкових конвеєрів або телескопічні стрічкові конвеєри.

На сучасних підземних гірничих підприємствах основним видом шахтного транспорту є локомотивний, засобами якого на вугільних шахтах по магістральних відкаточних виробках перевозиться близько 60% гірничої маси.

Обслуговування навантажувальних пунктів при локомотивній відкатці на вугільних шахтах здійснюється по одному з двох видів організації руху:

- локомотив закріплюється за певним складом;
- локомотив не закріплений за складом.

У першому випадку склад пересувається локомотивом при завантаженні, при перегонах і при розвантаженні, що не вимагає додаткового маневрового обладнання. Однак такий вид організації руху має відносно низький коефіцієнт використання локомотивів.

У другому випадку склад переміщається локомотивом тільки на перегонах, а переміщення вагонеток при навантаженні і розвантаженні здійснюється різними маневровими пристроями. Такий вид організації руху значно підвищує коефіцієнт застосування локомотивів, створює можливість запасу порожніх вагонеток на станціях, однак вимагає використання маневрового обладнання.

Застосування саморозвантажних секційних поїздів, що містять секції з відкидним днищем, дозволяє організувати потокову технологію роботи локомотивної відкатки, при якій висока продуктивність забезпечується комплексною механізацією всіх взаємопов'язаних транспортних операцій: навантаження, транспортування і розвантаження. При цьому відкатка здійснюється по замкнутій трасі.

Чітка робота великої кількості локомотивів забезпечується організацією процесів відкатки. Вона включає сигналізацію, централізацію і блокування (СЦБ), дистанційне керування локомотивами і диспетчерську службу.

Залежно від кількості експлуатованих локомотивів, відстані транспортування, продуктивності та ступеня складності колійного розвитку застосовується кілька систем СЦБ.

Так шахти з невеликою кількістю електровозів і малою виробничою потужністю обладнують автоматичним світловим блокуванням або шляховою сигналізацією без контролю за положенням стрілок. При нескладній схемі колійного розвитку і маневрування в навколостовбурному дворі використовують систему автоматичного блокування стрілок і сигналів, перемикання яких проводиться автоматично по команді машиніста електровоза.

При складній схемі розвитку, наявності в роботі понад 10 електровозів і великій виробничій потужності застосовують пристрої електричної централізації, які дозволяють диспетчеру здійснювати з розпорядчого апарата всі перемикання з переведення стрілок і зміни сигналів.

На вугільних шахтах, де більш складні умови експлуатації локомотивного транспорту, набула поширення автоматична колійна сигналізація і блокування стрілок і сигналів. При цьому рейкові шляхи відкатних виробок розбивають на блок-ділянки, огорожені світлофорами, обладнаними дорожними датчиками і дистанційно керованими з русійного локомотива стрілочними переводами.

На зарубіжних шахтах впроваджені системи автоматичного водіння електровозів без машиніста за допомогою передавачів, рейкових антен і встановлених на електровозі приймачів.

У системах автоматичного водіння використовують комп'ютери та промислове телебачення, що дозволяє підвищити пропускну здатність локомотивної відкатки, скоротити кількість рухомого складу й обслуговуючого персоналу, а також різко підвищити безпеку праці.

Найбільша автоматизація досягнута на конвеєрному транспорті. Вона містить дистанційне керування окремими конвеєрами і конвеєрними лініями, при якій автоматизуються послідовний пуск конвеєрів у порядку, зворотньому напрямку вантажопотоку, і зупинка конвеєрів у напрямку вантажопотоку; автоматизований контроль за роботою конвеєра і його елементів, при якому автоматично відключаються приводні двигуни в разі порушення режиму роботи конвеєра або окремих його елементів.

Основні напрями розвитку сучасного шахтного транспорту:

– застосування найбільш продуктивного поточного транспорту, зокрема, конвеєрних та секційних поїздів з донним розвантаженням;

- широке застосування контактних і акумуляторних електровозів з великою зчіпною вагою і системою імпульсно-тиристорного керування тяговими двигунами;
- систем автоматичного водіння електровозів без машиніста;
- самохідних вантажно-транспортних машин з дизельним і електричним приводами і навісним змінним обладнанням багатоцільового призначення;
- допоміжного самохідного транспорту, монорейкових і відкатних доріг;
- засобів пакетно-контейнерної доставки на робочі ділянки допоміжних вантажів;
- комплексна механізація та автоматизації всіх виробничих процесів на навантаженні, транспортуванні та розвантаженні з використанням комп'ютерної техніки.

16.2 Конвеєрний транспорт

На гірничих підприємствах застосовують такі види конвеєрів:

- стрічкові;
- стрічково-канатні;
- скребкові;
- пластинчасті.

Стрічкові конвеєри переміщують насипні вантажі на конвеєрній стрічці, що рухається по стаціонарних ролюкоопорах. Стрічка приводиться в рух одним або декількома приводними барабанами, з'єднаними через редуктор з двигунами.

16.2.1 Стрічкові конвеєри

Стрічковий конвеєр (рис.16.1; 16.2) складається з приводного пристрою, ролюкового става і натягача.

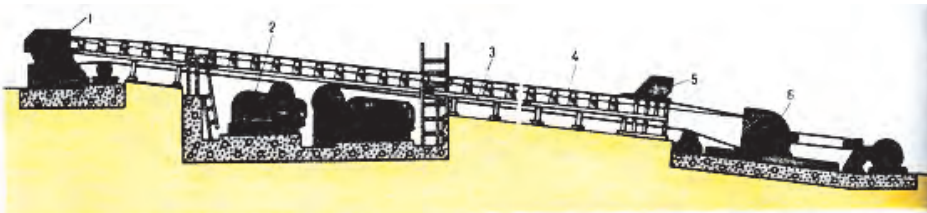


Рисунок 16.1 – Схема похилого стаціонарного стрічкового конвеєра:

1 – розвантажувальна головка; 2 – привід; 3 – конвеєрний постав з ролюкооперами; 4 – стрічка; 5 – завантажувальний пристрій; 6 – натягач

Конвеєрна стрічка служить одночасно тяговим і грузонесучим органом. Стрічкові конвеєри обладнують допоміжними пристосуваннями, до яких відносяться очисні та завантажувальні пристрої.

Всі конвеєри забезпечені апаратурою керування приводом, а похилі – пристроями, що вловлюють стрічку при обриві (уловлювачами). Конвеєрні



стрічки випускають з тканинною основою і з основою зі сталевих тросів. Конвеєрні стрічки з тканинною основою складаються з каркаса, що сприймає основні навантаження на стрічку, і обкладок, що захищають каркас від механічних пошкоджень.

Рисунок 16.2 – Стрічковий конвеєр у тупиковій гірничій виробці

Каркас являє собою багат шарову конструкцію, що складається з декількох шарів тканинних прокладок, пов'язаних між собою тонкими гумовими прошарками (сквіджами) товщиною 0,2 мм – 0,3 мм. Тканинні прокладки робляться з капрону, лавсану, аніду, іноді з комбінованих тканин, витканих з синтетичних і бавовняних ниток. Обкладки виконують з гуми або полівінілхлориду. Товщина верхньої обкладки (на якій лежить тягар) більша, ніж нижня. Міцність тканинних конвеєрних стрічок характеризується розривним зусиллям однієї прокладки, віднесеним до 1 мм її ширини.

Потужні конвеєри обладнують конвеєрними стрічками з основою з тросів. Каркас цих стрічок складається з одного шару сталевих тросів діаметром 2,5 мм – 10 мм. Гумові прокладки служать для захисту тросів від механічних пошкоджень і корозії. Запас міцності на розтягнення гумотросових стрічок 6,5 – 8,5.

Роликовий постав стрічкового конвеєра призначений для підтримки вантажних і порожнякових гілок конвеєрної стрічки і напрямку її руху. Він являє собою металоконструкцію, на якій встановлені роликоопори. Іноді роликоопори, що підтримують вантажну вітку стрічки, прикріплюють до двох паралельно натягнутих сталевих канатів, які підтримуються спеціальними опорами.

Роликоопори збирають з окремих роликів. Роликоопори для вантажної гілки (зазвичай трироликові) складаються з планок і кронштейнів, на яких закріплені ролики. Такі роликоопори називають жорсткими на відміну від гнучких, що навішуються на паралельно натягнуті канати. Внутрішні кінці вісей роликів гнучких роликоопор з'єднують шарнірами або косинцями, зовнішні за допомогою гаків або спеціальних затискачів закріплюють на каналах.

Для порожнякової гілки застосовують одно– або двороликові опори. Закріплюють їх на поставі за допомогою спеціальних кронштейнів.

Приводний пристрій призначений для приведення стрічки в рух і передачі тягового зусилля. Воно складається з рами, на якій монтуються приводні і відхиляючі барабани. Вали приводних барабанів через редуктор і еластичні муфти з'єднують з електродвигунами.

Приводи стаціонарних конвеєрів встановлюють на фундаментах, приводи пересувних конвеєрів – на понтоні, на рейковому або гусеничному ході. Приводні пристрої постачають гальмом.

Натяжні пристрої служать для натягу конвеєрної стрічки, щоб не допустити надмірного провисання її між роликооперами. Вони бувають вантажного, гвинтового або лебідкового типів.

Очисні пристрої служать для видалення з конвеєрної стрічки залишків налиплого вантажу після розвантаження конвеєра. Вони виконуються у вигляді різного виду скребків і щіток.

Для конвеєрів, використовуваних на гірничих підприємствах, прийнятий наступний ряд стрічок по ширині: 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2500; 3000 мм.

Стрічкові конвеєри, застосовувані при підземному видобутку корисних копалин, мають продуктивність від 270 т/рік до 2300 т/рік при швидкості стрічки 1,6 м/с – 3,15 м/с. Схема конвеєрного транспорту шахти представлена на рис.16.3.

Для підземних конвеєрів прийняті буквені позначення:

- С – стрічковий;
- У – ухильний;
- Б – бремсберговий;
- СЛ – стрічковий людський;
- К – короткий;
- Т – телескопічний;
- К – крутопохилий.

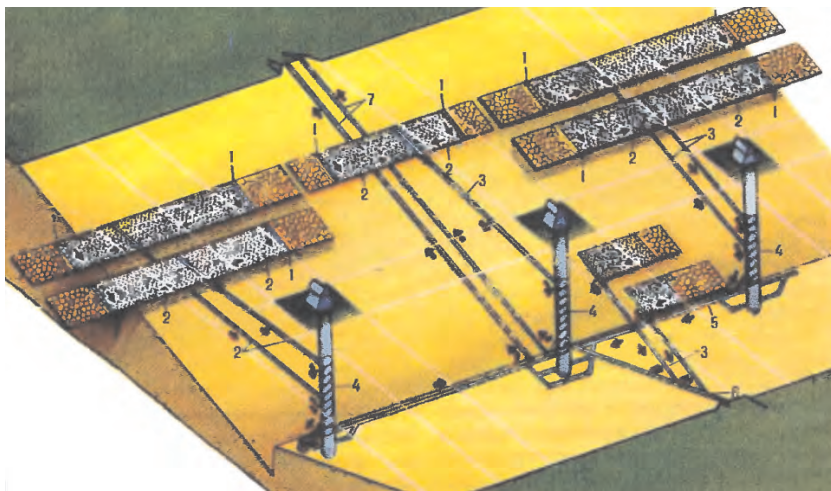


Рисунок 16.3 – Схема конвеєрного транспорту шахти:

- 1 – скребкові конвеєри очисних вибоїв; 2 – телескопічні стрічкові конвеєри;
3 – стрічкові конвеєри, встановлені в бремсбергах; 4 – гвинтові вуглеспуски;
5 – штрекові стрічкові конвеєри; 6 – стрічковий конвеєр похилого квершлагу;
7 – стрічкові конвеєри похилих стовбурів*

Конвеєри 1Л80, 2Л80, 1ЛТ80, 2ЛТ80, 1ЛТ100 призначені для виробок з кутом нахилу від -3° до $+6^\circ$, що безпосередньо прилягають до очисних вибоїв. Ці конвеєри мають швидкорозбірний постав з підвісними роликоопорами для стрічки.

Телескопічні конвеєри працюють зі скребковим перевантажувачем і можуть скорочувати свою довжину на 30 м – 40 м без розстикування стрічки і скорочення її довжини.

Конвеєри 1ЛБ80, 2ЛБ80, 1Л480, 2ЛБТ100 обладнані телескопічними пристроями і застосовуються при відпрацюванні пологих вугільних пластів за підняттям і падінням.

Конвеєри 1Л100, 2ЛУ100, 1ЛУ120, 2ЛУ120А, 2ЛУ120Б, 2ЛУ160В встановлюють в ухилих і похилих стовбурах з кутом нахилу до 18° .

Для перевезення вантажів і людей у виробках з кутом нахилу 6° – 16° використовують конвеєр 2ЛЛ100.

До переваг стрічкових конвеєрів слід віднести простоту конструкції, можливість досягнення великої продуктивності і високу надійність.

Недоліки стрічкових конвеєрів:

- неможливість застосування в криволінійних у плані виробках;

- висока вартість стрічки;
- обмеженість вантажу по кускуватості (до 500 мм).

16.2.2 Стрічково-канатні конвеєри

У цих конвеєрах тяговим елементом є сталеві канати, а вантажним – стрічка спеціальної конструкції, вільно лежить на канатах.

Найбільшого поширення набули конвеєри з двома тяговими канатами діаметром $29,5 \pm 58$ мм. Ширина стрічки 766 мм – 1520 мм, діаметр приводних шківів 2000 ± 4500 мм. Такі конвеєри встановлюються по довгих трасах і мають довжину від 2 км до 3 км.

Основні переваги стрічково-канатних конвеєрів:

- підвищений термін служби стрічки (до 10 років);
- порівняно невелика загальна металоємність.

Недоліки:

- великі габарити приводних і натяжних станцій;
- необхідність застосування стрічки спеціальної конструкції;
- обмеження по куту підйому (до 13°) і по крупності кусків (до 300 мм) вантажу.

16.2.3 Скребкові конвеєри

Скребкові конвеєри транспортують насипні вантажі волочінням по нерухомому жолобу за допомогою тягового органа, що складається з однієї або декількох ланцюгів з закріпленими на них перегородками – скребками, зануреними в шар насипного вантажу. Основне призначення скребкових конвеєрів – доставка корисних копалин по очисному вибою в вугільних шахтах. Крім того, вони можуть встановлюватися в просіках, печах, у хвості пластинчастого або стрічкового конвеєра, а також у магістральних виробках довжиною до 150 м. Максимальний кут нахилу, при якому скребкові конвеєри можуть транспортувати насипні вантажі – 35° .

Основні елементи скребкових конвеєрів:

- тяговий скребковий орган;
 - риштачний постав, що складається з двох паралельних жолобів, по яких переміщаються робоча й холоста гілки тягового органа;
 - приводний пристрій, що служить для приведення в рух тягового органа.
- Деякі типи скребкових конвеєрів обладнають натяжними пристроями.

Риштачний постав збирають з уніфікованих секцій (риштаків) довжиною від 1 м до 2,5 м. Вони виготовляються штампованими або зварними з прямокутною або трапецієподібною формою поперечного перерізу (рис. 16.4; 16.5; 16.6; 16.7).

Риштаки з'єднують у постави швидкокороз'ємними гачковими з'єднаннями або болтами. У більшості конструкцій конвеєрів риштаки укладають один над одним, утворюючи відкритий жолоб для робочої гілки і закритий для холостої. Є конвеєри, у яких риштаки зібрані в два паралельні жолоби, що лежать в одній площині.



Рисунок 16.4 – Конвеєр скребковий СП26У

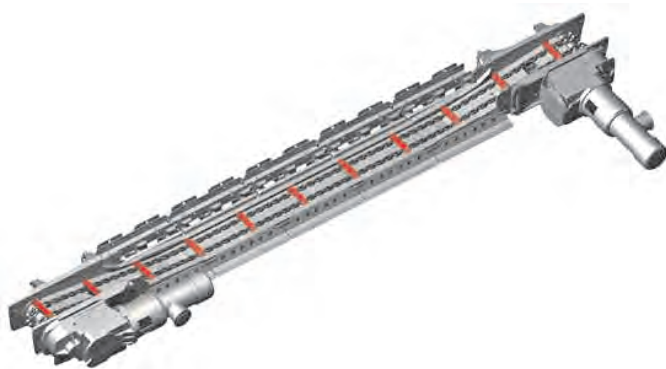


Рисунок 16.5 – Конвеєр скребковий СПЦ26

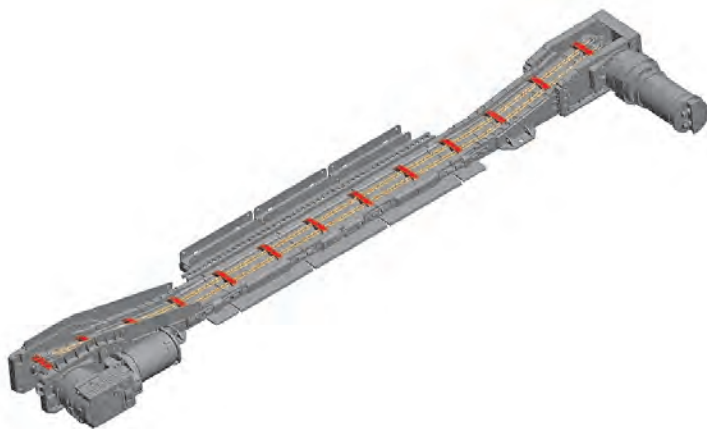


Рисунок 16.6 – Конвеєр скребковий КСД26В



Рисунок 16.7 – Конвеєр скребковий СП36

Тягові органи скребкових конвеєрів складаються з однієї, двох або трьох тягових ланцюгів, до яких болтами або спеціальними планками кріплять скребки.

Приводний пристрій скребкових конвеєрів складається з тягового блока, що містить у собі приводний вал із зірочками, редуктор і електродвигун. Найбільшого поширення набули асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором. Редуктори застосовують циліндричні або циліндроконічні.

Двигун з редуктором з'єднують за допомогою сполучних або запобіжних муфт. У потужних конвеєрах використовують гідромуфти. Всі частини приводу конвеєра змонтовані на загальній рамі.

У сучасних конвеєрах електродвигун, гідромуфта і редуктор за допомогою фланцевих з'єднань об'єднані в приводні блоки.

Абсолютна більшість конвеєрів, що працюють в очисних вибоях у складі комбайнових і стругових комплексів, а також у комплектах очисного обладнання з індивідуальними кріпленнями, є пересувними. Вони можуть посуватися до вибою після виймання комбайном смуги вугілля фронтально (по всій довжині очисного вибою) або «хвилею» вслід за переміщенням очисного комбайна. Посування конвеєрів до вибою при роботі у складі комбайнових або стругових комплексів проводиться домкратами секцій механізованих агрегатованих кріплень.

Якщо в очисному вибої встановлені секції комплектних механізованих кріплень або застосовується індивідуальне кріплення, конвеєри пересуваються за допомогою домкратів гідропересувачів.

Процес перемонтажу розбірних конвеєрів в очисних вибоях досить трудомісткий.

Необхідні такі вихідні дані:

- розрахунковий вантажопотік, що надходить на конвеєр;
- довжина конвеєра;
- середній кут нахилу.

До основних експлуатаційних параметрів скребкового конвеєра відносяться:

- розміри жолоба, що визначають площу поперечного перерізу вантажу;
- швидкість руху робочого органа;
- міцність тягових ланцюгів;
- потужність приводу.

16.2.4 Пластинчасті конвеєри

Пластинчасті конвеєри містять у собі робочий орган, що складається з однієї або двох тягових ланцюгів, що виконують функцію тягового органа, і пластинчастого полотна, що складається з окремих пластин, що надає йому певну гнучкість у вертикальній і горизонтальній площинах.

Пластинчасті конвеєри можуть працювати на криволінійних трасах з малими (близько 10 м) радіусами закруглення; мають малий опір переміщенню вантажного органа; допускають установаження проміжних приводів, що збільшує довжину транспортування без перевантажень; можуть застосовуватися при підвищених (до 40°) кутах нахилу, якщо пластини забезпечені виступами або поперечними перегородками.

Недоліки пластинчастих конвеєрів:

- велика маса рухомих частин;
- складна конструкція вантажного полотна, що складається з багатьох з'єднаних між собою елементів.

Остання обставина – причина малої надійності пластинчастих конвеєрів.

На гірничих підприємствах досить широкого поширення набули пластинчасті живильники – різновид пластинчастих конвеєрів невеликої довжини.

Пластинчастий конвеєр (рис. 16.8) складається з вантажного полотна, ходових або стаціонарних роликів опор, тягового органа, напрамні для верхньої та нижньої гілок пластинчастого полотна, металоконструкції постава, приводної та натяжної станцій. Остання за наявності хвостового приводу не встановлюється.

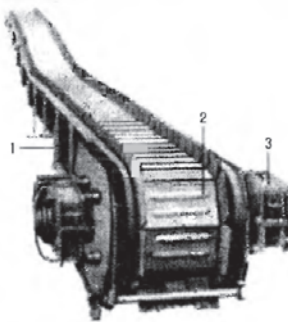


Рисунок 16.8 – Пластинчастий конвеєр:

1 – опора; 2 – пластинчасте полотно; 3 – приводна станція

16.3 Монорельсові дороги

Монорейкові дороги використовуються для перевезення вантажів і пасажирських поїздів. Підвісний шлях складається з секцій, виготовлених зі спеціальної двотаврової балки. Поїзд може формуватися рухливими пасажирськими кабінами та гідравлічними пристроями для перевезення кріплення і великогабаритного устаткування. На підвісній дорозі використовується дизельно-гідравлічний локомотив.

Перевагою цього локомотива є енергонезалежність і можливість його використання в шахтах, небезпечних за раптовими викидами газу та пилу.



Рисунок 16.9 – Підвісна дорога ДП-155

Підвіска монорейки здійснюється до анкерного кріплення за допомогою ланцюга або спецболтами до рамного кріплення. Мінімальний радіус заокруглень монорейкової дороги в горизонтальній площині – 4 м, у вертикальній – 8 м. Максимальний кут експлуатації – 30°.



Рисунок 16.10 – Дизель-гідролічний локомотив ДПЛ-120

До складу поїзда входять дизелевози, гальмівні візки, призначені для гальмування поїзда при збільшенні швидкості понад 2,5 м/с, а також рухливі несучі візки для транспортування вантажів.

На рис. 16.9; 16.10 показані монопідвесна дорога ДП-155 з дизель-гідролічним локомотивом ДПЛ-120, а також гідролічний пристрій для перевезення кріплення (рис.16.11) і загальний вигляд дизель-гідролічного локомотива 1ММ80-ТД.



Рисунок 16.11 – Гідравлічний пристрій для перевезення кріплення УПКГ-12ДУО

16.4 Рейковий шахтний транспорт

Шахтний рейковий акумуляторний локомотив DLPA90F призначений для перевезення матеріалу і людей в горизонтальних гірничих виробках по рейкових шляхах при максимальному нахилі шляху 50 проміле (рис. 16.12).



Рисунок 16.12 – Шахтний рейковий акумуляторний локомотив DLPA90F

Локомотив можна застосовувати в шахтах, небезпечних по вибуху метану і вугільного пилу. Керування локомотивом здійснюється з кабіни машиніста, яка оснащена елементами керування, контролю і безпеки, а також приладами, які

служать для безпечного керування локомотивом. Виконання кабіни зсередини забезпечує машиністу хороший вид на дорогу і надійний захист від травм.

Акумуляторні батареї розташовано в контейнері між кабінами.

Електрична система дозволяє керувати потужністю приводних електродвигунів, забезпечувати контроль і діагностику робочих режимів і параметрів локомотива (температуру, рівень і тиск робочих рідин, швидкість локомотива і т.д.). Вся інформація, яка аналізується електричною системою, зберігається на флеш-карті для діагностики робочого стану локомотива.

Шахтний рейковий дизелевоз DLPI40F призначений для транспортування матеріалу і людей в горизонтальних виробках з рейковими шляхами і кутом нахилу до 35 проміле в шахтах, небезпечних по вибуху метану і вугільного пилу (рис. 16.13).



Рисунок 16.13 – Шахтний рейковий дизелевоз DLPI40F

У дизелевозів вихлопні гази охолоджуються в спеціальному вихлопному кондиціонері, так що їх вихідна температура не перевищує 70° С.

Пуск двигуна здійснюється гідравлічним стартером. Електронна система стежить за робочим режимом дизелевозу, швидкістю, тиском і температурою агрегату, концентрацією метану. При перевищенні певних величин або аварії автоматично включається гудок і відбувається вимкнення двигуна і зупинка дизелевозу. Дизелевози можна використовувати як джерело тиску (наприклад, для відбійних молотків).

Акумуляторний електровоз АРП4,5Т призначений для транспортування составів з вантажем по підземних виробках вугільних шахт з ухилом до 0,005 і радіусом заокруглення рейкових шляхів 8 м (рис.16.14).

Дані електровози можуть експлуатуватися в шахтах, небезпечних за рапто-
вими викидами вугілля і газу; виконання електрообладнання РВ.



Рисунок 16.14 – Акумуляторний електровоз АРП4,5Т

Контактний електровоз 4КА (рис.16.15) призначений для транспортування
вантажів по підземних виробках шахт з ухилом до 0,005 і радіусом заокруглен-
ня рейкових шляхів не менше 12 м.



Рисунок 16.15 – Контактний електровіз 4КА

Електровоз 4КА може застосовуватися в шахтах, в яких діючими правилами безпеки дозволена експлуатація контактних електровозів.

Контрольні питання до 16 розділу:

- 1. Які основні види транспорту застосовуються в шахті?***
- 2. Де використовується конвеєрний транспорт?***
- 3. Назвіть основні переваги стрічкових конвеєрів.***
- 4. Де застосовуються скребкові конвеєри?***
- 5. Для яких цілей використовується монорейкова дорога?***
- 6. Призначення рейкового шахтного транспорту.***

17 ПРОВІТРЮВАННЯ ШАХТИ ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, які основні схеми вентиляції застосовуються при провітрюванні шахти, коли застосовується дегазація пластів і для яких цілей служать індивідуальні засоби захисту

17.1 Вентиляція шахти

Вентиляція шахти – це система заходів, спрямована на підтримку в всіх діючих гірничих виробках шахти атмосфери з параметрами, необхідними для ведення гірничих робіт.

Розрізняють вентиляцію загальношахтну, при якій повітря, що подається з поверхні, омиває основні виробки шахти, і місцеву вентиляцію.

Засоби інженерного забезпечення вентиляції шахти: вентиляторні установки, вентиляційні споруди шахт, вентиляційні регулятори, вентиляційні трубопроводи, гірничі виробки, прохідні спеціально для вентиляції, засоби зниження аеродинамічного опору виробок і витоків повітря.

Основні схеми вентиляції шахти: **центральна і флангова**; їх поєднання – **комбінована** схема.

При **центральной схемі вентиляції** шахти (рис.17.1) повітря надходить в шахту і виходить з неї через стовбури в центрі шахтного поля.



Рисунок 17.1 – Центральна схема провітрювання шахти

Схема застосовується при обмежених розмірах шахтного поля за простяганням і відносно невеликої потужності шахти, веденні робіт на глибоких горизонтах; забезпечує швидке введення в дію головного вентилятора і створення наскрізного струменя при будівництві шахти; характеризується великою протяжністю шляху руху повітря, наявністю паралельних струменів чистого та забрудненого повітря, їх неодноразовими перетинами і, як наслідок, великими витокками і депресією шахти.

Різновид центральної схеми – схема з центрально-віднесеним розташуванням вентиляційного стовбура.

При фланговій схемі вентиляції шахти повітря надходить в шахту через стовбур в центрі шахтного поля і виходить через стовбури (шурфи), розташовані на флангах (рис.17.2).



Рисунок 17.2 – Флангова схема провітрювання шахти

Схема застосовується на неглибоких шахтах, коли неможливо або нецільно підтримувати єдиний в горизонт; практично виключає зустрічний рух вхідного і вихідного струменів; довжина шляху руху повітря, витокки і депресія шахти менше, ніж при центральній схемі. Однак за схемою потрібно не менше трьох вентиляційних стовбурів і звичайно не менше двох вентиляційних установок; у період підготовки шахтного поля вентиляція шахти затrudнена.

Різновиди флангової схеми:

- крилова – єдина виробка для вихідного струменя на все крило;
- групова – виробка для вихідного струменя проходиться на кожному групі дільниць крила;
- дільнична – виробка для вихідного струменя проходиться на кожній дільниці.

При невеликих і середніх розмірах шахтних полів, невеликої потужності та багатогазовості шахти застосовують єдині схеми вентиляції шахти. На великих шахтах з високою багатозагазованістю, при об'єднанні кількох шахт і розробці однією шахтою декількох віддалених один від одного пластів, використовують секційні схеми вентиляції шахти, при яких шахтне поле ділиться на відокремлено вентилязовані секції.

Способи вентиляції шахти:

- всмоктувальний,
- нагнітальний,
- комбінований (нагнітально- всмоктувальний).

При **всмоктувальному способі вентиляції** шахти вентилятор відсмоктує повітря з шахти, створюючи в ній розрідження; в результаті чисте повітря через виробки, що подають повітря, всмоктується в шахту.

При цьому можливо всмоктування повітря з поверхні через зони обвалення (за наявності тріщин, що досягають поверхні). Спосіб застосовується на багатих на газ вугільних шахтах до глибини 1500 м.

При **нагнітальному способі вентиляції** шахти вентилятор нагнітає повітря з поверхні в шахту; застосовується на неглибоких шахтах, при невеликому газовиділенні й аеродинамічному опорі вентиляційної мережі, аеродинамічний зв'язок виробок з поверхнею через зони обвалення, при фланговій схемі вентиляції шахти.

При **комбінованому способі вентиляції** шахти один вентилятор працює на нагнітання, інший – на всмоктування; застосовується при великому аеродинамічному опорі вентиляційної мережі шахти, розробці корисних копалин, схильних до самозаймання (при аеродинамічному зв'язку виробок з поверхнею через зони обвалення), при фланговій схемі вентиляції.

Для розрахунку витрати повітря для вентиляції шахти (кількість повітря, що подається в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{с}$ або $\text{м}^3/\text{хв}$) використовують **повибійний, загальношахтний і статичний методи**.

При **повибійному** методі витрата повітря визначається як сума витрат на окремих ділянках (вибоях, камерах тощо); дозволяє найбільш повно врахувати особливості вентиляції шахти.

При загальношахтному методі витрата повітря розраховується для шахти в цілому по узагальнених показниках (добовий видобуток шахти, витрата вибухових речовин і ін.) і загальношахтних коефіцієнтах запасу.

Метод відрізняється простотою, однак недостатньо враховує специфіку вентиляції шахти.

Статичний метод оснований на припущенні рівномірного розподілення шкідливих домішок по всьому об'єму потоку; не враховує динаміку переносу шкідливих домішок.

Витрата повітря для вентиляції окремих ділянок розраховується по газовиділенню, нфйбільшій кількості людей, зайнятих у зміну; витраті вибухових речовин, пилу, тепла; для подальших розрахунків приймається найбільше з підрахованих значень.

Одна з проблем вентиляції шахти – виток повітря, який відбувається через вентиляційні споруди в шахті і на поверхні, обвалені породи, порушені цілики.

Вони зменшують надходження повітря до ділянок споживання, можуть викликати порушення вентиляції шахти.

Для компенсації витоків збільшують подачу повітря в шахту.

Боротьба з ними ведеться герметизацією вентиляційних споруд, ізоляцією вироблених просторів, використанням польових виробок, раціональних схем вентиляції, зниженням загальношахтної депресії.

Важливе завдання вентиляції шахти – забезпечення безпеки людей при аваріях (пожежах, вибухах газу і пилу, раптових викидах вугілля і газу) і їх ліквідація.

Вимоги до вентиляції шахти при аваріях:

- попередження поширенню отруйних газів по шахті;
- швидке і надійне реверсування вентиляційних струменів;
- попередження утворення небезпечних концентрацій вибухових газів.

Режими вентиляції шахти при аваріях:

- нормальна вентиляція; зменшення або збільшення витрати повітря;
- припинення вентиляції; реверсування.

Вентиляція шахти забезпечується вентиляційною службою шахти, до завдань якої входить контроль правильності розподілу повітря по виробках та дотримання норм подачі повітря на ділянки споживання, контроль якісного складу повітря, проведення повітряних і депресійних зйомок, ремонт вентиляційних виробок і споруд.

Для підвищення ефективності та надійності вентиляції шахти здійснюють автоматизацію керування на основі дистанційного контролю параметрів вентиляції шахти, застосовують ЕОМ.

Рекомендується також вивчити основні літературні джерела [19] – [24].

17.2 Вентилятори головного провітрювання

Всі вугільні шахти повинні провітрюватися механічним вентиляційним обладнанням (вентиляторами ВОД, ВОК, ВОКД, Вокр ВОД-11, ВОД-16, ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 і ВОД-50, ВЦ, ВЦО, ВЦД, ВШЦ, ВРЦД, ВЦП, ВЦЗ і ін.).

Шахта може мати один вентилятор або може провітрюватися декількома вентиляторами залежно від свого розміру і потреби повітря.

Ці вентилятори повинні подавати достатню кількість повітря для повного провітрювання шахти.

Повітря може подаватися в шахту нагнітанням або може витягуватися з шахти витяжною вентиляцією.

Вентилятори головного провітрювання можуть бути відцентрові, осьові вентилятори з поворотними лопатками і осьові вентилятори з автоматичним регулюванням потоку повітря - всі вони мають високий ККД і надійність відповідно до вимог стандартів.

Ці вентилятори можуть змінювати свій режим роботи в процесі роботи шахти. У відцентрових вентиляторах це досягається додаванням знімних закріпків до лопаток робочого колеса або поворотом лопаток вручну або автоматично.

Існують певні вимоги з установа й експлуатації вентиляторів головного провітрювання.

Для шахт, небезпечних за вмістом газу метану, вентилятори повинні:

- встановлюватися на поверхні;
- розміщуватися в пожаробезпечному провітрюваному приміщенні;
- розташовуватися на вибухонебезпечній відстані від шахти;
- оснащуватися сигнальними пристроями, які спрацьовують при уповільненні або зупинці вентилятора.

Вентилятори головного провітрювання в шахтах, небезпечних за вмістом газу метану, повинні оснащуватися електричними пристроями для швидкого реверсування потоку повітря.

17.3 Вентилятори місцевого провітрювання

Невеликі вентилятори (ВМП), розташовані біля місць роботи, називаються вентиляторами місцевого провітрювання.

Вентилятори місцевого провітрювання мають деякі переваги над звичайними засобами подачі повітря у вибій (перемичками). Перемичка часто використовується для поділу проходу, щоб направляти повітря у вибій.

Вентилятори місцевого провітрювання повинні бути встановлені і працювати таким чином, щоб запобігти рециркуляції повітря. Її можна усунути реверсуванням потоку повітря у вентиляторі. Якщо вентилятор місцевого провітрювання носить більш повітря, ніж подає вентилятор головного провітрювання, то відбудеться рециркуляція повітря.

Вентиляція тупикових виробок зазвичай здійснюється за допомогою вибухозахищених вентиляторів ВМ, які вбудовані у вентиляційні труби діаметром 400, 500, 600, 800, 1200 мм. Подача повітря вентилятором може змінюватися за допомогою напрямного апарата.

17.3.1 Нагнітальний спосіб провітрювання

Цей спосіб має найбільше поширення.

Він особливо ефективний при довжині виробок до 300 м, і тільки цей спосіб застосовується для провітрювання виробок, небезпечних за вибухами газу або пилу.

При нагнітальному способі свіже повітря подається по вентиляційному трубопроводу, що прокладається по всій виробці, а забруднене витісняється безпосередньо з виробки.

Відповідно до ПБ трубопровід повинен відставати від вибою в горизонтальній виробці не більше ніж на 8 м, а у вертикальній – не більше ніж на 5 м.

Основною перевагою цього способу є те, що свіже повітря з трубопроводу надходить безпосередньо до вибою, де працюють люди.

Трубопровід працює під надлишковим внутрішнім тиском, тому при нагнітальному способі можуть використовуватися як жорсткі, так і м'які вентиляційні труби.

Далекобійність струменя повітря, що виходить біля вибою виробки з трубопроводу, залежить від його швидкості руху в трубопроводі та площі перерізу виробки.

Для збільшення дальності струменя повітря доцільно на кінці трубопроводу використовувати конусну насадку.

Нагнітальний вентилятор встановлюється на відстані не менше 10 м від гирла провітрюваної виробки.

Якщо цієї вимоги не дотримуватися, то частина повітря вихідного струменя на гирлі виробки може знову потрапити в вентилятор, і буде відбуватися рециркуляція.

Якщо нагнітальний вентилятор встановлюється на наскрізному струмені основної виробки, то для виключення рециркуляції необхідно також, щоб подача вентилятора не перевищувала 70% подачі повітря по основній виробці за рахунок загальношахтної депресії.

Недоліком нагнітального способу є те, що з привибійної частини виробки газу видаляються, що утворюються при вибухових роботах, і поширюються по всій довжині виробки. Це виключає виконання будь-яких робіт у виробці до закінчення її провітрювання.

17.3.2 Всмоктувальний спосіб провітрювання

При провітрюванні цим способом свіже повітря надходить безпосередньо з виробки, а забруднене видаляється по трубопроводу.

Всмоктувальний спосіб доцільний для провітрювання протяжних виробок, оскільки незалежно від довжини виробки не забруднюється, за винятком привибійної частини, отруйними продуктами вибуху.

Основний недолік методу полягає в тому, що в ході провітрювання біля вибою не відбувається інтенсивного перемішування повітря. Зона розрідження, з якої вентилятором засмоктується повітря, має невелику глибину. Внаслідок цього у вибої можуть утворюватися області застою з високою концентрацією отруйних газів. У зв'язку з цим недоліком всмоктувальний спосіб не ефективний у виробках з великою площею поперечного перерізу.

Крім того, при всмоктувальному способі вентиляційний трубопровід на ділянці від вибою виробки до вентилятора працює під відсутнім тиском. Отже, тут виключається застосування «м'яких» труб. Спосіб не можна застосовувати в виробках, небезпечних за вибухами газу або пилу.

17.3.3 Комбінований спосіб провітрювання

При використанні цього способу по всій виробці прокладається тільки трубопровід, по якому із вибою відсмоктується забруднене повітря, а у привибійній частині – додатково трубопровід для подачі до вибою свіжого повітря. Таким чином, в комбінованому способі поєднуються переваги нагнітального і всмоктувального.

Нагнітальний вентилятор встановлюється за межами зони, забрудненою шкідливими газами і пилом при вибухових роботах. Протяжність цієї зони визначається розрахунком залежно від маси заряду, вибухової речовини, його властивостей і площі поперечного перерізу виробки.

У середньому ця величина складає близько 50 м. Комбінований спосіб особливо доцільний для провітрювання протяжних виробок з великою площею поперечного перерізу.

Однак, як і всмоктувальний, він не може застосовуватися у виробках, небезпечних за вибами газу або пилу.

17.4 Дегазація вугільних пластів

Дегазація родовища – це природні або штучні процеси видалення газів з їх вугільних пластів, вміщуючих породи (скупчення вільних газів у зонах тектонічних порушень).

Мета дегазації – зниження надходження газу в гірничі виробки, запобігання його раптових виділень.

Залежно від форми і генезису газового скупчення, величин природної газопроникності і газоносності пластів, інтенсивності зміни природної системи «вугілля (порода) – газ – природне середовище» під впливом гірничих робіт, характеру впливів на джерело газу, термінів ведення гірничих робіт і дегазації, схеми буріння дегазаційних (газозбиральних) свердловин застосовуються:

- завчасна дегазація в межах шахтних полів;
- захисна дегазація, попередня дегазація;
- передова дегазація, дегазація суміжних вугільних пластів-супутників;
- дегазація вироблених просторів відпрацьованих і діючих виїмкових діляниць;
- дегазація зон тріщинуватих порід поблизу геологічних порушень закритого типу;
- комплексна дегазація.

Дегазація буває:

– **пасивною**, при якій джерело інтенсивного виділення газу в гірничій виробці ізолюється від шахтної атмосфери та каптований газ виводиться або за межі небезпечної ділянки в струмінь повітря для розрідження до допустимих норм, або на денну поверхню;

– **активною**, коли процеси збору та ізолюваного від гірничих виробок виведення газу і виведення його на поверхню виробляються під вакуумом, створюваним спеціальними іскробезпечними водокільцевими вакуум-насосами.

Завчасна дегазація здійснюється через вертикальні свердловини, пробурені з поверхні до вугільних пластів до початку гірничих робіт.

Для підвищення газопроникності та інтенсивності газовіддачі пласти обробляються з поверхні через свердловини гідропіскоструминним і гідророзкривним способами.

Захисна дегазація застосовується при проходці виробок по газоносних пластах і породах за дебітом метану в одиночну виробку понад 3 м³/хв.

При цьому види дегазації в обидві сторони від прохідної виробки через 20 м – 60 м по її довжині бурять довгі (до 100 м) дегазаційні свердловини діаметром 80 мм – 150 мм, які служать бар'єром газу, який рухається у виробці. Відсмоктування газу зі свердловини під вакуумом до 20,6 кПа знижує на 50% – 70% метановість виробки.

Попередня дегазація розроблюваних пластів свердловинами діаметром 80 мм – 150 мм здійснюється для зниження природної газоносності пласта і тиску метану в пласті до початку очисних робіт у шахтному полі; зменшується також небезпека раптових викидів газу і вугілля.

Дегазаційні свердловини бурять з пластових або польових виробок за підняттям, падінням і простяганням пласта. Найбільш ефективні підняттяві свердловини, пробурені через 10 м – 20 м один від одного на всю висоту поверху.

Схема розташування свердловин і частота буріння (відстань між сусідніми свердловинами) залежать від:

- способу підготовки ділянки;
- застосовуваної системи розробки;
- інтервалу між закінченням буріння свердловин і початком очисного виїмання;
- величини газопроникності пласта і швидкості посування лави.

Максимальна ефективність попередньої дегазації 50 % – 60%.

Для підвищення газопроникності застосовується підземний гідророзрив і фізико-хімічна обробка пласта слабкими розчинами кислот, що сприяє розчиненню частини складових компонентів пласта.

Передова дегазація пласта свердловинами застосовується в комплексі з попередньою дегазацією для підвищення ефекту дегазації на 15% – 30%.

При передовій дегазації використовується ефект впливу рухомого очисного вибою на напружено-деформований стан пласта попереду лінії вибою.

Дегазація суміжних підроблюваних і надроблюваних пластів свердловинами призначається для істотного зниження метаноємності виробок виїмкової ділянки пласта, що виймається з випередженням по відношенню до решти пластів світи.

При дегазації суміжних пластів використовується ефект їх розвантаженням від підробки або надробки, що активізує процес десорбції газу з суміжного пласта. При підробці і надробці суміжних пластів підвищується їх газовіддача в зонах розвантаження і розшарування. Газ, що виділяється, вловлюється через свердловини і надходить до дегазаційної системи шахти.

Виймання захисних пластів (найбільш дієвий противикидний регіональний захід) в комплексі з дегазацією суміжних (підзахисних викидонебезпечних) пластів сприяє більш ефективному випереджаючому відпрацюванню захисних пластів.

Дегазація суміжних пластів дає максимальний ефект зниження багатозагозованості шахт за рахунок відсмоктування газу з найбільшого джерела газу – вироблених просторів. Дегазація суміжних пластів фланговими свердловинами дозволяє відсмоктувати до 90% всього газу в межах шахтного поля.

Дегазація вироблених просторів – процес видалення концентрованих метано-повітряних сумішей з вироблених просторів при вийманні пластів з великими втратами вугілля (по потужності або в ціликах вугілля) і суміжних пластів, що залягають на близькій відстані від розроблюваного (в межах зони безладного обвалення бічних порід). Дегазація вироблених просторів здійснюється за допомогою відводів газопроводу, введених в ізольований від воздухопровідних виробок вироблений простір, або коротких свердловин, пробурених у куполи обвалених бічних порід.

Комплексна дегазація – поєднання різних способів і схем дегазації для максимально можливого штучного зниження метаносності шахт.

Ефективність комплексної дегазації досягає 80 % – 90%.

17.5 Індивідуальні засоби захисту

Індивідуальні засоби захисту – це спеціальні засоби, безпосередньо використовувані працюючими для зменшення або запобігання впливу на організм шкідливих виробничих факторів.

На підприємствах гірничої промисловості індивідуальні засоби захисту оберігають робітників і службовців від високих або низьких температур, підвищеної або низької вологості повітря, пилу та ін.

За призначенням розрізняють види індивідуальних засобів захисту:

- спеціальний одяг і взуття;
- засоби захисту органів дихання (протигазу, респіратори та ін.), рук, голови, органів слуху, зору й обличчя.

До індивідуальних засобів захисту відносяться також запобіжні та рятувальні пояси, діелектричні килимки і т.п.

Призначення спецодягу – захищати робітників від несприятливого впливу зовнішнього середовища (механічного, хімічного і термічного), не порушуючи при цьому терморегуляції організму.

Основними вимогами, що пред'являються до спецодягу, є її повітро-паропроникність і водотривкість. Крім того, вона не повинна утрудняти рухів робітника.

Для виготовлення спецодягу використовують змішані (з натуральних волокон у суміші з синтетичними) тканини, оброблені спеціальними розчинами і які володіють високою зносостійкістю і хорошими захисними властивостями.

При роботі з кислотами і лугами застосовують костюми з вовняної та синтетичної тканини або з тканини зі спеціальними розчинами.

Для захисту від води та інших частих рідин використовують одяг із лляних тканин або зі спеціальним просоченням. Захисні якості спецодягу для умов обводнених гірничих виробок забезпечуються також застосуванням гумового текстилю або тканин з гумовим покриттям.

Захист від пилу досягається з використанням тканин підвищеної щільності, але які мають достатню повітро-і вологопроникність для працюючих в обводнених шахтах.

Для захисту ніг працюючих від механічних пошкоджень, температурних впливів (опіків, перегріву, охолодження, промокання), від дії різних агресивних речовин (кислот, нафти, нафтопродуктів, органічних розчинників) служить спеціальне взуття.

Велике значення має повітро-і паропроникність, а також гігроскопічність матеріалу, з якого виготовляється верх взуття. Чим вище вологопоглинання і вологовіддача матеріалу, тим вищі його гігієнічні властивості.

На гірничих підприємствах застосовується взуття: гумове (чоботи гумові клейові, формові з жорсткими носками, чуні гумові формові, напівчоботи загального призначення), шкіряне і валяне.

Для захисту від ураження електричним струмом служать спеціальні діелектричні чоботи, боти і галоші.

Для попередження запалення навколосуглобових сумок колінних і ліктьових суглобів, що призводять до захворювання бурситом, використовують наколінники і налокітники, застосовують пластини мікропористої гуми товщиною 8 мм – 12 мм, що укладаються в спеціальні кишені на брюках і рукавах куртки.

При виконанні виробничих операцій, при яких кисті рук працюючих стика-

ються з шкідливими речовинами, здатними викликати шкірні захворювання, термічні опіки та ін., користуються засобами для захисту рук (рукавиці, рукавички); для шахтних умов передбачаються накладки на долонній і тильній частинах.

Для основи і накладок використовуються ті ж тканини, що і для спецодягу, в тому числі з гумовим покриттям.

Для захисту від ураження електричним струмом служать спеціальні діелектричні рукавички.

Одне з основних індивідуальних засобів захисту голови на гірничих підприємствах – каски (застосовують також шоломи, шапки, косинки).

Випускають три типи поліетиленових касок:

- для підземних експлуатаційних робітників;
- прохідників і робітників з обслуговування вертикальних стовбурів;
- робочих поверхні шахт – з матеріалом, що утеплює підшоломник для зимового часу.

Важливим елементом захисту органів слуху працюючого від інтенсивних виробничих шумів є протишуми (наушники, вкладиші).

За величиною ослаблення рівня шуму, маси і сили притиснення протишуми поділяються на групи.

Для запобігання падінню людей з висоти або при пересуванні по вертикальних і похилих гірничих виробках використовують запобіжні пояси, індивідуальні канатні парашути (підвішуються на страхувальний канат, протягнутий уздовж виробки), інші запобіжні пристрої.

Перелік захисних засобів і терміни їх зношення регламентуються галузевими нормами. На всіх роботах зі шкідливими умовами праці або на роботах, виконуваних у несприятливих температурних умовах, за цими нормами робітникам і службовцям видають безкоштовно спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристосування.

Запобіжні пристосування (діелектричні калоші і рукавички, протигази та ін.), коли вони не вказані в галузевих нормах, можуть бути видані робітникам і службовцям на термін носіння «до зносу» або як «чергові».

Індивідуальні засоби захисту, що видаються робочим, вважаються власністю підприємства і підлягають поверненню при звільненні або переведенні на роботу, для якої видані засоби не передбачено нормами, а також після закінчення терміну носіння замість одержуваних.

У тих випадках, коли індивідуальні засоби захисту вийшли з ладу раніше встановленого терміну з причин, незалежних від робітника або службовця, адміністрацією спільно з представником комітету профспілки складається акт. Засоби захисту, які прийшли в непридатність замінюються безкоштовно новими.

Ремонт, дезінфекція (прання) індивідуальних засобів захисту здійснюється адміністрацією за рахунок підприємства у вихідні дні або між змінами, коли робітник не зайнятий на виробництві.

У період експлуатації саморятівників, діелектричних калош або рукавичок, запобіжних поясів та інших засобів відповідно до встановлених термінів виконуються випробування і перевірка їх справності, після чого робиться відмітка (клеймо) про термін подальшої перевірки.

17.6 Основні правила поведінки робітників у шахті

1. Робітники повинні пройти навчання і вміти користуватися приладами контролю метану, такими як шахтні інтерферометри (типу ШІ), сигналізатори метану (типу «Сигнал» та СММ), метаносигналізатори, суміщені з шахтним головним світильником (типу СМС).

2. У виробках, де працюють робітники, необхідно забезпечувати збереження стаціонарної автоматичної апаратури контролю метану (АКМ): стежити за цілісністю корпусів датчиків метану, захисних стекол приладів, оболонок кабелів; не розкривати прилади та не порушувати встановленні на них пломби; не допускати перекриття жалюзійних решіток датчиків.

3. При зупинці головного або допоміжного вентилятора або при інших порушеннях провітрювання виробок (зупинка вентилятора місцевого провітрювання, руйнування вентиляційних споруд і ін.) робітники повинні негайно припинити роботу, відключити працюючі механізми, попередити інших робітників, які перебувають у виробці, і вийти до виробки зі свіжим струменем повітря, повідомивши про порушення провітрювання бригадира (ланкового) або особу з нагляду за ділянкою, а при їх відсутності – гірничого диспетчера. Якщо зупинка головного вентилятора триває більше 30 хв, необхідно вийти до стовбура, що подає свіже повітря.

4. Необхідно пам'ятати, що переривчастий звуковий і світловий сигнали переносного сигналізатора метану («Сигнал», СММ і ін.), світловий сигнал датчика стаціонарної автоматичної апаратури контролю метану (АКМ), переривчастий звуковий і світловий сигнали метан-реле (ТМРК), встановленого на виймальному і прохідницькому комбайнах; переривчастий світловий сигнал метансигналізаторами (СМС), поєднаний з шахтним головним світильником, свідчать про загазування виробки.

5. Виявивши загазування виробки по звуковій (світловій) сигналізації автоматичного приладу контролю метану або за показаннями шахтного інтерферометра, цифрового індикатора сигналізатора метану, необхідно негайно при-

пинити роботу, відключити працюючі механізми, попередити інших робітників, які перебувають у виробці, і вийти до виробки зі свіжим струменем повітря, повідомивши про це бригадира (ланкового) або особу з нагляду за ділянкою, а при їх відсутності гірничого диспетчера.

6. Збільшення частоти миготіння лампи метансигналізатора, поєднаного з шахтним головним світильником, або метансигналізаторами інших робітників, які перебувають у виробці, сигналізує про різке наростання вмісту метану в атмосфері виробки, наприклад, перед раптовим викидом вугілля і газу, при прориві метану з ґрунту та ін. Тому, припинивши роботу і попередивши робітників, які перебувають у виробці, необхідно виходити із загазованої виробки на свіжий струмінь повітря, включившись в ізолюючий саморятівник. Вийшовши до виробки зі свіжим струменем повітря, необхідно повідомити про те, що трапилося особі з технічному нагляду за ділянкою або гірничому диспетчеру.

7. При отриманні попередження про загазування виробки або порушенні її провітрювання треба негайно припинити роботу, відключити працюючі механізми і вийти до виробки зі свіжим струменем повітря.

8. Якщо Ви бригадир або ланковий, то, виявивши або отримавши повідомлення про загазування виробки або порушенні її провітрювання, повинні негайно припинити роботу, відключити працюючі механізми, вивести робітників до виробки зі свіжим струменем повітря, повідомивши про це особу з нагляду за ділянкою або гірничого диспетчера.

9. Якщо Ви машиніст гірничих виїмкових машин (виїмкових і прохідницьких комбайнів, врубових машин, бурових установок), то, в разі виявлення біля зазначених машин місцевих скупчень метану, що досягають 2% і більше, зобов'язані негайно припинити роботу, зупинити машини і зняти напругу з кабелю живлення. Якщо буде виявлятися подальше зростання концентрації метану біля машин або протягом 15 хв вона не знизиться, то Ви повинні попередити робітників, які перебувають у виробці, і вийти разом з ними на свіжий струмінь, повідомивши про це гірничого диспетчера.

10. Не можна без дозволу осіб технічного нагляду перебувати в виробках, за якими буде рухатися вихідний струмінь з розгазованої виробки, заходити за пости і знаки, що забороняють підхід людей до цих виробок, а також знімати і переносити заборонні знаки.

11. Не можна заходити одному до виробки в неробочі для шахти дні (зміни), а також у віддалені виробки шахти. У такі виробки повинні спрямовуватися не менше двох робочих за наявності у них переносного автоматичного приладу контролю метану («Сигнал», СММ, СМС) і тільки за вказівкою осіб технічного нагляду.

Категорично забороняється заходити в непровітрювані, заперемичені та захарашені виробки.

12. Перед початком робіт в очисних і підготовчих виробках, що проводяться по вугільних пластах, необхідно візуально переконатися в пиловибухобезпеці виробки. Якщо виробка пиловибухобезпечна, працювати в ній заборонено.

Перевірка пиловибухонебезпечних виробок, в яких для попередження вибухів вугільного пилу застосовуються методи, основані на використанні води, повинна проводитися шляхом перевірки стану відкладеного вугільного пилу на поверхні вентиляційних труб, обладнання, елементів кріплення й ін.

Виробка вважається пиловибухобезпечна, якщо в ній немає помітного сухого пилу і при плесканні рукою по поверхні устаткування пил не переходить у зважений стан, а в місцях інтенсивного пиловідкладення вугільна дрібниця (штиб), набрана з ґрунту, при стисненні в руці комкується. Осланцьована виробка вважається пиловибухобезпечною, якщо в ній немає поверхонь, не покритих інертним пилом, і поверх інертного пилу немає скупчень вугільного пилу.

13. Не можна, без дозволу осіб технічного нагляду відновлювати роботи у виробці, яка була загазована або провітрювання якої було порушено, а також подавати напругу на устаткування, що знаходиться в загазованій виробці.

14. У шахті категорично забороняється палити, проносити в шахту курильні приналежності, користуватися відкритим вогнем, розкривати в шахті індивідуальні світильники.

15. Перед включенням, розкриттям і ремонтом електрообладнання необхідно попередньо заміряти вміст метану в місці його розташування.

16. Якщо Ви машиніст електровоза, то перш ніж включити електровоз в будь-якій виробці, в тому числі і у виробці зі свіжим струменем повітря, необхідно зробити виміри концентрації метану біля електровоза. Перед заїздом електровоза в тупикові виробки і до виробок з вихідним струменем повітря необхідно зробити виміри концентрації метану біля електровоза, а також попередньо провести контроль вмісту метану в гирлі виробок.

17. Якщо Ви працюєте на викидонебезпечному і загрозовому за раптовими викидами вугілля і газу вугільному пласті, то повинні бути ознайомлені і зобов'язані знати передбачені в паспортах виїмкових дільниць проведення та кріплення підземних виробок заходи щодо боротьби з раптовими викидами вугілля і газу.

18. Не можна починати роботи з виймання вугілля на викидонебезпечному і загрозовому за раптовими викидами вугільному пласті поки не будете ознайомлені гірничим майстром з результатами прогнозу викидонебезпечності

та контролю ефективності способу запобігання викидів, які відзначаються на дошках, встановлених біля вибоїв виробок.

Забороняється проводити виймання вугілля, якщо заходи по боротьбі з раптовими викидами не виконані або не підтверджена їх ефективність, прогноз викидонебезпечності не проводився або його результати вказують на наявність небезпечної щодо викидів зони.

19. Необхідно також отримати інструктаж про запобіжні ознаки раптового викиду вугілля і газу, характерних для вугільного пласта у вибої виробки, в якій Ви працюєте, і запам'ятати їх. При виявленні ознак раптового викиду вугілля і газу треба негайно припинити роботу, зупинити машини і механізми, зняти напругу з живлячого їх кабелю, попередити робітників, які перебувають у виробці, і разом з ними вийти до виробки зі свіжим струменем повітря, повідомивши про це бригадира (ланкового) або особу з нагляду за ділянкою, а при їх відсутності гірничого диспетчера.

20. Вас повинні ознайомити з місцями розташування у виробках засобів життєзабезпечення. Ви повинні вміти користуватися засобами життєзабезпечення, а також знати найкоротші шляхи виходу на свіжий струмінь повітря від місця роботи.

21. У разі раптового викиду вугілля і газу необхідно:

- негайно включитися в ізолюючий саморятівник;
- переключити індивідуальний світильник;
- вимкнути машини і механізми, а також зняти напругу з живлячого їх кабелю;
- надати, якщо необхідно, допомогу робітникам, які знаходяться у виробці, і найкоротшим шляхом вийти в безпечне місце на свіжий струмінь повітря.

Контрольні питання до 17 розділу

- 1. Які схеми провітрювання застосовуються на шахтах?**
- 2. Для яких цілей служать вентилятори головного провітрювання?**
- 3. Для яких цілей служать вентилятори місцевого провітрювання?**
- 4. Коли застосовуються нагнітальний і всмоктувальний способи провітрювання?**
- 5. Коли проводиться дегазація вугільних пластів?**
- 6. Для яких цілей служать індивідуальні засоби захисту?**
- 7. Розкажіть про основні правила поведінки людей у шахті.**

18 ОРГАНІЗАЦІЯ Й КЕРУВАННЯ ШАХТОЮ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати структуру керування шахтою і функції керування гірничим підприємством [2]

18.1 Структура керування шахтою

Структура керування підприємством – це упорядкована сукупність взаємопов'язаних елементів, що знаходяться між собою в стійких відносинах, що забезпечують їх функціонування і розвиток як єдиного цілого.

За ієрархією керування в умовах гірського підприємства організаційна структура є двоступеневою – апарат керування шахти і ділянки.

В умовах організаційної структури керування функціональні підрозділи втрачають права розпорядження, прийняття рішень і керівництва нижчими структурними підрозділами; вони лише допомагають лінійному керівникові у виконанні окремих функціональних завдань силами своїх фахівців. Лінійні ланки приймають рішення, а функціональні – планують, координують, інформують.

До недоліків даної структури відносяться подовження шляху проходження інформації, підготовки і прийняття рішень (рис.18.1).

Основними завданнями шахти є:

- забезпечення виконання планів з видобутку вугілля, продуктивності праці та собівартості продукції;
- найбільш повне освоєння виробничої потужності;
- дотримання безпечних умов праці;
- раціональне використання трудових, матеріальних і грошових ресурсів.

Керівництво діяльністю шахти здійснює директор. Він несе повну відповідальність за результати її виробничо-господарської діяльності. Директор шахти має заступників, які очолюють окремі служби.

Директору шахти підпорядковані:

- служба головного інженера;
- служба головного механіка;
- заступник директора з виробництва;
- заступник директора з господарських питань;
- заступник директора з економіки;
- головний бухгалтер;
- відділ кадрів.

Основними виробничими ланками шахти є дільниці.

До основних відносяться дільниці:

- з видобутку вугілля;
- підготовчих робіт;
- гірничо-капітальних робіт.

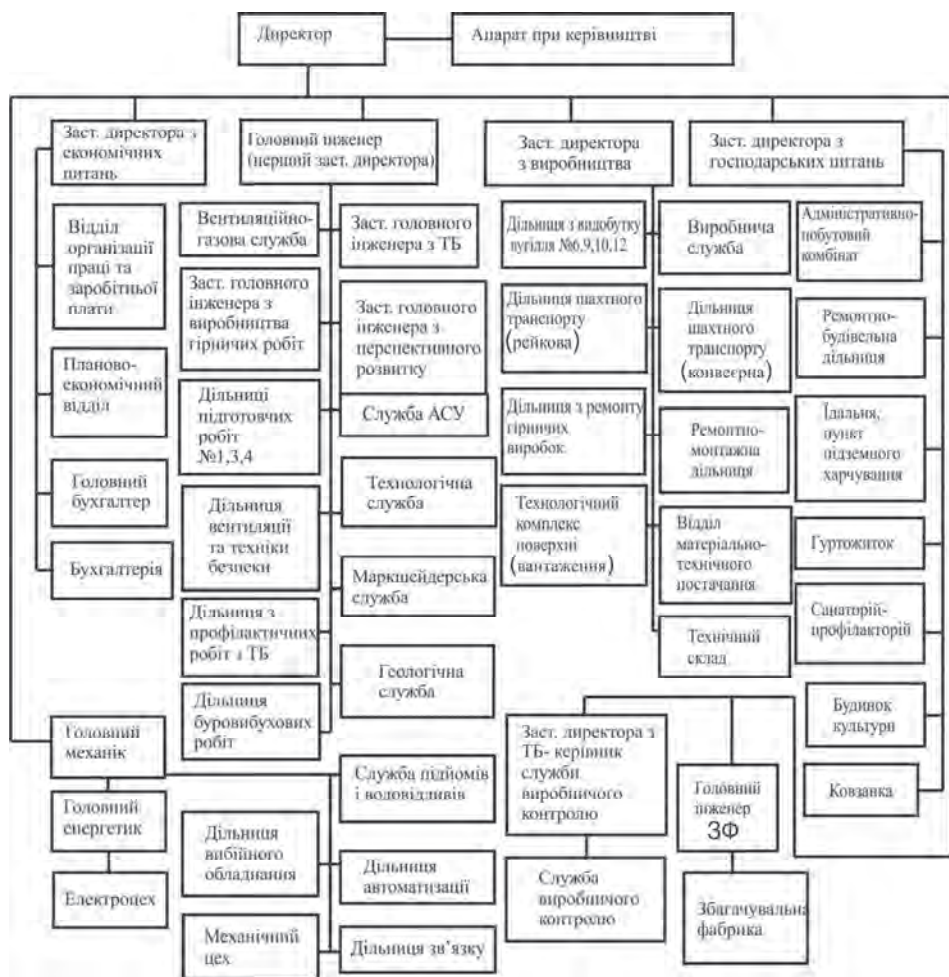


Рисунок 18.1 – Структура керування шахтою

До спеціалізованих відносять дільниці, що виконують певний вид робіт:

- з ремонту гірничих виробок;
- монтажна;
- вентиляції і техніки безпеки;
- вибухових робіт;
- профілактичних робіт з техніки безпеки;
- господарська;
- електромеханічні майстерні.

До допоміжних відносяться дільниці:

- шахтного транспорту;
- технологічного комплексу на поверхні;
- служба зв'язку;
- служба підземного контролю якості продукції.

18.2 Функції керування на гірничому підприємстві

Загальні функції керування:

1. Планування

Здійснення планово-економічних робіт з урахуванням максимального використання резервів виробництва на шахті здійснює економічна служба.

Планування являє собою стадію процесу керування, на якій визначаються цілі діяльності, необхідні кошти, розробляються ефективні методи керування підприємством.

Процес планування дозволяє формулювати цільові установки організації, використовувати систему показників діяльності для контролю результатів, координувати діяльність підрозділів і служб.

Органічною складовою частиною планування є складання прогнозу, що показує можливі напрями майбутнього розвитку організації, що розглядається в тісній взаємодії з навколишнім середовищем.

Прогнози на майбутнє і стратегічні плани складають основу поточних планів.

2. **Функція організації** – керування завданням, яким є формування структури шахти і забезпечення всім необхідним для її нормальної роботи (матеріалом, персоналом, обладнанням). Вона створює реальні умови для досягнення цілей, передбачених в планах шахти.

Головне тут – робота з персоналом, розвиток стратегічного і економічного мислення менеджерів, підтримка працівників підприємницького складу, схильних до оптимального ризику і нововведень.

3. **Мотивація** – діяльність, що має на меті активізувати людей, які працюють на шахті, і спонукати їх ефективно трудитися для досягнення поставлених у планах цілей.

Для цього шахта здійснює економічне і моральне стимулювання, збагачується зміст праці і створюється умови прояву творчого потенціалу працівників і їх саморозвитку. Здійснюючи цю функцію, керівники повинні постійно впливати на фактори результативної роботи членів трудового колективу. До них відносяться: різноманітність роботи з утримання, зростання і розширення професійної кваліфікації працюючих, матеріальне і моральне заохочення працівників, підвищення відповідальності, можливість прояву ініціативи.

4. **Контроль** – управлінська діяльність, завданням якої є кількісна та якісна оцінка і облік результатів роботи.

Головними інструментами є спостереження, перевірка, облік і аналіз.

Процес контролю складається з усталених стандартів, вимірювання фактично досягнутих результатів і проведення коригувань, в тому випадку, якщо реальні результати відрізняються в гіршу сторону від прийнятих у планах підприємства.

Ефективно поставлений контроль повинен мати стратегічну спрямованість, орієнтуватися на результати, бути своєчасним, але досить простим.

5. **Координація** – функція процесу керування, що забезпечує його безперервність (безперервність).

Головне завдання координації – досягнення узгодженості в роботі всіх ланок організації шляхом встановлення раціональних зв'язків між ними. Характер зв'язку може бути різним і залежить від координованих процесів, але найбільш часто використовуються звіти, доповіді, проведення зборів, комп'ютерний та телефонний зв'язок, документація. За допомогою цих форм зв'язку встановлюється взаємодія між підсистемами організації. Здійснюється маневрування ресурсами, забезпечується єдність всіх функцій керування і узгоджуються дії керівників.

Конкретні функції керування

Конкретна функція керування є результатом поділу управлінської праці, тому що відображає специфіку виробництва.

Конкретні функції керування містить у собі значний обсяг робіт, який виконується управлінськими підрозділами відповідно до закріплених за ними обов'язками.

Ці функції відповідають на питання, що має бути зроблено?

Набір конкретних функцій містить:

- керування основним виробництвом;
- керування допоміжним і обслуговуючим виробництвом;
- керування якістю продукції;
- керування персоналом;
- керування постачанням;
- керування збутом вугілля;
- керування фінансами на підприємстві;
- керування соціальним розвитком.

18.3 Застосовувані методи керування на шахті

Методи керування:

1 Організаційні методи

За їх допомогою організація проектується, створюється; її діяльність нормується, регламентується і забезпечується інструкціями; фіксуються права і обов'язки персоналу, відповідальність за різні ситуації.

До організаційних методів належать:

- методи формування організаційної структури;
- методи проведення різних заходів;
- методи організації взаємодії між структурними підрозділами.

Організаційний вплив реалізується за допомогою регламентування та інструктування.

2 Адміністративні методи

Їх застосування може супроводжуватися заохоченнями або санкціями щодо виконавців за успішну або неуспішну роботу. Принциповою особливістю є їх суб'єктивність і орієнтир на досягнення заданої результативності.

Ці методи заохочують старанність, а не ініціативу.

3 Соціально-психологічні методи

Вони припускають два напрямки впливу на поведінку працівників.

З одного боку, вони спрямовані на формування сприятливого морально-психологічного клімату в колективі, розвиток доброзичливих відносин між працівниками і зміна ролі керівника.

З іншого боку – на розкриття особистих здібностей кожного працівника і допомогу в його вдосконаленні, що призводить до максимальної реалізації людини і підвищення ефективності його трудової діяльності та трудової діяльності всього колективу.

Соціальні методи досліджують умови праці, кваліфікацію і професійний рівень працівників, захворюваність, виробничий травматизм, ступінь задоволення потреб людини.

Психологічні методи являють собою способи регулювання міжособистісних відносин шляхом створення в колективі оптимального психологічного клімату.

4 Економічні методи

Вони припускають не прямий, а опосередкований вплив на об'єкт керування.

Безпосереднім виконавцем встановлюються тільки цілі, обмеження і загальна лінія поведінки, в рамках яких вони самі шукають оптимальні способи вирішення проблем.

Своєчасне і якісне виконання завдань винагороджується різного роду грошовими виплатами, які на відміну від адміністративних методів є не просто заслуженими, а заробленими, тому що розмір винагороди безпосередньо залежить від досягнутого результату, то і працівник зацікавлений в його поліпшенні.

18.4 Обґрунтування напрямів і розробка заходів щодо підвищення ефективності менеджменту

Дефіцит професійних кадрів – вже об'єктивна ситуація в країні. У зв'язку з демографічною ситуацією, крім цього, ще й зменшується працездатне населення.

Існуюча система освіти не формує навички, необхідні працівникові в ринкових умовах. Брак знань в області менеджменту, маркетингу, керування персоналом та інше може виявитися негативним для організації в сучасних умовах. Тому особливе значення має здатність організації залучати або ж рости висококваліфікованих фахівців.

Навчання співробітників потрібно поєднувати з політикою утримання фахівців, щоб їх не переманили організації, готові запропонувати більш вигідні умови роботи підготовленим кадрам. Цього можна досягти тільки створивши такі умови, коли кожному співробітнику забезпечується кар'єрний і професійний ріст у рамках організації, коли кожен співробітник бачить чіткі індивідуальні перспективи.

Важливість безперервної освіти підтверджують такі основні фактори:

– впровадження нової техніки, технології, зростання комунікаційних можливостей створюють умови для ліквідації або зміни деяких видів робіт. У

зв'язку з цим необхідна кваліфікація не може бути гарантована базовою освітою;

– світ перетворюється в ринок без меж з високим рівнем конкуренції між країнами. Країни, що мають сучасну систему інженерної праці та програми безперервної освіти, лідирують в умовах цієї конкуренції. Вони мають можливість в найкоротші терміни відповісти на будь-який "виклик" підвищенням продуктивності інженерної праці;

– зміна в усіх сферах життя – головний елемент сучасності. Безперервні і швидкі зміни в технології та інформатиці вимагають безперервного навчання персоналу;

– для підприємства більш ефективно й економічно підвищення віддачі від уже працюючих співробітників на основі їх безперервного навчання, ніж залучення нових працівників.

Продуктивність праці підвищується набагато швидше, якщо відбувається спеціальне навчання: воно допомагає також економити значну частку коштів, що витрачаються через неякісне виконання робіт.

Навчання необхідне виконавцю і в тому випадку, коли змінюється зміст його роботи.

Такі зміни можуть відбуватися з багатьох причин.

Зміна навичок, необхідних співробітнику, може бути пов'язана з розширенням сфери його діяльності в міру зростання кваліфікації, а також з переміщенням або просуванням на нову посаду.

У ході грамотної організації навчання важливо усунути розриви між навичками, існуючими в даний момент; навичками, необхідними для виконання даної роботи в найближчому майбутньому, і навичками, які будуть потрібні в майбутньому для виконання нової роботи. Саме ці розриви можна заповнити в результаті навчання.

Якщо керівництво підприємства думає про впровадження нової технології, зміни методів роботи, запровадження нових структур, розширення діяльності підприємства або його злиття з іншим, у будь-якому випадку необхідно ретельно спланувати навчання, необхідне для того, щоб забезпечити ефективність змін.

Навчання не є чимось зовнішнім по відношенню до основної функції підприємства, навпаки, воно відіграє об'єднуючу роль в досягненні основних стратегічних цілей. Так як практично кожне підприємство діє в швидко мінливих умовах, та вміння і знання людей, необхідні їм в їх діяльності, також змінюються, причому все більш швидкими темпами.

Результати професійного навчання, в свою чергу, можуть бути виражені у вигляді:

- зростання прибутку;
- зростання обсягів продажів;
- зростання продуктивності праці працівників;
- збільшення потенціалу співробітників і всього підприємства в цілому;
- зниження витрат на забезпечення функціонування підприємства і т.д.

Стає очевидно, що розвиток персоналу вигідний будь-якій організації. Вкладені в людські ресурси інвестиції виправдовують себе завжди при розробці раціональної системи розвитку персоналу. І кожна організація може таким чином виховувати у себе саме таких співробітників, які їй потрібні.

Навчання промислового персоналу шахти дуже важливе, тому що вони працюють зі складним і дорогим обладнанням. Досконале знання і вміння працювати з цим обладнанням дозволить скоротити поломки обладнання через неправильне використання, скоротити час на його ремонт.

Для навчання промислово-виробничого персоналу бажано використовувати наставництво. Його також можна використовувати для менеджерів нижчої ланки. Навчання повинно проводитися періодично, а також у міру відновлення обладнання.

Наставництво – це один із способів передачі досвіду. Для того, щоб розвинути у індивіда певні навички, можна надати йому більш досвідченого наставника, який навчить його певної технології і методам роботи, а згодом допоможе вирішити всі проблеми, що виникають в ході роботи.

Наставником може виступати досвідчений працівник шахти.

Принципи наставництва:

- можливість регулярного спілкування;
- замість готових рішень наставник пропонує тільки ідеї і варіанти;
- наставник направляє підопічного і контролює його дії;
- узгодження дій наставника і підопічного у вирішенні проблеми.

У загальному сенсі наставництво – це процес допомоги з боку співробітників, які давно працюють в організації, молодим співробітникам. В основному це можна звести до наступного: передача знань накопичених в організації, і засвоєння норм поведінки, прийнятих на підприємстві.

Дослідники вказують, що наставництво не тільки сприяє підвищенню продуктивності праці, а й може принести підприємству значно більший прибуток, оскільки співробітники, які пройшли навчання під керівництвом наставника, більш широко і творчо виявляють свій творчий хист.

Дослідження показують, що нові співробітники, які вступили в успішні відносини наставництва-учнівства, здатні більше дізнаватися про справи, проблеми та цілі організації, ніж люди, у яких наставників немає.

Наставники покладаються на просування вже існуючих знань або професійних навичок.

Перевагою даного методу є можливість навчання прямо на робочому місці. Співробітникам не потрібно ламати голову над тим, як перенести знання з теорії на практику.

Для менеджерів нижчої і середньої ланок доцільно застосувати тренінг. Його необхідність полягає в навчанні персоналу працювати з комп'ютером, спеціалізованими комп'ютерними програмами, офісною технікою, Internet і т.д. Тренінги для формування досвіду є найкращим рішенням.

Під тренінгом розуміється захід, мета якого розвинути у його учасника певні навички.

Тренінг зазвичай будується таким чином, що його учасники можуть поглянути на свої проблеми з боку. Після цього складається своєрідний план виправлення помилок. Така форма роботи дає учням можливість розвивати набуті навички.

Тренінг може проводитися всередині підприємства або за його межами. Від традиційних форм навчання тренінг відрізняє мінімальна кількість теорії з упором на практику.

Можна сказати тренінг – це процес, за допомогою якого хтось вчиться новому вмінню або аспекту знання. В результаті індивідуум опанує інструментами для виконання певної роботи, внаслідок чого переходить від усвідомленого незнання до усвідомленої компетентності.

Тренінг професійних навичок використовується для:

- поповнення саме тих знань;
- виправлення недоліків у виконанні працівником посадових обов'язків;
- доведення до автоматизму навичок роботи в кризових ситуаціях;
- закріплення навичок роботи при виконанні особливо важливих функцій.

Для менеджерів середньої і вищої ланок навчання доцільно проводити за допомогою консультування і навчання в стилі коучинг.

Консультант зазвичай є фахівцем в певній галузі бізнесу або знань. До консультанта, як правило, звертаються люди, які потребують допомоги при вирішенні складних і специфічних проблем.

У ході консультування прояснюються причини виниклих проблем і здійснюється розгляд минулого особистісного досвіду в контексті подій, які

прийшли до справжнього стану речей, в результаті чого дається експертна позиція з даного питання.

Контрольні питання до 18 розділу

- 1. Які основні завдання вирішуються при керуванні шахтою?***
- 2. Які виробничі ланки існують на шахті?***
- 3. Які ділянки відносяться до спеціалізованих?***
- 4. Функції планування гірничого підприємства.***
- 5. Які методи керування існують на шахті?***

19 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Навчальні цілі: спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати, які особливості інвестування у вугільну промисловість, які альтернативи використання вугільних родовищ як джерела вуглеводневого палива

19.1 Інвестиційна привабливість вугільних шахт

У даний час в Україні розвідано великі запаси кам'яного та бурого вугілля, які представлені багатьма областями по регіонах (табл.19.1.).

Таблиця 19.1.

Назва регіону (області)	Запаси, млн т
Кам'яне вугілля	
Донецька	18549,0
Луганська	17984,2
Дніпропетровська	13986,1
Харківська	2081,1
Львівська	1364,7
Волинська	75,4
Всього по країні	54040,5
Буре вугілля	
Дніпропетровська	1578,7
Кіровоградська	801,3
Харківська	390,0
Черкаська	84,1
Закарпатська	39,2
Житомирська	11,0
Всього по країні	2904,3

За останні роки завдяки переоснащенню діючих шахт вдалося знизити собівартість видобутого вугілля і значно збільшити вуглевидобуток. Понад 70% видобутого вугілля споживається в Україні, решта експортується переважно в сусідні країни.

Однак великі борги шахт, низький рівень техніки безпеки, чи не врегульована законодавча база в області інвестиційної діяльності в галузі, тривалий період окупності витрат і високий ризик капіталовкладень роблять шахти непривабливими для участі інвестора в процесі зараз. Інвестори вважають за краще вкладати кошти в більш привабливі галузі, ніж в збиткові шахти. Однією з причин є також недостатній розвиток приватизаційних процесів у вугільній галузі.

Сама приватизація не призведе автоматично до вирішення всіх проблем. Але без зміни форми власності і без наявності ефективного власника підприємства неможливо його успішне функціонування в умовах ринку.

Необхідним чинником для залучення інвестора є можливість придбання контрольного пакету акцій вугільної шахти в процесі приватизації. Слід мати на увазі, що промисловий інвестор має на меті керувати виробництвом і отримувати від цього прибуток, а не спекулювати акціями. Кожен інвестор бажає контролювати підприємство, власником якого він є. Поки інвестор не буде контролювати ситуацію на підприємстві ні про яку приватизацію з його участю, а значить, і про залучення його капіталу не може бути й мови.

Для того, щоб стимулювати залучення приватного капіталу в акціонерні товариства на серйозному рівні необхідні:

- реструктуризація підприємств, позбавлення їх від об'єктів і допоміжних підприємств, які можуть працювати самостійно;
- реструктуризація боргів вугільних підприємств;
- вирішення питання про контрольний пакет акцій;
- зміна законодавчої бази (щодо законів, що регламентують питання видобутку вугілля);
- зміна методики оцінки ринкової вартості вугледобувних підприємств у процесі приватизації, яка в даний момент не відображає специфіки вугільної галузі;
- власнику приватизованого підприємства повинна видаватися довгострокова ліцензія на видобуток вугілля;
- лібералізувати ринок вугілля в Україні, дати можливість вугільним підприємствам самостійно розробляти та реалізовувати маркетингову стратегію з урахуванням інтересів української економіки і забезпечення національної безпеки [51].

19.2 Особливості інвестування у вугільну промисловість

Інвестор, розглядаючи питання здійснення інвестиційного проекту в гірничодобувній галузі, повинен враховувати її специфічні особливості. Основним фактором, що впливає на умови інвестування, є тривалий термін окупності проекту.

Досвід здійснення інвестиційних проектів у гірничодобувній промисловості розвинених країн показує, що інвестиційний проект починає окупатися приблизно через 5 – 10 років.

Ці фактори накладають особливі вимоги інвестора до гарантій його діяльності з боку держави. Перш за все, це гарантії надання інвестору всіх необхідних дозволів (ліцензій), необхідних для здійснення інвестиційного проекту на повний термін його дії.

Право використання інвестором корисної копалини в межах гірничого відводу має бути винятковим, тобто не може одночасно надаватися й іншим особам. Тільки так інвестор може нести повну відповідальність за наслідки своєї інвестиційної діяльності.

Права інвестора на видобуток і реалізацію корисних копалин не повинні обмежуватися зовсім, або обмежуватися розумно квотами, ціновими обмеженнями або іншими способами державного регулювання.

З точки зору експлуатації вже розвіданих і діючих родовищ корисних копалин, інвестору повинні передаватися виключно перспективні об'єкти.

Перспективні – це ті гірничі відводи, де поклади корисних копалин забезпечать його видобуток на термін дії інвестиційного проекту.

На окрему увагу заслуговують об'єкти, що вимагають рекультивації і відновлення (наприклад, породні відвали). Такі об'єкти вимагають додаткових капіталовкладень і тому вони повинні передаватися інвестору на особливих умовах, можливо, при їх передачі, повинні зменшувати розміри оплати за акції на суму необхідних капіталовкладень.

Важливим аспектом є географічне положення об'єкта інвестицій. Гірничодобувна галузь існує в тісному взаємозв'язку з переробними і збагачувальними комплексами, а також споживачами (металургія, енергетика). Їх географічна близькість, розвиненість транспортної інфраструктури впливають на рішення про інвестування.

Окремо інвестор оцінює комплекс економічних питань. Значний знос обладнання, а також необхідність його заміни на нове, більш сучасне, визначає вимоги інвестора до його вільного і безмитного ввезення на територію України та вивезення.

Найбільш істотною проблемою становить проблема неплатежів.

Вугільна промисловість існує в дуже тісному взаємозв'язку з енергетичним комплексом. Проблема розрахунків за електроенергію тягне за собою несплату палива електростанціями, що, в кінцевому рахунку, зводить до нуля саму ідею інвестиційної діяльності. Таким чином, інвестор зацікавлений в наявності державних гарантій оплати кінцевої продукції.

За час тривалого державного керування вугільними підприємствами у них накопичилася величезна кількість боргів і, в першу чергу, перед бюджетом. Звісно ж, досить похвальним є прагнення держави перекласти свої борги на нового власника, але малоймовірно, що інвестор з цим погодиться. Коли боржник і кредитор збігаються в одній особі, боргове зобов'язання припиняється. Тому списання державою старих боргів є логічним і справедливим.

Що стосується амортизаційної політики, то існуючий в Україні порядок амортизації суттєво гальмує процес оновлення основних фондів.

Гірничодобувне обладнання експлуатується в дуже складних умовах і має короткочасний термін служби. Виробник повинен самостійно визначати амортизаційну політику з урахуванням найрізноманітніших факторів, що загалом-то, відповідає міжнародним стандартам бухгалтерського обліку. Тому відповідність національних правил амортизації основних засобів та обладнання міжнародних стандартів бухгалтерського обліку також впливає на прийняття інвестором рішення про інвестування.

Ще одне економічне питання, що впливає на прийняття рішення про інвестування – це створення резервних фондів для рекультивациі (відновлення) земель.

Рекультивациія земель після закінчення розробки родовища є обов'язком користувача надрами, яка впливає з права користування. Тому витрати на рекультивациію повинні розглядатися як завершальна частина виробничого процесу, а витрати на створення резервних фондів для рекультивациі повинні зменшувати базу оподаткування, тобто ставитися на собівартість.

Що стосується екологічних стандартів виробництва, то вони також повинні відповідати міжнародним.

19.3 Вугільні родовища України як джерело вуглеводневого палива

У міру виснаження обмежених невідновлюваних світових запасів нафти і природного газу виникає необхідність заміщення їх іншою енергетичною сиро-

виною, в тому числі вуглеводневою, як найбільш зручною для використання в найбільш поширених рухомих транспортних засобах.

Газоподібне паливо краще і тому, що значно перевершує за екологічними показниками тверді горючі копалини і нафтопродукти. Крім того, стрімке зростання цін на вуглеводневе паливо стає гальмом розвитку світової економіки і створює умови для напруженості в міждержавних відносинах.

Тим часом запаси твердого вуглецевого палива на розвіданих глибинах в земних надрах незрівнянно більше, ніж вуглеводневого, в той же час відносні темпи споживання рідкого і газоподібного палива на порядок вище. Таким чином, проблеми, пов'язані зі зміною паливно-енергетичного балансу України в умовах гострого дефіциту власних запасів нафти і природного газу, надзвичайно актуальні.

Проаналізуємо альтернативи використання вугільних родовищ України з метою диверсифікації ринку енергетичних ресурсів і скорочення емісії парникових газів в атмосферу. Як ні парадоксально, саме метановугільні родовища можуть стати одним із джерел скорочення викидів парникових газів.

Розглядаючи з цієї точки зору вугільну галузь, слід констатувати, що проблеми енергозбереження, захисту навколишнього природного середовища, безпеки ведення гірничих робіт знаходяться в нерозривному зв'язку.

Рівень дегазації породо-вугільного масиву на шахтах Донбасу що відбувається в даний час шляхом відсмоктування метану через свердловини, пробурені переважно з гірничих виробок, малоефективний і радикально не вирішує жодної з названих проблем.

У той же час, у низці країн промисловий видобуток метану з вугільних родовищ набуває все більшої динамічності.

Оцінимо можливі масштаби утилізації шахтного метану в когенераційних та інших енергетичних комплексах.

Промислове освоєння видобутку метану з вугільних родовищ, у тому числі з відпрацьованих і тих, що не підлягають розробці ділянок, вимагає системного підходу у вирішенні технічних і законодавчих проблем.

До числа перших в основному відносяться:

- відсутність мобільної техніки для буріння свердловин з поверхні;
- надійних засобів ущільнення їх гирла і запобігання від руйнування під впливом гірського тиску дегазаційних свердловин;
- дешевих, надійних і високоефективних вітчизняних модульних когенераційних установок.

Законодавчі проблеми зосереджені на створенні системи преференцій для виробників продукції, одержуваної з шахтного метану (тепло, електроенергія, власне горючий газ і ін.).

Як показує досвід, важливе значення для динамічного розвитку нового сектора ринку має як технічна, так і економічна інформація.

Маркетингові сценарії можливого збільшення обсягів видобутку шахтного метану, конкурентності отриманої з нього продукції та якості послуг, що надаються споживачам, можуть використовувати досить обмежений за обсягом банк несистематизованих даних. Це загрожує підприємцям підвищенням економічного ризику інновацій і тому вимагає вкладення додаткових коштів в першу чергу на геологорозвідку родовищ.

Для України проблема метану вугільних родовищ та освоєння виробництва синтетичного палива надзвичайно важлива. Вона зачіпає соціально-економічні та питання міжнародних зобов'язань з природокористування (наприклад, сталий розвиток, захист озонового шару земної атмосфери). Тому для ефективності і вдосконалення еколого-економічних механізмів керування розробкою радикального перетворення вугільних родовищ як сировинної бази для виробництва газоподібного і рідкого синтетичного палива, утилізації шахтного метану необхідно створити і реалізувати національну програму, передбачивши в перспективі вирішення наступних завдань:

- Систематизація інформації про запаси і адміністративно-географічне розташування вуглегазових родовищ і скупчень метану в ліквідованих, поставлених на консервацію шахтах і в земних порожнечках на території України, їх класифікація як потенційних об'єктів промислової розробки і підготовка програми прогнозу геоморфологічної розвідки на метан.

- Маркетингові дослідження і паспортизація газових і газоповітряних потоків діючих шахт, метаноємності породувугільних масивів у межах гірничих відводів з метою розробки програми впровадження екологічно безпечних (чистих) технологій видобутку та промислового використання шахтного метану.

- Проведення досліджень, проектно-конструкторських робіт і промислове освоєння виробництва технічних засобів, що забезпечують стабільну концентрацію метану у відсмоктувальних з свердловин повітряно-газових сумішах.

- Розробка та організація випуску обладнання для оснащення газопідготовчих станцій, призначених для перетворення низькоконцентрованих сумішей, і енергетичний потенціал.

□ Підготовка проектів спільного впровадження для зниження рівня небезпеки і скорочення емісії парникових газів в атмосферу вугільними підприємствами й отримання позабюджетних коштів для скорочення викидів в атмосферу парникових газів.

□ Розробка пакету нормативних документів по створенню в Україні економіко-правової бази з метою формування сприятливого інвестиційного клімату для залучення національного та іноземного капіталу, передбачивши: - надання пільг по природно-диференціальній ренті для суб'єктів господарської діяльності;

□ вуглеводневого палива, для буріння, облаштування дегазаційних свердловин і засобів промислової утилізації низькоконцентрованих метаноповітряних сумішей, а також для кондиціонування видобутого метану відповідно до споживчих стандартів.

Таким чином, наведена загальна модель часткової диверсифікації вугледобувних підприємств України. В рамках цієї моделі знаходяться також проблеми залучення в господарський обіг скидів шахтних вод, породи від проведення і ремонту гірничих виробок, відходів виробництв з переробки вугілля на підприємствах з виробництва синтетичного палива, кондиціонування води і промислової утилізації породних відвалів.

19.4 Вугільні шахти в світлі Всесвітнього Гірничого Конгресу 2018 р.



19 – 22 червня в Астані пройшов 25-й Ювілейний Всесвітній Гірничий Конгрес. Настільки масштабна подія світової значущості проводиться вперше не тільки в Казахстані, але і на території СНД. Для проведення ювілейного ВГК Казахстан був обраний не випадково. Ресурси країни представляють собою багату мінерально-сировинну базу: 99 елементів періодичної таблиці виявлено в надрах землі, 5000 діючих родовищ, понад 60 елементів використовуються у виробництві.

Варто відзначити, що за показниками ринку ГМК для Казахстану 2017 рік завершився успішно. За підсумками минулого року обсяг гірничодобувної промисловості зріс на 9,3%, в обробної – на 5,1%. Обсяг видобутку руд кольорових металів збільшився на 8,2%, на 6,9% зріс обсяг видобутку залізної руди. Показники в секторі металургії демонструють позитивну динаміку, що пояснюється збільшенням обсягу виробництва: у чорній металургії обсяг зріс на 6,6%, тоді як у кольоровій металургії зростання виробництва становило 5,5%.

Нововведення Кодексу «Про надра та надрокористування», підписаного 27 грудня 2017 року, відповідає найкращій світовій практиці: вдосконалення законодавства в світлі впровадження міжнародної системи стандартів звітності значно спрощує процедуру укладення контрактів на користування надрами, забезпечує стабільність умов надрокористування і сприяє підвищенню інвестиційної привабливості галузі.

Всесвітній Гірничий Конгрес в Казахстані пройшов під девізом «Інноваційний перевагу – крок вперед на шляху до зростання світової гірничої промисловості». У рамках Конгресу проводилася низка тематичних сесій, присвячених інноваційним рішенням галузі, залучення інвестицій в галузь провідних у гірничодобувній промисловості світових компаній. Зі вступною промовою виступив Марек Цалай – Голова Всесвітнього Гірничого конгресу, декан факультету геомеханіки Польського Університету Науки і техніки (AGH), автор понад 55 наукових робіт. Марек Цалай – член міжнародного товариства Механіки гірських порід (ISRM), а також міжнародного суспільства Механіки Ґрунтів та гео-техніки (ISSMGE).

Світові експерти гірничорудної галузі взяли участь у пленарному засіданні «Технологічні інновації та передовий досвід в гірничій промисловості – майбутнє вже сьогодні». Модератором розділу був Мікаель Карміс, директор Вірджинського центру досліджень в області вугілля та енергетики. Серед запрошених спікерів – Прем'єр-міністр Республіки Казахстан Бакитжан Саґінтаєв, голова ради менеджерів ERG S.a.r.l Олександр Машкевич, президент Vale S.A. Кейтіро Матсуо (Бразилія), головний виконавчий директор Rio Tinto Жан Себастьян Жак (Австралія), головний виконавчий директор Anglo-American Марк Катіфані (Великобританія), керівник фондової біржі Торонто. Свою участь в сесії підтвердили Роберт Барнс – Глобальний керівник London Stock Exchange, Кайрат Келімбетов – керуючий Міжнародним Фінансовим Центром «Астана», Худоба Фостер – директор Європейської економічної комісії ООН (Швейцарія), Майкл Хитч – професор університету нового південного Уельсу (Австралія), Хуа Гуо – голова Всесвітнього Гірничого конгресу 2021 (Австралія).

Насичена програма ВГК включала тематичні дискусії, на яких лідери світових гірничо-металургійних підприємств обговорили найважливіші питання галузі, представили власний досвід і ознайомили слухачів з досвідом провідних у промисловості світових компаній. Розділи дискусії торкнулися питань щодо формування попиту на продукцію, взаємодії гірничорудних компаній з компаніями-розробниками технологій, вплив інновацій на розвиток ГМК і економіку країни. Заключна частина розділу «Інвестиції в інновації» була представлена в питально-відповідній формі.

В урочистій церемонії відкриття Всесвітнього Гірничого Конгресу взяли участь Президент Республіки Казахстан, Президент Республіки Польща, заступник Голови Китайської Народної Республіки, голова уряду Російської Федерації, генерал-губернатор Австралії.

Було отримано понад 200 доповідей з 35 країн. Крім цього, із запрошених 265 асоціацій з 48 країн, понад 132 асоціацій і міжнародних організацій з 37 країн взяли участь у ВГК.

Спонсорами Всесвітнього Гірничого Конгресу є: Діамантовий Партнер – ТОВ «Євразійська Група», Золоті Партнери – ТОВ «Kazinc Holdings», Група KAZ Minerals, Polymetal International PLC, Срібний Партнер – ТОВ «Корпорація Казахмис», а також Бронзові Партнери – ТОВ «Leica Geosystems Kazakhstan», проектно-будівельна група ТОВ« AAEngineering Group » і група компаній.

19.5 EURACOAL 2019 III Міжнародна конференція «Вугільна промисловість в умовах декарбонізації»



Рисунок 19.1 – Банер III Міжнародної конференції «Вугільна промисловість в умовах декарбонізації»

У вересні EURACOAL розробив новий проект під назвою «CoalTech2051» про майбутнє досліджень і розробок, пов'язаних з вуглецем, у світлі цілей політики ЄС до 2050 року і майбутніх глобальних тенденцій в області використання вугілля.

«Я хочу повторити наскільки важливо для вугільної промисловості домогтися успіху. Є тільки кілька джерел енергії, які можуть дати нам тепло і потужність цілодобово. У кожного джерела є свої плюси і мінуси. Україна, як жодна інша країна, стикається з труднощами використання ядерної енергетики. На ринку нафти і газу домінує кілька дуже великих гравців. Нові поновлювані джерела виробляють електроенергію тільки при наявності вітру або сонця. Традиційні гідроелектростанції мають фізичні обмеження, а використання біопалива не є доцільним, оскільки воно конкурує з харчовою промисловістю.

Згідно Європейської економічної комісії ООН викопні види палива залишаться основним компонентом майбутнього глобального енергетичного балансу. При найбільш оптимістичному прогнозі Рамкової конвенції ООН зміна клімату на 2 °C скоротить викид парникових газів. Мета сталого розвитку ООН за доступною і чистою енергією була предметом недавніх дебатів, організованих EURACOAL в Європейському парламенті. Всі погодилися з тим, що вугілля залишатиметься важливим джерелом енергії в усьому світі під час енергетичного переходу – в Україні, Німеччині, Туреччині, Індії, Китаї та в багатьох інших країнах-імпортерах. Саме з цієї причини ваша робота з гірничими інженерами важлива і гідна» – такий позитивний момент висловив Генеральний секретар Брайан Рікеттс.

<p>Програма</p> <p>III Міжнародної конференції «Вугільна промисловість України в умовах декарбонізації» 13-14 червня 2019 року Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19</p>	<p>Agenda</p> <p>III International Conference The Ukrainian coal mining sector in the context of decarbonization 13-14 June 2019 (Kyiv) National Technical University "Dnipro Polytechnic" 19 Dmytra Yavornytskyoho Ave. Dnipro</p>
<p>8:30 – 9:00 Реєстрація учасників. Вітальна кава 8:30 – 9:00 Registration of participants. Welcome coffee</p>	
<p>Відкриття / Opening 9.00 – 9.20</p>	
<p>Брайан Рікеттс – Генеральний секретар EURACOAL</p> <p>Максим Немчинов – Державний секретар, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України</p> <p>Максим Тімченко – Генеральний директор ДТЕК</p> <p>Ільдар Салєєв – Генеральний директор Донецьксталь</p> <p>Геннадій Півняк – Ректор Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Академік НАН України</p> <p>Гліб Пригунов – Голова Дніпропетровської обласної ради</p>	<p>Brian Ricketts, Secretary General, EURACOAL</p> <p>Maxim Nemchilov, State Secretary, Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine</p> <p>Maxim Timchenko, Chief Executive Officer, DTEK</p> <p>Ildar Saleyev, Chief Executive Officer, Donetsksteel</p> <p>Gennadiy Pivnyak, Rector, National Technical University Dnipro Polytechnic, Academician of the NAS of Ukraine</p> <p>Hlib Pryhunov, Chairman of the Dnipropetrovsk Regional Council</p>

Конференц-зала №1		Conference Hall №1	
Пленарні заходи Plenary session			
Модератор	Геннадій Півняк , Ректор Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Академік НАН України		
Moderator	Gennadiy Pivnyak, Rector, National Technical University "Dnipro Polytechnic", Academician of the NAS of Ukraine		
9.30 – 9.35 5 хв/мін	Вступне слово модератора, представлення учасників Opening speech of moderator, introduction of participants		
9.35 – 9.55 20 хв/мін	Програми ЄС з досліджень та інновацій в енергетичному секторі (Дослідницький фонд вугілля та сталі) The EU programmes of the Research and Innovations in the energy sector (Research Fund for Coal and Steel)	Ерве Марта , Начальник підрозділу, Д «Дослідження та розробки», Європейська Комісія Herve Martin, Head of Unit, DG Research and Innovation, European Commission	
9.55 – 10.15 20 хв/мін	Змінюючи образ вугілля: огляд стратегічного порядку денного проведення досліджень для майбутніх науково-дослідницьких розробок ЄС – звіт про проект CoalTech 2051, який підтримується Дослідницьким фондом по вугіллю та сталі Changing the face of coal: an outline strategic research agenda for future coal-related RTD in the European Union – a report of the RFCs – supported CoalTech2051 project.	Брайан Рікеттс , Генеральний секретар Європейської асоціації кам'яного та бурого вугілля (EURACOAL) Brian Ricketts, Secretary General, European Association for Coal and Lignite (EURACOAL)	
10.15 – 10.30 15 хв/мін	ДТЕК – комплексний підхід до декарбонізації DTEK, comprehensive approach to the decarbonisation	Михайло Барабаш , Директор із виводу вугілля ДТЕК Енерджи Mykhailo Barabash, Coal Production Director, DTEK Energy	
10.30 – 10.45 15 хв/мін	Платформа вугільних та промислових регіонів в процесі трансформації: сучасний стан Update on Coal and carbon intensive Regions in Transition Platform	Александра Томчак , Координатор політики ЄС щодо вугілля, ринків роздрібного продажу електроенергії та газу, Д Енергетика, Європейська Комісія Aleksandra Tomczak, Policy Coordinator, EU Coal, Retail Electricity and Gas Markets, DG Energy, European Commission	
10.45 – 11.00 15 хв/мін	Енергетична стратегія України до 2035 та декарбонізація Ukraine's energy strategy 2035 and decarbonization	Максим Немчинов , Державний секретар, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України Maxim Nemchinov, State Secretary, Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine	
11.00 – 11.30 30 хв/мін	Перерва на каву Coffee break		
11.30 – 11.45 15 хв/мін	Реалізація екологічної політики компанії «Донецьсталь» – важливий фактор вирішення економічних і соціальних проблем регіону вуглевидобутку The implementation of the environmental policy of the "Donetssteel" company is an important factor in solving the economic and social problems of the coal mining region	Ільдар Салеев , Генеральний директор, «Донецьсталь-металургійний завод» Ildar Saleyev, Chief Executive Officer, Donetssteel	
11.45 – 12.00 15 хв/мін	Правові основи реконверсії вугільних шахт в Україні Legal aspects of coal mines' reconversion in Ukraine	Геннадій Півняк , Ректор Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Академік НАН України Gennadiy Pivnyak, Rector, National Technical University "Dnipro Polytechnic", Academician of the NAS of Ukraine	
12.00 – 12.20 20 хв/мін	Підтримка Німеччини для Сходу України, енергетична трансформація, соціальні питання Germany's support to the East of Ukraine, energy transformation, social issues	Вольфганг Мессінгер , Генеральний консул Федеративної Республіки Німеччина Wolfgang Moessinger, Consulate General of the Federal Republic of Germany	
12.20 – 12.40 20 хв/мін	Стратегія декарбонізації ЄС: вплив на вугільний сектор EU Decarbonization Strategy: impact on the coal mining sector	Лукаш Коліньскі , Начальник підрозділу економічного аналізу та фінансових інструментів Д «Енергетика», Європейська Комісія Lukasz Kolinski, Head of Unit Economic Analysis and Financial Instruments of DG Energy, European Commission	
12.40 – 13.00 20 хв/мін	Запитання – відповіді У кожній секції обговорення доповідей планується після виступу доповідача Q&A Q&A are planned after each presentation		
13.00 – 14.00 60 хв/мін	Обід Lunch		

10.15 – 10.30 15 хв/мін	ДТЕК – комплексний підхід до декарбонізації DTEK: comprehensive approach to the decarbonisation	Михайло Барабаш , Директор із видобутку вугілля ДТЕК Енерго Mykhailo Barabash, Coal Production Director, DTEK Energy
10.30 – 10.45 15 хв/мін	Платформа вугільних та промислових регіонів в процесі трансформації: сучасний стан Update on Coal and carbon intensive Regions in Transition Platform	Александра Томчак , Координатор політики ЄС щодо вугілля, ринків роздрібного продажу електроенергії та газу, ГД Енергетика, Європейська Комісія Aleksandra Tomczak, Policy Coordinator, EU Coal, Retail Electricity and Gas Markets: DG Energy, European Commission
10.45 – 11.00 15 хв/мін	Енергетична стратегія України до 2035 та декарбонізація Ukraine's energy strategy 2035 and decarbonization	Максим Немчинов , Державний секретар, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України Maxim Nemchinov, State Secretary, Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine
11.00 – 11.30 30 хв/мін	Перерва на каву Coffee break	
11.30 – 11.45 15 хв/мін	Реалізація екологічної політики компанії «Донецьксталь» – важливий фактор вирішення економічних і соціальних проблем регіону вуглевидобутку The implementation of the environmental policy of the "DonetskiSteel" company is an important factor in solving the economic and social problems of the coal mining region	Ільдар Салєєв , Генеральний директор, «Донецьксталь-металургійний завод» Ildar Saleyev, Chief Executive Officer, DonetskiSteel
11.45 – 12.00 15 хв/мін	Правові основи реконверсії вугільних шахт в Україні Legal aspects of coal mines' reconversion in Ukraine	Геннадій Півняк , Ректор Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Академік НАН України Gennadiy Pivnyak, Rector, National Technical University "Dnipro Polytechnic", Academician of the NAS of Ukraine
12.00 – 12.20 20 хв/мін	Підтримка Німеччини для Сходу України, енергетична трансформація, соціальні питання Germany's support to the East of Ukraine: energy transformation, social issues	Вольфганг Мессінгер , Генеральний консул Федеративної Республіки Німеччина Wolfgang Moessinger, Consulate General of the Federal Republic of Germany
12.20 – 12.40 20 хв/мін	Стратегія декарбонізації ЄС: вплив на вугільний сектор EU Decarbonization Strategy: impact on the coal mining sector	Лукаш Колінський , Начальник підрозділу економічного аналізу та фінансових інструментів ГД «Енергетика», Європейська Комісія Lukasz Kolinski, Head of Unit Economic Analysis and Financial Instruments of DG Energy, European Commission
12.40 – 13.00 20 хв/мін	Запитання — відповіді У кожній секції обговорення доповідей планується після виступу доповідача Q&A Q&A are planned after each presentation	
13.00 – 14.00 60 хв/мін	Обід Lunch	

Контрольні питання до 19 розділу

- 1. У чому перевага газоподібного палива над твердими горючими копалинами?*
- 2. Які причини недостатнього розвитку приватизаційних процесів у вугільній галузі?*
- 3. Як стимулювати залучення приватного капіталу в акціонування вугільних підприємств?*
- 4. Що являє собою загальна модель часткової диверсифікації вугледобувних підприємств?*
- 5. Яке ваше бачення щодо перспектив розробки газовугільних шахт у світлі останніх подій?*

20 ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ.

Навчальні цілі: *спираючись на матеріал розділу, студент повинен знати передумови, перспективи та сценарії майбутньої індустрії 4.0, штучного інтелекту, роботизації, діджиталізації, віртуальної та доповненої реальності*

20.1 Глобальні зміни до 2030 року

«Ми живемо в дивовижний час – в епоху, коли радикальні зміни технологій відбуваються на наших очах, і те, що ще вчора здавалося фантастикою, сьогодні вже є реальним проектом, над яким працюють інноваційні компанії, а завтра стає природним, поширеним і звичним явищем, без якого ми вже не уявляємо собі наше життя» – цитата з книги Класуса Швабе «Четверта промислова революція».

На своїх публічних виступах відомий бізнесмен, засновник групи компаній АВВУУ (ейбівай) Давид Ян сказав: «100 років тому електрифікація вплинула на всі сфери життя людей, представивши енергію більш швидку, дешеву, сильну. Так і впровадження ШІ кардинально змінить наше життя. Це принциповий поворотний проект в історії людства. У найближчі 10 років буде дуже весело!».

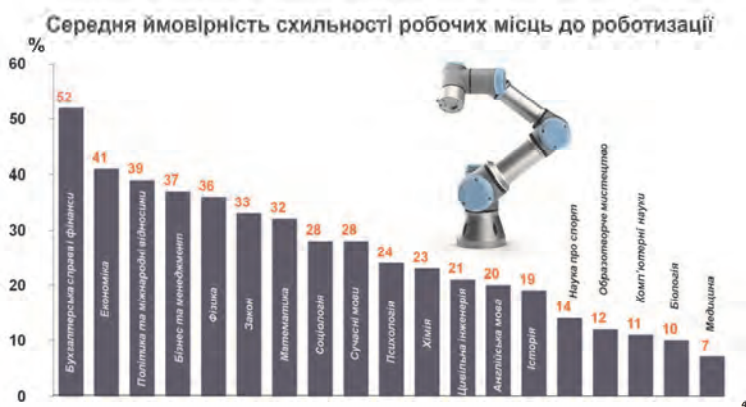


Рисунок 20.1 – Середня ймовірність схильності робочих місць до роботизації

Найбільш схильними до роботизації і ШІ є сфери діяльності, пов'язані з економікою, бухгалтерською справою і фінансами – близько 50%. Далі у напрямі зниження – сфери діяльності, пов'язані з політикою і міжнародними відносинами, бізнесом і менеджментом, фізикою, математикою і т.д. На останньому місці – залишається біологія і медицина, відповідно 10% і 7%.

Співробітники новозеландської Лабораторії Анімаційних технологій при Окландському університеті спробували об'єднати просунутий ШІ на основі нейронних мереж і зовнішність маленької дівчинки. Проект отримав назву Baby X, і в даний момент тестування проходить вже третя програмна версія цього цікавого експерименту.



Рисунок 20.2 – Проект BABY X

Baby X – це інтерактивна анімована модель маленької дівчинки. Її поведінка повністю управляється спеціальними психобіологічними алгоритмами, які розробили співробітники лабораторії. По суті, перед нами повноцінна маленька дитина, здатна радіти, сумувати, цікавитися новими речами і максимально повноцінно висловлювати свої емоції на екрані монітора.



Рисунок 20.3 – Проект Альберт Ейнштейн

Гонконгська компанія Хансон Роботікс, яка створила робота Софію, зробила ще одного робота з іноземними інвестиціями – Ейнштейна, який призначений для роботи в сфері теоретичної фізики. На згадку Ейнштейна закачали повний курс фізики чотирьох провідних університетів світу. Тепер він володіє знаннями, які перевищують знання всіх фізиків планети разом узятих. Китайські фізики обговорюють з роботом вирішення серйозних наукових проблем, які раніше не мали рішення. Але це тільки початок шляху, і функціонал Ейнштейна буде розширюватися.

Ця паніка була в усі технологічні революції. До відома: на початку 1800-х років в Англії відбувалися стихійні протести робітників (рух луддитів) проти впровадження машин в ході промислової революції. З точки зору луддитів, машини витісняли з виробництва людей, що призводило до технологічного безробіття. Часто протест виражався в погромах і руйнуванні машин і устаткування. Однак у подальшому потрібні були нові робочі місця для роботи на верстатах, їх виготовлення, налагодження та ремонту. Промислова революція змінила всю структуру суспільства. Вона супроводжувалася різким підвищенням продуктивності праці, швидкою урбанізацією, початком швидкого економічного зростання і підвищенням життєвого рівня населення.



Рисунок 20.4 – Не всі поділяють оптимізм штучного інтелекту

У даний час експерти вважають, що в найближчі 4 роки частка роботи, яка виконується роботами збільшиться з **29% до 42%**. Технології на основі ШІ створять **133 млн нових робочих місць**. Велика частина з них – інженери і розробники ІІ.

Однак **близько 75 млн робочих місць будуть замінені роботами**. Найчастіше роботів будуть використовувати в сфері продажів і службах підтримки.

Завдяки новим технологіям у XX ст. робочий тиждень **скоротився з 7 днів до 5 днів**. Китай готується до переходу на 4-денний робочий тиждень.



Рисунок 20.5 – Безальтернативність штучного інтелекту

Головною технологією, яка включає все інше, є штучний інтелект (ШІ). Він уже може вчитися і сам, використовуючи величезні бази даних.

Інформаційне безсмертя можливо, якщо сутність строго описується фізичними законами, тобто теоретично буде можливо копіювати свідомість і його перенесення в інше тіло. Згодом стане можливим застосування штучних органів і імплантатів, що продовжують життя людини.



Рисунок 20.6 – Контури 4-ї промислової революції!

Контури майбутнього



Рисунок 20.7 – Контури майбутнього

Протягом десятиліть вчені всього світу працюють над створенням ШІ, який міг би зрівнятися з людським або навіть перевершити його, і здається, що наука сьогодні як ніколи близька до цього.

Комп'ютер вже здобув впевнену перемогу над людиною в грі в шашки, шахи, а ось тепер у грі Го, настільну гру якої як вважалося до цього не по зубам ШІ. Адже щоб виграти в Го одного логічного мислення недостатньо, доведеться підключити й інтуїцію.

Такий прорив вдалося зробити завдяки винаходу штучної нейронної мережі. Цей унікальний самонавчальний комп'ютерний алгоритм вчені створили за образом і подобою нейронної мережі живих організмів. І ось тепер він дійсно демонструє істинно людські якості.

Штучна нейронна мережа ніщо інше як модель роботи біологічних нейронів – клітин головного мозку. Тільки представлена вона набором математичних інструкцій, які записані у вигляді програмного коду.

Однак назвати нейромережу класичним алгоритмом буде не зовсім вірно. Вона влаштована набагато складніше. Величезна кількість процесів в ній відбувається не лінійно, а паралельно в один момент часу, тобто так само як в нашому головному мозку.

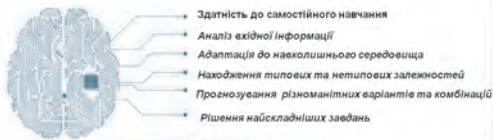
Здібності ШІ: самонавчання, аналіз вхідної інформації, знаходження типових і нетипових залежностей, прогнозування різних комбінацій, вирішення найскладніших завдань.

Ідея створення штучної нейронної мережі народилася ще в середині ХХ ст., і зображена на рис.20.8.

Штучний інтелект (ШІ)

ШІ в сучасному контексті - властивість машини комп'ютерних програм і систем виконувати інтелектуальні та творчі функції людини, самостійно знаходити способи вирішення завдань, вміти робити висновки і приймати рішення.

Здатність штучного інтелекту:



Прорив в ШІ вдалося здійснити завдяки створенню штучної нейронної мережі!

Штучна нейронна мережа - унікальний самонавчальний комп'ютерний алгоритм моделі роботи біологічних нейронів - клітин головного мозку.

Рисунок 20.8 – Штучний інтелект

Тоді вчені вперше припустили, що якщо якимось чином зімітувати роботу нейронів головного мозку, ми зможемо створити по-справжньому розумну обчислювальну машину. У 1957 р. американському вченому Френку Розенблату вдалося розробити першу математичну модель роботи нейронів вона отримала назву перцептроном і по суті стала першою в історії штучною нейромережею. Вже через рік на її основі було створено нейрокомп'ютер «МАРК-1» (зображення на рис.), який міг розпізнавати букви англійського алфавіту.



Сьогодні штучна нейромережа (ШНМ) оточує нас всюди. Більшість з нас навіть не підозрює, що вдається до її допомоги буквально кожен день. Наприклад, коли ми пишемо запит у пошуковій мережі Інтернет саме ІНС знаходять нам пошукові відповіді. Ці мережі здатні на багато більше, ніж вирішувати рутинні завдання.

Ще в 1997 році комп'ютер IBM під назвою Deep Blue став першим комп'ютером, який переміг чемпіона світу з шахів Гаррі Каспарова.



Іншою значущою подією стало те, що 15 березня 2016 року ШІ здобув ще одну перемогу над людиною. З рахунком 4:1 програма «АЛЬФА-ГО» обіграла найсильнішого гравця на планеті – корейця Лі Седоля в настільну логічну гру Го. Незважаючи на прості правила ця стародавня китайська гра вважається однією з найскладніших, набагато складніше ніж шахи.



Вчені переконані, що жодному сучасному комп'ютеру не під силу зробити такі масштабні обчислення. Втім, головна особливість гри Го навіть не в тому,

що необхідно прорахувати всі варіанти розвитку цієї гри; щоб виграти необхідно підключати інтуїцію – якість, якою володіє людина.

У даний час основними країнами інвесторами в ШІ є – США, Росія, Ізраїль, Індія, Південна Корея, Японія.

Велика частина ринку припадає на робототехніку, а потім в порядку убавання, на комп'ютерний зір, обробку природної мови, розпізнавання мови і аналіз соціальних мереж.



Рисунок 20.9 – Світовий ринок штучного інтелекту

Лідерами в області ШІ є США, однак уряд Китаю заявляє, що країна досягне паритету з США щодо розвитку ШІ вже в 2020 році, зробить прориви в 2025 р. і займе пальму першості в цій області в 2030. Плани Китаю – довести вартість ринку ШІ (включаючи суміжні індустрії) до \$ 150 млрд до 2030 року.

У травні 2017 року аналітичною компанією Tractica (Трактика) був опублікований прогноз (рис. на слайді), згідно з яким очікується стрімке зростання світового ринку технологій штучного інтелекту з \$ 1,38 млрд в 2016 до майже \$ 60 млрд до 2025 року (збільшиться в 45 разів!). При цьому мова йде тільки про компанії, зайняті безпосередньо дослідженнями і розробкою штучного інтелекту.

Якщо включити до розрахунку застосування штучного інтелекту в різних галузях промисловості Інтернет речей (Internet of Things), то цифри істотно зростають. Так, за оцінками провідного китайського експерта в галузі ШІ, віцепрезидента Китайської Академії наук Тан Тіні, в 2015 році світовий ринок додатків, де застосовується штучний інтелект, становив \$ 127 млрд, в 2016 – \$ 165 млрд, а до кінця 2018 року має бути понад \$ 200 млрд!

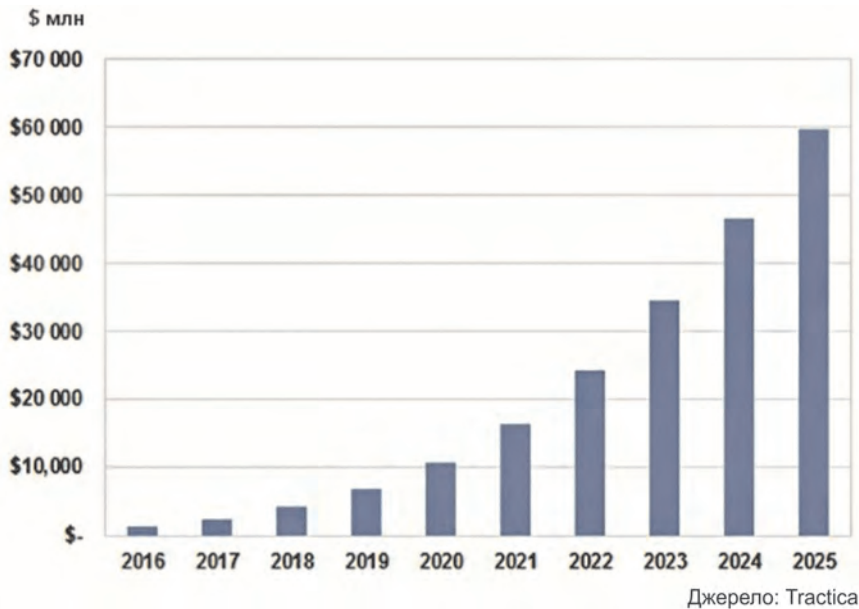


Рисунок 20.10 – Зростання світового ринку технологій штучного інтелекту (Дослідження і розробка ШІ)

Розробками в галузі ШІ займаються близько 500 основних компаній, серед яких: Грідспейс, МетаМайнд (машинне навчання); Фейс, Бліпар (комп'ютерний зір); Айрбот, Анки, Джибо (робототехніка); Влінго, Темпо, ЕЛБІЕМ (віртуальні помічники); Транс-войс, БіБіЕн технолоджіс (синхронні перекладачі); Віжион смарт (розпізнавання відео) і т.д.



За останні 10 років розвиток ШІ перейшов з університетських лабораторій у приватний сектор. Китай, США, Канада, Японія і Франція вибирають національну стратегію ІІ. Мета – домінуюча позиція на глобальному ринку ШІ.



Великі корпорації такі як Google, Facebook, Microsoft, IBM, Amazon і низка інших мають величезні переваги перед іншими гравцями на ринку ШІ.

Згідно консалтингового агентства Accenture (Ексценче), 46% керівників великих компаній вважають, що потужні цифрові технології – один з найважливіших і ключових факторів у сучасному інноваційному бізнесі.

Гірничодобувні компанії все частіше використовують цифрові технології для вирішення найрізноманітніших завдань. Найбільше застосування ці технології отримали безпосередньо в керуванні виробничими процесами.

Найбільшого поширення при видобутку корисних копалин отримала 3D візуалізація, робототехніка, автоматизація, а також віддалені центри керування (включаючи портативні електронні пристрої).

Застосування ІТ в гірничодобувній галузі наведено на рис.20.12 – 20.15.

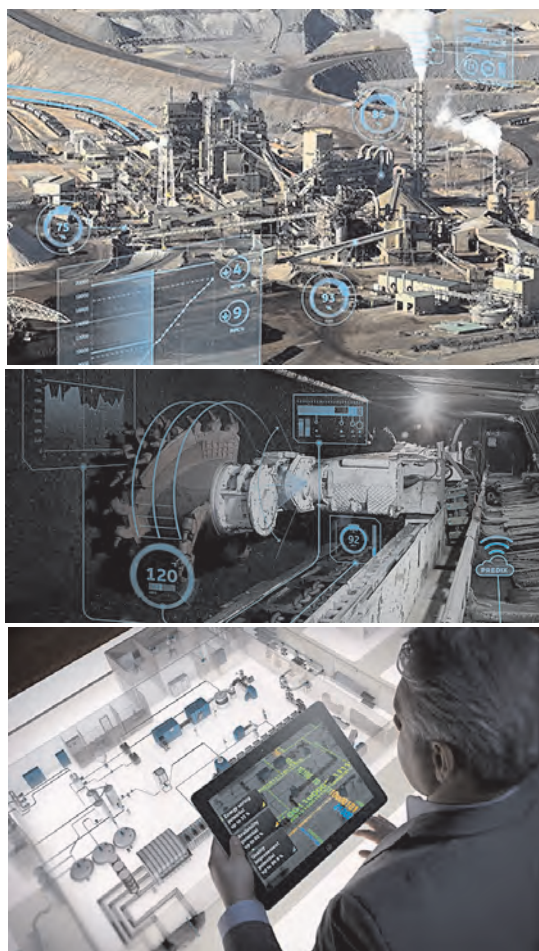


Рисунок 20.12 – Діджиталізація в гірничодобувній галузі

Цифрові технології «допомагають» гірничодобувним компаніям конкурувати в умовах швидкоплинних змін ринку мінеральних ресурсів. Очікується, що до 2020 року дохід від реалізації цифрових технологій в гірничодобувній промисловості складе \$ 190 млрд.

Цифрові технології, які вже використовуються на гірничодобувних компаніях Rio Tinto і Anglo American

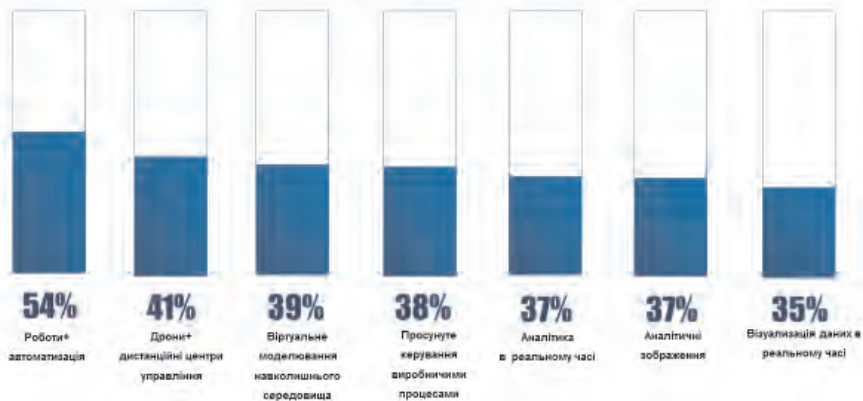


Рис. 20.13 Цифрові технології, які вже застосовуються на гірничодобувних компаніях Rio Tinto і Anglo American:

54% – роботи й автоматизація; 41% – дрони і дистанційні центри керування; 39% – віртуальне моделювання навколишнього середовища; 38% – просунуте керування виробничими процесами; 37% – аналітика у реальному часі; 37% – аналітичне зображення; 35% – візуалізація даних у реальному часі

Компанія GoldSpot (Голдспот) поставляє на ринок додатки, що дозволяють розрахувати рудоносність золоторудних родовищ і виконати оцінку їх розробки на основі машинного вивчення величезних баз геоданих.

Програма дає аналітичні прогнози і моделі на основі проведених досліджень, дозволяє користувачам знаходити правильні рішення і розкривати «приховані можливості» розробки родовища (рис.20.14).

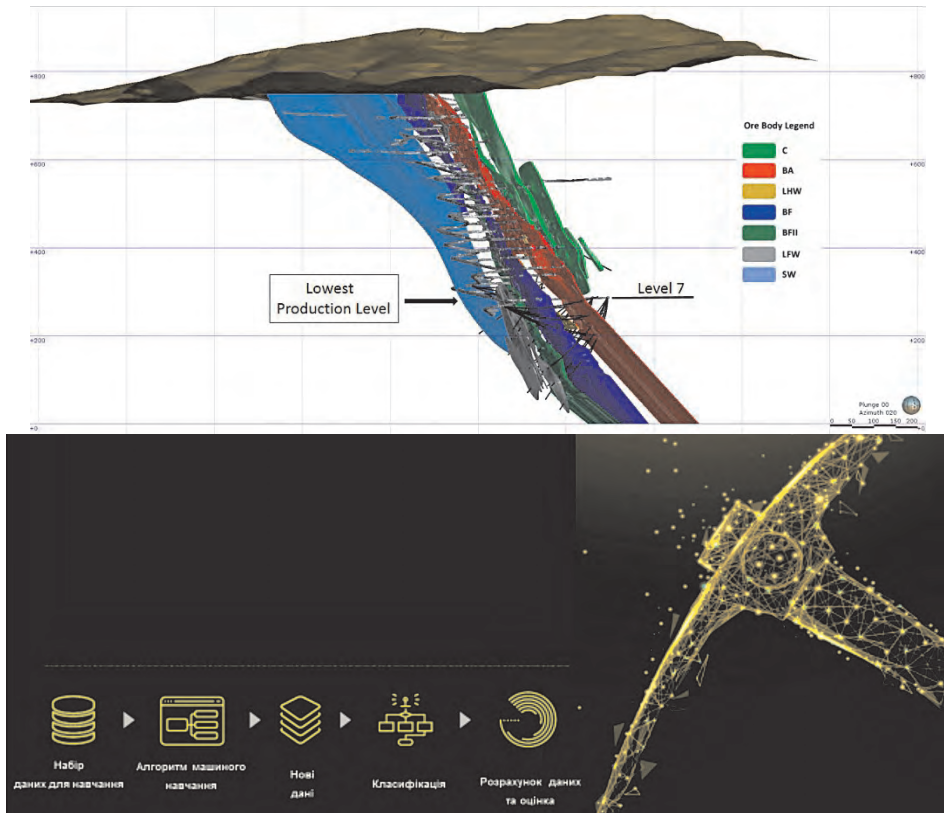


Рисунок 20.14 – Штучний інтелект у розвідці корисних копалин

Гірничодобувна компанія Goldcorp (Голдкорп) спільно з IBM Watson (АЙБІЕМ Ватсон) впроваджує технології ШІ для розробки покладів у Канаді.

Суперкомп'ютер IBM Watson (АЙБІЕМ Ватсон) використовується для аналізу величезних обсягів даних – топографічних зйомок, сейсмічної інформації, звітів про буріння і т.д. для отримання достовірної моделі покладу за короткий період часу.

Завдяки надпотужному комп'ютеру IBM Watson (АЙБІЕМ Ватсон) видкість обробки даних скоротилася зі 165 год до 4,5 год! Ефективність виробництва підвищилася на 97%!

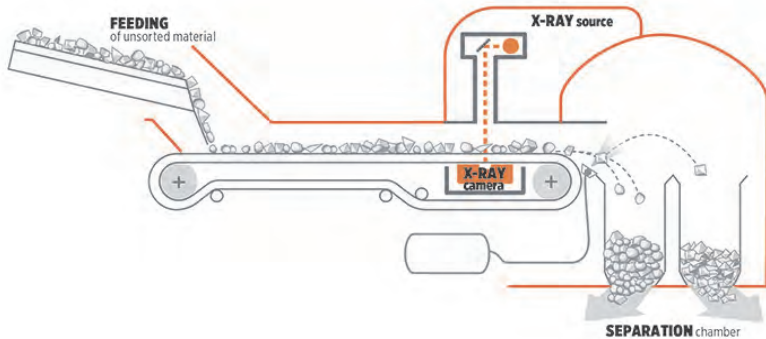


Рисунок 20.15 – Штучний інтелект для сортування корисних копалин – TOMRA

Компанія TOMRA розробила інтелектуальне обладнання для сортування корисних копалин, дивись рис.20.15 і рис.20.16.

Сортування виконується за принципом різного абсорбційної поведінки мінералів в Інфокрасному і рентгенівському випромінюванні. У режимі реального часу проводиться зчитування інформації, аналіз і прийняття рішень для високо-точного поділу пустої породи від корисних копалин. Завдяки цій системі було вилучено алмаз вагою 227 каратів (45,4 г) з рудника Луло в Анголі.

Автоматизовані вантажно-постачальні машини з використанням ШІ розробляються декількома науково-дослідними центрами і компаніями, такими як:

- Австралійський центр польової робототехніки (ACFR)
- Sandvik Mining (Сандвик Майнінг)
- Caterpillar (Катерпіллар)
- Komatsu (Коматцу)
- Rio Tinto (Ріо Тінто)
- Atlas Copco (Атлас Копко)

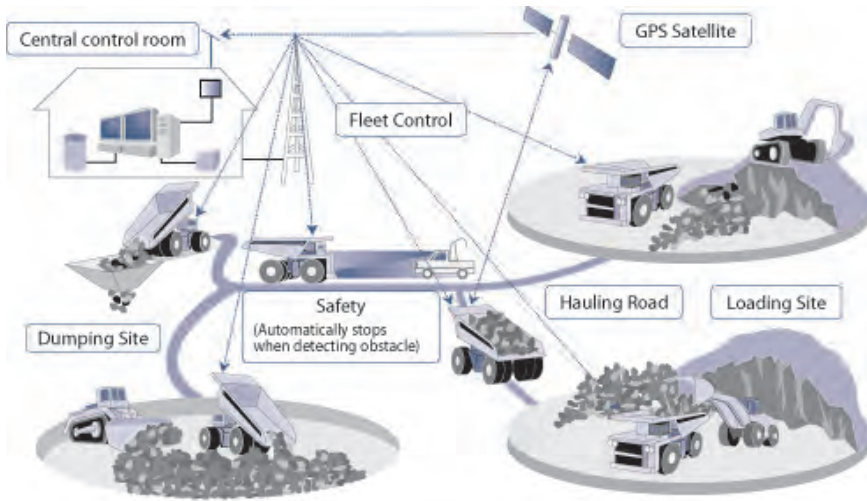


Рисунок 20.16 – Системи автоматичного керування з технологіями ШІ

Системи автоматичного керування вантажно-постачальними машинами давно знайшли своє застосування на гірничодобувних підприємствах світу. З 2008 року на залізрудних кар'єрах компанії Rio Tinto (Ріо Тінто) працюють 244 автоматизованих самоскиди компанії Катерпіллар, а в 2017 році було закуплено ще 76 нових високотехнологічних самоврядних самоскиди фірми Коматцу. Основна перевага – можливість роботи цілодобово, безпека й економічність техніки.

Автономні засоби можуть виконувати цілу низку завдань, таких як буріння, вибухові роботи, навантаження, транспортування, а також відбір проб корисних копалин (рис.20.17 і рис.20.18).



Рисунок 20.17 – Автономні бурові установки, навантажувачі та системи залізничних перевезень

Компанія Ріо Тінто активно використовує автономні бурові установки. Їх система буріння дозволяє одному віддаленому оператору керувати кількома

буровими установками. Компанія стверджує, що завдяки їх використанню продуктивність збільшилася на 70%.

У планах компанії Ріо Тінто – відкриття першої в світі повністю автономної системи залізничних перевезень до кінця 2019 року.



Рисунок 20.18 – Ріо Тінто інтелегент майн

Ріо Тінто (Австралійсько-британська компанія) – друга за величиною в світі транснаціональна гірничо-металургійна компанія (до відома – виручка за 2017 р. – \$ 40 млрд, на першому місці компанія Глінкор (Швейцарія) виручка за 2017 р. – \$ 80,5 млрд) .

У структурі компанії 16 шахт і кар'єрів, 3 порти, 1,5 тис. км залізниць в Австралії.

Компанія активно використовує технології на основі ШІ. Шахти і кар'єри об'єднані в інтегровану систему для обробки даних і логістики, яка контролюється віддалено операторами з диспетчерського пункту.

Щохвилини на сервер надходить 2,4 ТБ (терабайта) даних, які зчитуються в режимі реального часу з датчиків на обладнанні і передаються по бездротовому інтернету для збору, аналізу та прийняття відповідних рішень.

У даний час компанія веде будівництво шахтокерування «Кудайдері» в Західній Австралії. За словами керівництва, це буде перше в світі високоінтелектуальне повністю автоматизоване гірничодобувне підприємство з роботизованою технікою і автономною системою залізничного транспорту товару в порт. Введення в експлуатацію заплановано на 2021 рік (рис.20.19).



Рисунок 20.19 – Ріо Тінто інтелегент майн

У роботі гірничодобувного комплексу буде використано понад 100 інноваційних технологій, серед яких технологія – цифровий двійник (розробник NASA). Обсяг інвестицій в проект – 2,2 млрд дол. США.

Швидка технологічна трансформація вимагає перепрофілювання працівників шахт, компанія постійно відчуває гострий дефіцит інженерів ШІ.

Тому спільно з профільними навчальними центрами проводяться курси професійного навчання: рішення задач аналітики, машинного навчання, алгоритмів і баз даних, штучного інтелекту, хмарних технологій.

У найближчому майбутньому, після поповнення кадрів на власних підприємствах компанії, будуть реалізовуватися навчальні програми для інших сфер діяльності – у морському і авіаційному транспорті.

До довідки: за оцінками Element AI, незалежної лабораторії з Монреаля, в усьому світі налічується менше 10 тис. осіб, які володіють достатніми навичками для серйозної роботи зі штучним інтелектом.

Компанія «Maptek» спільно з «Ліамазу», (рис.20.20), розробила сервіс широкого спектра можливостей, серед яких створення віртуальних копій запланованих, поточних і майбутніх станів гірничого об'єкта на основі технології цифрового двійника.



Рисунок 20.20 – Maptek, LiamaZOO

Програма надає перегляд даних у реальному часі стану гірничодобувного обладнання, візуалізацію виконуваних робіт на ділянці, контроль запасних матеріалів і запчастин, також виконує інтерактивне моделювання сценаріїв в режимі реального часу для зниження ризиків, пов'язаних з прийняттям тих чи інших рішень.

Компанія ЕйБіВі пропонує системні рішення для контролю, візуального спостереження, а також оперативного втручання в будь-який технологічний ланцюжок шахти починаючи від вибою і закінчуючи відправкою товару споживачеві (рис.20.21.)

20.2 Інтелектуальні системи керування технологічними процесами



Рисунок 20.21 – Інтелектуальні системи керування технологічним процесами

Розроблені інтелектуальні системи АВВ для гірничодобувної промисловості охоплюють розвідку, геологічне моделювання і планування гірничих робіт, лабораторний менеджмент, продаж, маркетинг та ефективну логістику.

Додаток Мобіларіс Майнінг Інтеледженс представляє в режимі реального часу різномірну інформацію про стан устаткування, місцезнаходження персоналу, дані надаються користувачеві у тривимірному просторі на персональному комп'ютері, планшеті або смартфоні, (рис.20.22). Додаток, розроблений для шахт підземної і відкритої розробки, значно збільшує продуктивність і безпеку ведення гірничих робіт.



Рисунок 20.22 – Інтелектуальні системи керування технологічними процесами

Можливості системи:

- ✧ Графічний веб-інтерфейс
- ✧ Відстеження в реальному часі устаткування і персоналу
- ✧ Потужні засоби фільтрації інформації
- ✧ Інтелектуальний аналіз даних та створення звітів
- ✧ Інструменти для створення і менеджменту геозон
- ✧ Захищений журнал історії
- ✧ Просторовий пошук об'єктів
- ✧ Розширений інформаційний менеджмент, розроблений для

підземного видобутку корисних копалин

Для промисловості 4.0 необхідні рідкоземельні метали. Тому все більшу цінність в промисловості набувають рідкоземельні метали, які є у гірських по-

родах попутно видобутих з шахт. Вони використовуються в багатьох високотехнологічних виробництвах. Експерти вважають, що саме ці елементи в подальшому будуть відігравати важливу роль у розвитку глобальної економіки.

До рідкоземельних металів відносять 17 елементів, що володіють схожими фізико-хімічними властивостями – такі, як скандій, церій, тулій та ін. Вони незамінні в безлічі галузей – від космічних технологій до медицини. Активно застосовуються і в металургії – їх сплави надають різноманітним матеріалами нові якості.

Відсоток використання рідкоземельних елементів у виробництві – ключова характеристика національної промисловості. Чим він більший, тим вище технологічний розвиток економіки! У майбутньому попит на скандій, тулій, кобальт, молібден збільшиться в 2 – 3 рази, впевнені експерти.

Відкриття властивостей цих металів стало каталізатором розвитку сонячної енергетики, лазерів, швидкісного транспорту, нового покоління смартфонів.

Наприклад, один з найпопулярніших смартфонів – iPhoneX на 38,5% складається з алюмінію і заліза, на 17,1% з міді, кобальту, хрому і нікелю, на 15,4% – з вуглецю і 29% припадає на літій, кремній, тантал та ін. елементи. (рис.20.23)



Рисунок 20.23 – Необхідні складові елементи для виготовлення iPhoneX

Спектр застосування рідкісних металів з кожним роком розширюється. Відкриття властивостей цих металів стало початком розвитку сонячної енергетики, лазерів, швидкісного транспорту і т.д. Наприклад, використання навіть

малих частин неодиму та ванадію дозволяє знизити вагу металевих конструкцій на третину, а також збільшити термін їх служби в два-три рази.

Одне з найбільш перспективних напрямів – торієва енергетика: фахівці впевнені, що в майбутньому торій може замінити природний уран і навіть обійти його за деякими параметрами. Так, торієвий реактор набагато безпечніше тих, що існують зараз, а значить, нових Чорнобиля і Фукусіми можна буде уникнути.

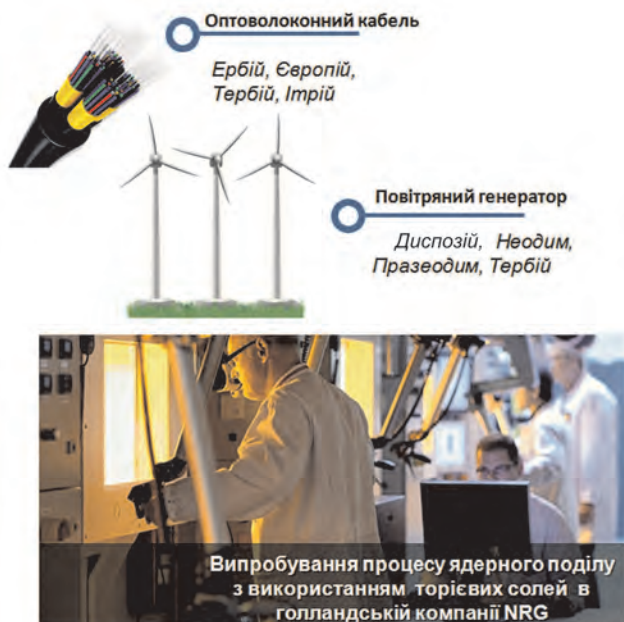


Рисунок 20.24 – Для промисловості 4.0 необхідні рідкоземельні метали

Потреби людини в ресурсах з кожним роком зростають. Переробка відходів і альтернативні джерела ЕЕ не зможуть покрити зростаючі потреби людства.

Кількість корисних ресурсів на нашій планеті, на жаль, обмежена. Вже зараз деякі з них добувати складніше, ніж, скажімо, 150 – 200 років тому. За даними ООН прогнозується 3–кратне збільшення використання ресурсів до 2050 р.

20.3 Космічний видобуток корисних копалин



Рисунок 20.25 – Видобуток корисних копалин на Місяці

У довгостроковій перспективі, людині доведеться розвідувати нові ресурси за межами Землі. Єдиним місцем нових запасів ресурсів і енергії є космос. Це може бути розробка корисних копалин з поверхні астероїдів та інших планет.

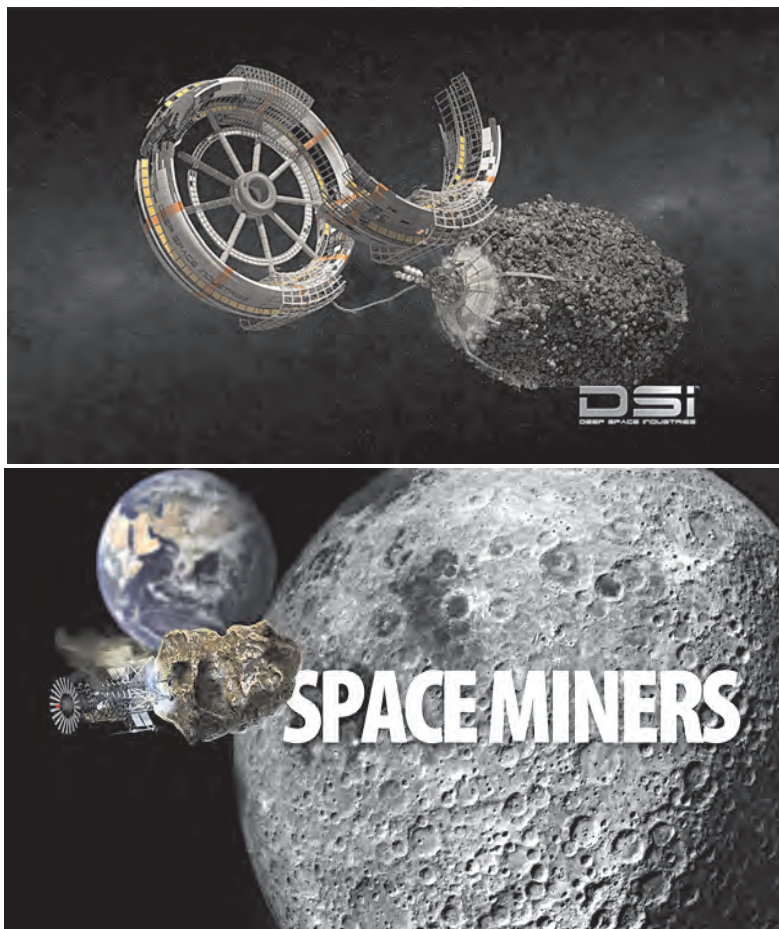


Рисунок 20.26 – Космічний видобуток корисних копалин

Результати спектроскопічних досліджень і хімічний аналіз метеоритів, які впали на Землю дають нам право вважати, що на астероїдах і кометах можна знайти найрізноманітніші корисні копалини, включаючи нікель, залізо, силікати, золото, метали платинової групи, воду, замерзлі гази і багато іншого.

Астероїди містять метали платинової групи близько 100 г/т, тобто в 10 – 20 разів вище, ніж на найбагатших відкритих родовищах ПАР або будь-якої іншої країни світу.

Розробка астероїдів зараз не тільки ближче, ніж нам здається, але, за словами експертів, у майбутньому цей напрям буде домінувати у всій індустрії.

Саме такий висновок був зроблений на нещодавній зустрічі в Торонто на Канадській асоціації космічної комерції.

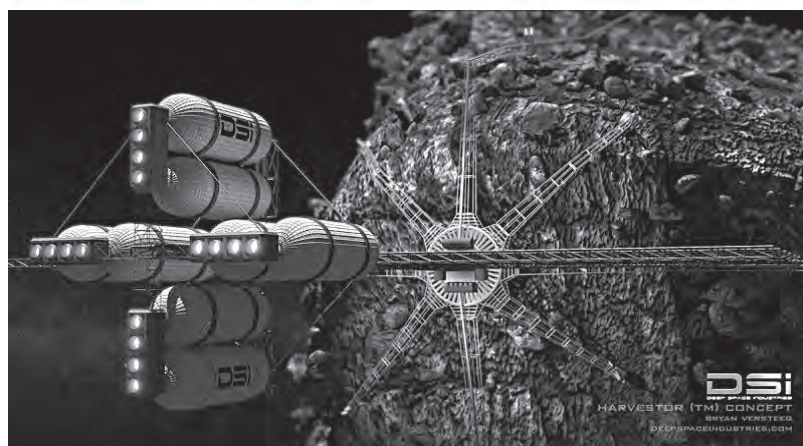
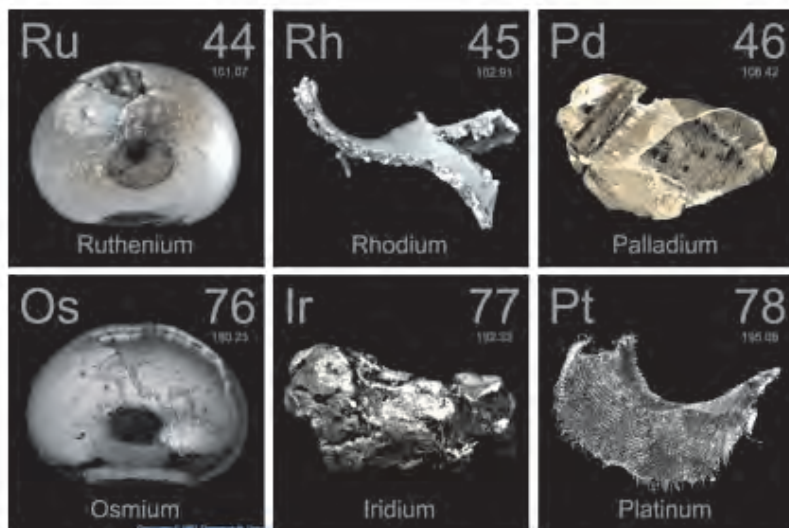


Рисунок 20.27 – Космічний видобуток корисних копалин

У Діп Спейс Індустріс зібрана команда експертів, серед яких є і ветеран з НАСА Джон Менкінс, і незалежний науковий консультант з Австралії Марк Сентер. Вони планують запуснути кілька супутників, розрахованих на роботу в космосі протягом 2 – 6 місяців, а також великий космічний апарат для довгих подорожей.

Команда Планетарії Ресёр планує побудувати і запустити серію телескопів, за допомогою яких вдасться більш докладно вивчати «вміст» астероїдів перш ніж їх безпосередньо будуть розробляти і добувати платину, золото, газ і т.д.

ВИСНОВКИ

- Можна констатувати, що вже настала 4–та промислова революція.
- Штучний інтелект став ключовим трендом 2018 року і обсяг глобальних інвестицій в нього склав понад \$ 200 млрд!
- У найближчі 5 – 10 років все конкурентоспроможні технології будуть базуватися на штучному інтелекті.
- Практично всі інвестори погоджуються, що штучний інтелект – один з найважливіших і ключових факторів у сучасному інноваційному бізнесі.
- На сьогоднішній день передовими країнами в розробці ШІ є: США, Китай, Ізраїль, Індія, Південна Корея і Японія (понад 500 компаній).
- До 2030 року ринок ШІ в Китаї складе \$ 150 млрд.
- Такі компанії як Rio Tinto, Anglo American, Atlas Copco, Caterpillar вкладають мільярди доларів на розвиток технологій ШІ. Сьогодні технології ШІ застосовуються в розвідці, бурінні, сортування та транспортування корисних копалин. Очікується, що до 2020 року загальний дохід від реалізації цих технологій в гірничодобувній промисловості складе \$ 190 млрд.
- В умовах швидко розвивних технологій відчувається брак інженерів, які володіють достатніми навичками для роботи з іноземними інвестиціями. Щоб залучити нових інженерів компанії проводять заняття, мета яких – навчити машинного навчання і суміжних технологій.
- Розвиток сучасних високотехнологічних виробництв, які базуються на штучному інтелекті, робототехніці, діджіталізації, інтернет речей неможливий без використання великої різноманітності дорогіших, рідкісних і рідкісноземельних металів.
- У майбутньому попит на скандій, тулій, кобальт, вольфрам, молібден збільшиться в 2 – 3 рази.
- Для того щоб не опинитися аутсайдером в четвертій промисловій революції, необхідно створити власну систему баз даних і

технологічну базу для підготовки фахівців, розробляти власні технології на основі ШІ і інтегруватися до світового ринку.

Контрольні питання до 20 розділу

- 1. Наведить сценарії щодо подальшого підземного видобутку вугілля із застосуванням штучного інтелекту?*
- 2. Які глобальні зміни чекають вугільну промисловість?*
- 3. Перерахуйте інтелектуальні системи керування технологічними процесами в гірництві.*
- 4. Яка перспектива космічного видобутку корисних копалин?*

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учеб. для вузов / Бондаренко В.И. и др. Днепропетровск, 2002. 730 с.
2. Организация и планирование очистных и подготовительных работ / Бондаренко В.И., Ильяшов М.А., Руденко Н.К., Салли С.В. Днепропетровск: НГУ, 2012. 238с.
3. Бондаренко В.И., Ильяшов М.А., Руденко Н.К. Теория управления состоянием массива горных пород. Днепропетровск: НГУ, 2012. 320 с.
4. Довідник з гірничого обладнання дільниць вугільних і сланцевих шахт: / навчальний посіб. Табаченко Н.М. Дніпропетровськ: РВК ДВНЗ «НГУ», 2012. 432 с.
5. Большая советская энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1975. Т.21. 640 с.
6. Горная энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1984. Т.1. 560 с.
7. Горная энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1986. Т.2. 576 с.
8. Горная энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1987. Т.3. 592 с.
9. Горная энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1984. Т.4. 624 с.
10. Задачник по підземній розробці вугільних родовищ / К.Ф.Сапицький та ін. М.: РВА ДонДТУ, 1999. 194 с.
11. Экология горного производства: учеб. для вузов. М.: Недра, 1991. 320 с.
12. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. М.: Недра, 1991. 221 с.
13. Горные машины и комплексы для подземной добычи угля. Гребенкин С.С. и др. Донецк: ВИК, 2006. 358 с.
14. Единые правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1987. 60 с.
15. Кияшко И.А. Процессы подземных горных работ. К.: Вища школа, 1992. 334 с.
16. Процессы подземных горных работ на пологих угольных пластах / Харченко В.В. и др. Д.: ГВУЗ «НГУ», 2012. 234 с.
17. Краткий справочник горного инженера угольной шахты / под ред. А.С. Бурчакова, Ф.Ф. Кузюкова. М.: Недра, 1982. 450 с.
18. Машины и оборудование для угольных шахт: справочник / под ред. В.И. Хорина. М.: Недра, 1987. 424 с.
19. Охрана труда / под ред. К.С. Ушакова. М.: Недра, 1986. 624 с.
20. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-05. К.: 2010. 398 с.

21. Сборник инструкций по правилам безопасности в угольных шахтах. Том 1. К.: Основа, 2005. 425 с.
22. Сборник инструкций по правилам безопасности в угольных шахтах. Том 2. К.: Основа, 2005. 410 с.
23. Рудничная вентиляция: справочник. М.: Недра, 1988. 440 с.
24. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Макеевка – Донбасс: МакНИИ, 1989. 319 с.
25. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980. 346 с.
26. Борисов С.С. Горное дело: учеб. для техникумов. М.: Недра, 1988. 320 с.
27. Подземный транспорт шахт и рудников: справочник / под об. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. М.: Недра, 1985. 565 с.
28. Геомеханічні основи підвищення стійкості підготовчих виробок / Бондаренко В.І., Бузило В.І., Табаченко Н.М., Медяник В.Ю. Дніпропетровськ: 2010. 408 с.
29. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. М.: Недра. – 1991.
30. Очкуров В.И., Силантьев А.А. Проектирование строительства горных предприятий. Методология принятия решений: учеб. пособие. С.-Пб: СПб гос. горный ин-т (техн. ун-т). 2003. 95 с.
31. Борщ-Компониец В.И., Навитный А.М., Кныш Г.М. Маркшейдерское дело: учеб. для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 397 с.
32. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. – Л.: ВНИМИ, 1982.
33. Килячков А.П. Технология горного производства: учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 415 с.
34. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. М.: Недра, 1978. 494 с.
35. Проскураков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. М.: Недра, 1991. 368 с.
36. Якоби О. Практика управления горным давлением. М.: Недра, 1987. 566 с.
37. Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И. Проектирование шахт. М.: Недра, 1986. 399 с.
38. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт: ВНТП-86. М.: МУП СССР, 1986.
39. Единые нормы выработки и времени для шахт Донецкого и Львовско-Вольнского угольных бассейнов. М.: 1990. 621 с.

40. Укрупненные комплексные нормы выработки для шахт Донецкого и Львовско-Волынского угольных бассейнов. Київ: МУПУ. Доповнення та зміни, 2001. 586 с.

41. / Малкин А.С., Пучков Л.А., Саламатин А.Г., Еремеев В.М. Проектирование шахт: учеб. для вузов / под общ. ред. А.А. Пучкова. 4-е изд. доп и перераб. М.: Издательство Академии горных наук. 2000. 375 с.: ил.

42. Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий: учеб. для вузов. 3-е изд., перераб и доп. М.: Изд. Московского гос. горного ун-та. 2003. 795 с.

43. Пиньковский Г.С. Організація і технологія проектування шахт: монографія. Д.: НГУ, 2013. 600 с.

44. Проектирование технологических систем шахт: учеб. пособ. / С.С. Гребенкин и др; под общ. ред. С.С. Гребенкина, Донецк: ВИК, 2014. 511 с.

45. Младецкий І.К., Пілов П.І. Технологічні розрахунки показників збагачення корисних копалин: навч. посіб. Д.: НГУ, 2005. 156 с.

46. Полулях А.Д., Пілов П.И., Егурнов А.И., Полулях Д.А. Технологический инжиниринг при обогащении полезных ископаемых: учеб. пособ. Д.: НГУ, 2012. 713 с.

47. Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онипрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини : навч. посібн. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. 356 с.

48. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: навч. посібн. Д.: НГУ, 2005. 330 с.

49. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України: монографія / Півняк Г.Г. та ін. Д.: НГУ, 2013. 333 с.

50. Самуся В.И., Ильин С.Р., Кириченко В.Е., Ильина И.С. Динамика канатных и гидротранспортных подъемных комплексов горных предприятий. Д.: НГУ, 2015. 302 с.

51. Интернет Ресурс: Міністерство палива та енергетики України http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=24501778

52. Макогон, Ю.Ф., Морозов И.Ф. Внезапные выбросы и участие в них метана в гидратном состоянии. *Безопасность труда в промышленности*. 1973. № 12. С. 26 – 27.

53. Москаленко Э.М. Исследование изменения температуры выбросоопасного угольного пласта. Уголь Украины, 1980. №3. С. 21 – 24.

54. Дрындин В.А., Макогон Ю.Ф., Москаленко Э.М. Прогнозирование выбросоопасных зон в угольных шахтах. М: МГИ, 1982. 72 с.

55. Скочинский А.А., Ходот В.В. Горная наука и борьба с внезапными выбросами угля и газа на шахтах. М.: Углетехиздат, 1957. 42 с.

56. Бобров В. И., Кричевский В.И. Борьба с внезапными выбросами угля и газа. Киев: Техника, 1964. 286 с.

57. Николин В.Н., Меликсетов С.С., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. М.: Недра, 1967. 81 с.
58. Клюкин Г.К. Особенности внезапных выбросов угля и породы и состоящие выбросоактивного газа. *Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та*. 2009. № 6. С. 38 – 41.
59. Клюкин Г. К. Механизм образования выбросоактивных зон. *Вестник Кузбасского гос.техн. ун-та*. 2010. № 2. С. 56 – 58.
60. Мюллер Р. Л. К вопросу о возможной роли химических процессов при внезапных выбросах угля и газа в угольных шахтах. Вопросы теории внезапных выбросов угля и газа. – М.: Изд-во ИГД АН СССР. 1959. С. 156 – 172.
61. Скрицкий В.А., Сурков А.В., Соболев В.В.. Причины зарождения и развития газодинамических явлений в угольных шахтах. *Научно-технический журнал Вестник*. Проблемы и суждения. 2013. №2. С. 102 – 108.
62. Бондаренко В.И., Моссур А.П. Физико-химические процессы гидратообразования в метанообильных угленосных отложениях и их выбросоопасность: материалы II научно-практич. конф. «Школа подземной разработки». 2008. С. 98 – 103.
63. Бондаренко В.И., Моссур А.П. Выбросоопасность угольных пластов и процессы гидратообразования в метанообильных угленосных отложениях. Форум гірників – 2009: матеріали I міжнарод.конф. “Подземные катастрофы: модели, прогноз, предотвращение” (30.09 – 03.10.2009 г., Днепропетровск, НГУ). - С. 256 – 261.
64. Бондаренко В.И., Овчинников Н.П., Чернуха Л.И.. Исследование процесса образования газогидрата метана в лабораторных условиях на установке НПО-1. IV-Міжнар. наук.-практ. конф. «Школа підземної розробки-2010». Дніпропетровськ. С. 154 – 159.
65. Bondarenko, V., Sviatkina, O., & Sai, K. (2018). Effect of Mechanoactivated Chemical Additives on the Process of Gas Hydrate Formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1-6(91), 17-26. doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123885.
66. Ovchynnikov, M., Ganushevych, K., & Sai, K. (2013). Methodology of Gas Hydrates Formation from Gaseous Mixtures of Various Compositions. *Annual Scientific-Technical Collection – Mining of Mineral Deposits*, 203-205. doi.org/10.1201/b16354-37
67. Bondarenko, V., Sviatkina, O., & Sai, K. (2017). Study of the Formation Mechanism of gas Hydrates of Methane in the Presence of Surface-Active Substances. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5-6(89), 48-55. doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112313
68. Некоторые аспекты теории выбросов угля, породы и газа. Основы теории внезапных выбросов угля, породы и газа. / Ф.А. Абрамов и др. М.: Недра, 1978.С. 92 – 122.

69. Ярунин С.А. Технология извлечения метана из вентиляционных струй шахт. Ярунин С.А., Королева В.Н., Антилогов Ю.Г. // ШАБ. М.: Изд-во МГГУ, 1997. №6. С. 88 – 89.

70. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа. Д.Л. Кац и др. пер. с англ. М.: Недра, 1965. – 676 с.

71. Kovalevska, I., Barabash, M., & Snihur, V. (2018). Development of a research methodology and analysis of the stress state of a parting under the joint and downward mining of coal seams. *Mining of Mineral Deposits*, 12(1), 76-84. <https://doi.org/10.15407/mining12.01.076>

72. Bondarenko, V., Hardygora, M., Symanovych, H., Sotskov, V., & Snihur, V. (2016). Numerical methods of geomechanics tasks solution during coal deposits' development. *Mining of Mineral Deposits*, 10(3), 1-12. <https://doi.org/10.15407/mining10.03.001>

73. Прогноз перемещения контура пластовой выработки в слоистом массиве слабых пород. В.И. Бондаренко и др. Днепропетровск: Системные технологии. 2008.

74. Эттингер И.Л. Внезапные выбросы угля и газа и структура угля. М.: Недра, 1969. 160 с.

75. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., Черватюк, В.Г. Геомеханика нагружения крепи очистных и подготовительных выработок в слоистом массиве слабых пород. Днепропетровск: ЛизуновПресс, 2012.

76. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. О возможности образования газовых гидратов в увлажненных угольных пластах. *Вопросы теории выбросов угля, породы и газа*. К.: Наукова думка, 1978. С.11 – 18.

77. Маевский В.С., Рейпольский П.А., Качко В.Ю. Особенности измерений температуры на выбросо и удароопасных пластах. *Уголь Украины*. 1989. №12. С. 32 – 33.

АЛФАВІТНО-ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Абразивність гірських порід – 64
Буре вугілля – 22
Гірський тиск – 203
Гірничі виробки – 35
Деформація гірських порід – 157, 167
Діджиталізація – 318, 329
Запаси шахтного поля – 56, 59
Земна кора – 5
Індивідуальне кріплення – 153, 161
Кам'яне вугілля – 27
Кріплення сполучення – 193
Кріплення виробок – 79
Лава – 28, 37, 152, 173
Маркшейдерія – 238, 242
Механізовані кріплення – 173
Надробка вугільних пластів – 232
Збагачення вугілля – 243
Навколостовбурний двір – 49
Основні параметри шахти – 59
Очисні агрегати – 183
Очисні роботи – 173
Вантажна машина – 78
Підготовка шахтного поля – 148
Підробка вугільних пластів – 234
Проведення гірничих виробок – 64, 83
Провітрювання – 40, 77, 85, 170, 277
Прохідницькі комбайни – 34, 79, 197
Розкриття родовищ – 61, 142, 156
Розробка потужних пластів – 164
Роботизація – 318

- Руйнування гірських порід – 66
- Суцільна система розробки – 157
- Стовпова система розробки – 159
- Стругове виймання вугілля – 187
- Схема шахтного водовідливу – 251
- Технологічний комплекс поверхні – 39
- Вугленосність – 12
- Вугільні комбайни – 187
- Шахтне поле – 55
- Штучний інтелект – 318, 323
- Елементи залягання – 53

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОЛОГІЮ	5
1.1 Геологічна будова земної кори	5
1.2 Геологічна будова Донбасу	10
1.3 Вугленосність	12
1.4 Загальні відомості про корисні копалини	13
Контрольні питання до 1 розділу	15
2 КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ	16
2.1 Родовища кам'яного та бурого вугілля	16
2.2 Історичні нотатки.....	17
2.3 Скільки в Україні залишилося корисних копалин?	18
2.4 Нафта та газ.....	19
2.5 Вугілля, метал і будматеріали	20
2.6 Корисні копалини сьогодні	21
2.7 Дніпровський басейн	22
Контрольні питання до 2 розділу	25
3 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ШАХТУ	26
3.1 Загальні відомості	26
3.2 Як складена шахта	27
3.3 Із історії гірничої справи.....	31
3.4 Гірничі виробки.....	35
3.4.1 Вертикальні гірничі виробки	36
3.4.2 Горизонтальні гірничі виробки.....	36
3.4.3 Похилі гірничі виробки.....	37
3.4.4 Очисні виробки.....	37
Контрольні питання до 3 розділу	38
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ПОВЕРХНІ ШАХТИ.....	39
4.1 Загальні відомості	39
4.2 Планування шахтної поверхні.....	39
4.3 Об'єкти шахтної поверхні	40

4.4	Адміністративно-побутової комбінат (АБК).....	44
4.5	Історична довідка.....	45
4.6	Технологічний комплекс поверхні.....	46
4.7	Характерні особливості та призначення основних об'єктів шахтної поверхні.....	47
4.8	Навколостовбурний двір.....	49
	Контрольні питання до 4 розділу.....	52
5	ГІРНИЧА ТЕРМІНОЛОГІЯ.....	53
5.1	Елементи залягання корисної копалини.....	53
5.2	Розміри перерізів виробок.....	54
5.3	Шахтне поле.....	55
5.4	Запаси шахтного поля.....	56
5.5	Основні параметри шахти.....	59
5.6	Стадії розробки родовища.....	61
	Контрольні питання до 5 розділу.....	62
6	ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК.....	64
6.1	Основні фізико-механічні властивості гірських порід.....	64
6.2	Руйнування гірських порід.....	66
6.2.1	Загальні відомості.....	66
6.2.2	Основні способи руйнування гірських порід.....	67
6.3	Форми поперечного перерізу гірничих виробок.....	71
6.4	Проведення горизонтальних гірничих виробок.....	74
6.4.1	Відбійка породи.....	76
6.4.2	Провітрювання прохідницьких вибоїв.....	76
6.4.3	Прибирання відбитої породи.....	78
6.4.4	Кріплення підготовчих виробок.....	79
6.5	Особливості проведення похилих гірничих виробок.....	82
6.6	Основні вимоги до технологічних схем проведення гірничих виробок.....	83
	Контрольні питання до 6 розділу.....	86

7 ПІДТРИМКА Й ОХОРОНА ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ІННОВАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ СТІЙКОСТІ...	87
7.1 Підтримка гірничих виробок поза зоною впливу очисних робіт і розрахунок параметрів кріпильних систем.....	87
7.1.1 Загальні положення ресурсозберігаючих технологій зміцнення приконтурних порід гірничих виробок анкерами й розчинами, що твердіють... ..	87
7.1.2 Розрахунок анкерного кріплення.....	99
7.1.3 Розрахунок рамно-анкерного кріплення.....	101
7.1.4 Розрахунок рамного кріплення з тампонажем закріпного простору	105
7.2 Підтримка гірничих виробок у зоні впливу очисних робіт і розрахунок параметрів кріпильних систем	108
7.2.1 Геомеханіка комп'ютерного моделювання системи «масив – кріплення» підготовчих виробок	108
7.2.2 Технологія проведення обчислювального експерименту методом скінченних елементів	111
7.2.3 Технологія зміцнення порід покрівлі комбінованими анкерними системами.....	118
7.2.4 Конструктивно-технологічні схеми підтримки повторно використовуваних виїмкових виробок.....	133
Контрольні питання до 7 розділу.....	142
8 РОЗКРИТТЯ ТА ПІДГОТОВКА ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ.....	143
8.1 Розкриття родовищ.....	143
8.2 Підготовка шахтного поля	148
8.2.1 Панельний спосіб.....	148
8.2.2 Погоризонтний спосіб.....	151
8.2.3 Поверховий спосіб.....	153
Контрольні питання до 8 розділу.....	155
9 РОЗРОБКА ПЛАСТОВИХ РОДОВИЩ ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ ...	156
9.1 Загальні відомості	156
9.2 Розробка вугільних родовищ	156
9.3 Система розробки вугільних пластів довгим очисним вибоєм	157

9.3.1 Суцільна система розробки	157
9.3.2 Стовпова система розробки	159
9.4 Розробка потужних пластів	164
9.5 Система розробки вугільного пласта коротким вибоєм.....	169
Контрольні питання до 9 розділу	171
10 ТЕХНОЛОГІЯ ВИЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ В ОЧИСНОМУ ВИБОЇ.....	172
10.1 Загальні відомості	172
10.2 Очисні роботи.....	173
10.3 Механізовані кріплення	176
10.4 Очисні агрегати	183
10.5 Стругове виймання вугільних пластів	186
10.6 Вугільні комбайни.....	187
10.7 Сполучення лави зі штреком	193
10.8 Прохідницькі комбайни	197
Контрольні питання до 10 розділу	202
11 ГІРСЬКИЙ ТИСК	203
11.1 Загальні положення	203
11.2 Гірський тиск у недоторканому масиві.....	204
11.3 Гірський тиск у капітальних та підготовчих виробках.....	205
11.4 Гірський тиск в очисних виробках.....	207
11.5 Особливості розробки вугільних пластів	209
11.6 Гірський тиск в очисному вибої.....	212
11.7 Індивідуальне кріплення очисних виробок	216
11.8 Способи керування гірським тиском на пологих пластах.....	218
11.9 Деформація порід в очисній виробці.....	221
11.10 Сучасні уявлення про зсув гірських порід при підземній розробці пластових родовищ.....	227
11.10.1 Загальні відомості	227
11.10.2 Зони зсуву в шарах порід покрівлі.....	227
11.10.3 Вертикальні зсуви та деформації масиву гірських порід.....	229

11.11 Надробка вугільних пластів.....	232
11.12 Підробка вугільних пластів	234
Контрольні питання до 11 розділу.....	237
12. ВСТУП ДО КУРСУ МАРКШЕЙДЕРІЇ.....	238
Контрольні питання до 12 розділу.....	242
13 ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН	243
13.1 Загальні відомості	243
13.2 Збагачення вугілля	244
Контрольні питання до 13 розділу	247
14 ВОДОВІДЛИВ НА ШАХТІ	248
14.1 Загальні відомості	248
14.2 Схема шахтного водовідливу.....	251
Контрольні питання до 14 розділу	253
15 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ	254
Контрольні питання до 15 розділу	257
16 ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ НА ГІРНИЧОМУ ПІДПРИЄСТВІ	258
16.1 Основні види транспорту.....	258
16.2 Конвеєрний транспорт	263
16.2.1 Стрічковий конвеєр.....	263
16.2.2 Стрічково-канатні конвеєри.....	267
16.2.3 Скребкові конвеєри	267
16.2.4 Пластинчаті конвеєри	270
16.3 Монорейкові дороги.....	271
16.4 Рейковий шахтний транспорт	273
Контрольні питання до 16 розділу	276
17 ПРОВЕТРЮВАННЯ ШАХТИ ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ.....	277
17.1 Вентиляція шахти	277
17.2 Вентилятори головного провітрювання	281
17.3 Вентилятори місцевого провітрювання	282
17.3.1 Нагнітальний спосіб провітрювання	282
17.3.2 Всмоктувальний спосіб провітрювання.....	283

17.3.3 Комбінований спосіб провітрювання.....	283
17.4 Дегазація вугільних пластів.....	284
17.5 Індивідуальні засоби захисту	286
17.6 Основні правила поведінки робітників у шахті	289
Контрольні питання до 17 розділу	292
18 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КЕРУВАННЯ ШАХТОЮ	293
18.1 Структура керування шахтою.....	293
18.2 Функції керування на гірничому підприємстві.....	295
18.3 Використовані методи керування на шахті.....	297
18.4 Обґрунтування напрямів та розробка заходів з підвищення ефективності менеджменту	298
Контрольні питання до 18 розділу	302
19 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	303
19.1 Інвестиційна привабливість вугільних шахт.....	303
19.2 Особливості інвестицій у вугільну промисловість	305
19.3 Вугільні родовища України як джерело вуглеводородного палива.....	306
19.4 Вугільні шахти в світлі Всесвітнього Гірничого Конгресу 2018 р... 309	
19.5 EURACOAL 2019 III Міжнародна конференція «Вугільна промисловість в умовах декарбонізації.....	311
Контрольні питання до 19 розділу.....	315
20 ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ	318
20.1 Глобальні зміни до 2030 року.....	318
20.2 Інтелектуальні системи керування технологічними процесами	338
20.3 Космічний видобуток корисних копалин.....	342
ВИСНОВКИ.....	345
Контрольні питання до 20 розділу	346
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	347
АЛФАВІТНО-ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	352

Навчальне видання

Бондаренко Володимир Ілліч
Медяник Володимир Юрійович
Руденко Микола Костянтинівич
Ковалевська Ірина Анатоліївна



ШАХТНА ВУГІЛЬНА

п і д р у ч н и к

*для освітньо-професійної програми
підготовки бакалаврів і магістрів галузі
знань 18 «Виробництво та технології»
спеціальності 184 «Гірництво»*

Видавництво і друкарня ТОВ «ЛізуновПрес»
49064, м. Дніпро, пр. Сергія Нігояна, 55
тел.: +38 056 7850274, 7890510, e-mail: lizunoffpress@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ДК № 5373 від 03.07.2017 р.

Віддруковано з готового авторського оригінал-макета

Підписано до друку 24.06.2020. Формат 50×70/8.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 20,5.
Тираж 100 прим. Зам. № 24062020

У підручнику наведено базові уявлення про вугільні шахти. Розглянуто загальні відомості про пластові корисні копалини, поняття про шахту та технологічні комплекси поверхні. Викладено питання щодо проведення гірничих виробок, розкриття і підготовки шахтних полів. Особливу увагу приділено технології виймання і засобів механізації в очисному вибої. Розглянуто також питання провітрювання, водовідливу, маркшейдерії, збагачення, електропостачання та структури управління гірничим підприємством.

