

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



А.О. БОНДАРЕНКО

**ГІРНИЧІ МАШИНИ
ДЛЯ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ**

Навчальний посібник

Дніпро
НГУ
2017

УДК 622.271

Б81

Затверджено до видання вченою радою університету як навчальний посібник для студентів за спеціальностями: 184 «Гірництво», 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (протокол № 9 від 30.05.2017).

Рецензенти:

Б.Ю. Собко– д-р техн. наук, проф.;

В.В. Проців – д-р техн. наук, проф.

Бондаренко А.О.

Б81 Гірничі машини для відкритих гірничих робіт : навч. посібник / А.О. Бондаренко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2017. – 123 с.

ISBN 978–966–350–644-9

Розглянуто конструкцію, принцип дії, сферу застосування, основи технологічного розрахунку машин для виконання основних та допоміжних робіт з видобутку, транспортування й переробки твердих корисних копалин відкритим способом, зокрема: машин для буріння вибухових і розвідувальних свердловин; виймально-навантажувальних машин; виймально-транспортувальних машин; машин для вибійної переробки та перевантаження гірської маси; устаткування для гідравлічної механізації гірничих робіт; плавучих машин для розробки обводнених родовищ корисних копалин; а також видобувних комплексів для глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану і свердловинного гідровидобутку корисних копалин.

УДК 622.271

ISBN 978–966–350–644-9

© А.О. Бондаренко, 2017
© Державний ВНЗ «НГУ», 2017

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	6
1. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ Й СПОСОБИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД.....	7
1.1. Основні фізико-механічні властивості гірських порід	7
1.2. Способи руйнування гірських порід	10
1.3. Загальна класифікація гірничих машин для відкритої розробки родовищ.....	11
Висновки.....	12
Контрольні питання.....	12
2. БУРИЛЬНІ МАШИНИ	13
2.1. Загальні відомості.....	13
2.2 Класифікація бурильних машин.....	14
2.3. Верстати ударного буріння.....	17
2.4. Верстати обертального буріння шарошковими долотами.....	18
2.5. Верстати обертального буріння різальними коронками.....	19
2.6. Верстати ударно-обертального буріння.....	20
2.7. Верстати комбінованого буріння.....	21
2.8. Інструмент бурових машин.....	22
2.8.1. Буровий і допоміжний інструменти для ударно-канатного буріння.....	22
2.8.2. Буровий інструмент для верстатів обертального буріння шарошковими долотами	25
2.8.3. Буровий інструмент для верстатів обертального буріння різальними коронками	27
2.8.4. Буровий інструмент верстатів ударно-обертального буріння...28	
2.8.5. Буровий інструмент верстатів комбінованого буріння.....	30
2.9. Нові методи руйнування гірських порід.....	31
2.10. Продуктивність бурових верстатів	32
Висновки.....	33
Контрольні питання.....	33
3. ВІЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНІ МАШИНИ	34
3.1. Класифікація екскаваторів та принцип їх дії	34
3.1.1. Загальні відомості	34
3.1.2. Принцип дії та сфера застосування одноківшевих екскаваторів.....	34
3.2. Робоче обладнання одноківшевих екскаваторів.....	39
3.2.1. Робоче обладнання канатних екскаваторів (механічних лопат).....	39
3.2.2. Робоче обладнання гідравлічних екскаваторів.....	47
3.2.3. Робоче обладнання драглайна та грейфера	49

3.3. Багатоківшеві екскаватори.....	53
3.3.1. Принцип дії та сфера застосування багатоківшевих екскаваторів.....	53
3.3.2. Ланцюгові екскаватори.....	54
3.3.3. Скребково-ківшеві екскаватори.....	56
3.3.4. Роторні екскаватори.....	56
3.3.5. Робоче обладнання ланцюгових екскаваторів.....	58
3.3.6. Робоче обладнання роторних екскаваторів.....	60
3.4. Фрезерні екскаватори.....	62
3.5. Продуктивність екскаваторів.....	62
Висновки.....	65
Контрольні питання.....	65
4. ВИМАЛЬНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНІ МАШИНИ.....	66
4.1. Загальні положення.....	66
4.2. Бульдозери.....	67
4.3. Розпушувачі.....	70
4.4. Одноківшеві навантажувачі.....	73
4.5. Скрепери.....	77
4.6. Автогрейдери.....	80
4.7. Продуктивність ВТМ.....	82
Висновки.....	85
Контрольні питання.....	85
5. ВИБІЙНІ ДРОБАРНО-СОРТУВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ.....	86
Висновки.....	90
Контрольні питання.....	91
6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ.....	92
6.1. Загальні положення.....	92
6.2. Гідромонітори.....	92
6.3. Технологічний розрахунок гідромоніторів.....	97
6.4. Машини для підводного видобутку корисних копалин.....	98
6.5. Розрахунок продуктивності землесосних снарядів.....	101
6.6. Драги.....	102
6.7. Розрахунок продуктивності багаточерпакових драг.....	105
Висновки.....	106
Контрольні питання.....	106
7. КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ГЛИБОКОВОДНИХ РОДОВИЩ.....	107
7.1. Комплекси для глибоководного видобутку залізомарганцевих конкрецій.....	107

7.1.1. Гідравлічна система.....	107
7.1.2. Канатно-черпакова система.....	108
7.1.3. Автономна модульна система.....	110
7.1.4. Порівняльна характеристика глибоководних видобувних комплексів.....	110
7.2. Агрегати збирання конкрецій.....	112
Висновки.....	117
Контрольні питання.....	117
8. СВЕРДЛОВИНИЙ ГІДРОВИДОБУТОК КОРИСНИХ КОПАЛИН.....	118
Висновки.....	121
Контрольні питання.....	121
ВИСНОВОК.....	121
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	122

ВСТУП

Основним завданням гірничої промисловості є забезпечення потреб промисловості у корисних копалинах шляхом упровадження ефективних технологій видобутку, транспортування й первинної переробки вихідної гірничої сировини.

Сучасний кар'єр являє собою гірниче підприємство з високим рівнем механізації основних та допоміжних видобувних і транспортних робіт, на яких задіяні бурові станки, одноківшеві й багатоківшеві екскаватори, виймально-транспортувальні машини, гідромонітори, землесосні снаряди і драги. Особливістю сучасного кар'єра є використання пересувних вибійних дробильно-сортувальних комплексів.

Розширення гірничого виробництва пов'язано з необхідністю розробки усе більш бідних за вмістом родовищ корисних копалин зі складними гірничо-геологічними і гідрологічними умовами, освоєнням родовищ у віддалених і необжитих районах із несприятливими кліматичними і метеорологічними умовами.

Ефективна робота складної кар'єрної техніки залежить від рівня підготовки інженерно-технічного персоналу підприємства. Сучасний гірничий інженер повинен знати основи механізації й автоматизації гірничого виробництва, технічні можливості гірничих машин і комплексів й основи технологічного розрахунку. Він також повинен знати і суворо дотримуватись правил безпеки експлуатації машин при виконанні гірничих робіт.

Предметом вивчення в даному навчальному посібнику є нові засоби і способи ведення відкритих гірничих робіт на підприємствах гірничовидобувної та інших галузей промисловості, розрахунок технологічних параметрів.

Для обґрунтування вибору технічних засобів і технології їх використання майбутній інженер повинен отримати низку знань, щодо:

- *конструкцій гірничих машин для виконання робіт з відкритого видобутку, транспортування й первинної переробки корисних копалин, сферу їх використання, переваги та недоліки, які їм відповідають;*
- *конструкції і технології використання видобувних комплексів для глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану;*
- *свердловинного гідровидобутку корисних копалин.*

На базі цих знань студент повинен уміти:

- *вибрати обладнання для виконання гірничих робіт з відкритого видобутку, транспортування й первинної переробки корисних копалин з огляду на гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови їх залягання;*
- *вибирати обладнання для виконання гірничих робіт засобами гідравлічної механізації з огляду на гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови залягання корисних копалин;*
- *виконувати технологічний розрахунок гірничих машин;*
- *вибирати тип видобувного комплексу і агрегата збирання для глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану;*
- *вибирати обладнання для розробки сухопутних і підводних родовищ корисних копалин свердловинним методом.*

1. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ Й СПОСОБИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Метою розділу є вивчення фізико-механічних властивостей гірських порід, а також сучасних технологій їх руйнування, які застосовуються в даний час для виконання відкритих гірничих робіт.

Засвоївши матеріали розділу, студент повинен знати фізико-механічні властивості основних гірських порід, способи їх руйнування в умовах відкритих гірничих робіт, а також загальну класифікацію машин для виробництва відкритих та підводних гірничих робіт.

1.1. Основні фізико-механічні властивості гірських порід

Гірські породи – це щільні або пухкі мінеральні агрегати, які виникли у результаті геологічних процесів та утворюють земну кору у вигляді самостійних геологічних агентів.

Фізико-механічними властивостями гірської породи називають сукупність відповідних властивостей, які визначають дію гірської породи у процесі деформації, пов'язаної з її видобутком, транспортуванням і переробкою.

У табл. 1.1 та 1.2 наведено фізико-механічні властивості, котрими характеризуються гірські породи, та їх визначення [1 – 4].

Таблиця 1.1

Фізичні властивості гірських порід

Щільність	Відношення маси породи до її об'єму при природній вологості. Позначається ρ_{Π} (кг/м ³ або т/м ³)
В'язність	Визначається величиною зчеплення окремих частинок породи та характеризує здатність останньої чинити опір їх розділенню
Зчеплення	Сила зв'язку між частинками, яка обумовлена молекулярними цементаційними, структурно-колоїдними, водоадсорбційними механічними зв'язками й взаємодіями; визначається як дотичне напруження, необхідне для подолання безпосереднього зчеплення між частинками породи при зсуві Z_M (МПа)
Липкість	Здатність породи прилипати до різних предметів. Характеризується питомим налипанням (Н/м ²)
Теплопровідність	Величина, яка характеризує теплопровідні властивості породи і залежить від її хімічних властивостей та стану. Позначається як λ (Вт/м·К)
Вологість	Відношення маси води в зразку до маси його твердих частинок. Характеризується коефіцієнтом вологості
Пористість	Відношення об'єму, зайнятого порами, до всього об'єму породи. Характеризується коефіцієнтом пористості

Механічні властивості гірських порід

Твердість	Здатність породи чинити опір проникненню в неї іншого, більш твердого тіла
Міцність	Опір породи загальному руйнуванню. Характеризується коефіцієнтом міцності f за шкалою М.М. Протодьяконова
Гранулометричний склад	Вміст за масою частинок різної крупності (розміру)
Кут природного укосу	Кут в основі конуса, який утворюється при відсипанні розрихленої породи з постійної висоти. Позначається φ_0 (град)
Розпушеність	Відношення об'єму розпушеної породи до первинного її об'єму (у цілику). Характеризується коефіцієнтом розпушення k_p
Опір породи вдавненню	Характеризується коефіцієнтом опору зминанню p_0 (Н/см ³ або Н/м ³), що визначається величиною навантаження, під дією якого стрижень з опірною поверхнею площею в 1 см ² вдавлюється в породу на глибину 1 см
Тріщинуватість	Характеризується наявністю в гірській породі тріщин, що утворюються при розірванні внутрішніх зв'язків у породному масиві
Абразивність	Властивість породи інтенсивно зношувати інструмент, який її руйнує
Опір різанню	Здатність породи чинити опір механічному впливу, що викликає визначену сукупність напружень стиснення, розтягування й зсуву, подолання яких завершується руйнуванням породи й відділенням від масиву шматків або шарів. Характеризується опором різанню k (МПа), тобто зусиллям, віднесеним до одиниці площі поперечного перерізу пласта породи, який вирізається

Класифікують гірські породи за декількома показниками: міцності, складності руйнування й буримості, ступеня складності екскавації й т.ін. Кожна класифікація має виключно прикладне значення, тому зв'язати їх за будь-яким показником не завжди виявляється можливим.

Найбільше поширення набула класифікація гірських порід за міцністю, яка запропонована проф. М.М. Протодьяконовим (табл. 1.3). Оцінюється вона коефіцієнтом міцності f , який знаходиться в інтервалі значень від 0,3 до 20 [1–4].

Академік В.В. Ржевський запропонував класифікацію гірських порід за відносною складністю руйнування P_p і буріння P_b . Усі породи за цією системою поділяються на п'ять класів (табл. 1.4), кожен з яких містить породи п'яти категорій, які поєднані однією загальною ознакою. Таким чином, усі породи поділяються на 25 категорій, а показник категорії співпадає з величиною P_p або P_b . Рідко зустрічаються породи з $P_p > 25$ й $P_b > 25$, їх відносять до позакатегорійних (табл. 1.4) [1 – 4].

Таблиця 1.3

Класифікація гірських порід за шкалою М.М. Протодьяконова

Категорія	Ступінь міцності породи	Гірська порода	f
1	Вищий	Найбільш міцні, щільні й в'язкі кварцити та базальти. Виключні за міцністю інші породи	20
2	Дуже міцні	Дуже міцні гранітові породи. Найміцніші пісковики й вапняки	15
3	Міцні	Граніт щільний, дуже міцні піщаники й вапняки	10
3а	Те саме	Вапняк міцний, неміцний граніт, міцний пісковик. Мармур, доломіт, колчедан	8
4	Доволі міцні	Звичайні пісковики, залізні руди	6
4а	Те саме	Пісковикові сланці, сланцеві пісковики	5
5	Середньої міцності	Міцний глинистий сланець, неміцні пісковики й вапняки, конгломерати	4
5а	Те саме	Неміцні сланці, щільний мергель	3
6	Доволі м'які	М'який сланець, дуже м'який вапняк, крейда, кам'яна сіль, гіпс, звичайний мергель, зруйнований пісковик, каменистий ґрунт	2
6а	Те саме	Щебенистий ґрунт, зруйнований сланець, міцне кам'яне вугілля, затверділа глина	1,5
7	М'які	Щільна глина, міцні наноси, м'яке кам'яне вугілля	1
7а	Те саме	Легка піскувата глина, льос, гравій	0,8
8	Землисті	Рослинна земля, торф, м'який суглинок, вологий пісок	0,6
9	Сипкі	Пісок, осипи, насипна земля, мілкий гравій	0,5
0	Пливучі	Пливун, болотистий ґрунт, розріджений льос та інші розріджені породи	0,3

Класифікація гірських порід за складністю їх руйнування і буріння

Клас породи та її характеристики при руйнуванні	Показник P_p	Клас породи та її характеристики при бурінні	Показник P_b
1 – напівскельні, щільні та зв'язні м'які	1–5	1 – легкобуримі	1–5
2 – легкоруйнівні скельні	5,1–10	2 – середньої буримості	6–10
3 – середньої складності руйнування, скельні	10,1–15	3 – складнобуримі	11–15
4 – складноруйнівні скельні	15,1–20	4 – занадто складно буримі	16–20
5 – занадто складноруйнівні скельні	20,1–25	5 – виключно складнобуримі	21–25
Понадкатегорійні	>25	Понадкатегорійні	>25

1.2. Способи руйнування гірських порід

Процеси руйнування й виїмання з вибою порід у процесі гірничих робіт визначаються значною трудомісткістю.

Руйнування гірських порід може виконуватися такими способами [1 – 4]:

– **механічним**, коли робочі органи безпосередньо відділяють породу від масиву. Витрата енергії на одиницю об'єму зруйнованої породи (енергоємність) складає приблизно 0,2 – 1,7 кВт·г/м³;

– **гідралічним**, коли порода відокремлюється від масиву напірним струменем води з гідромонітора або всмоктується земснарядом з підводного вибою. Енергоємність руйнування породи напірним струменем складає 0,4 – 4 кВт·г/м³, а при роботі земснаряда 0,2 – 2 кВт·г/м³;

– **вибуховим**, коли порода руйнується під тиском газів, які виділяються вибуховими речовинами (ВР). Енергоємність тільки буріння вибухових свердловин складає 0,8 – 1,1 кВт·г/м³;

– **фізичним**, коли руйнування або зменшення міцності гірських порід досягається за допомогою ультразвуку, токів високої частоти, теплового впливу;

– **хімічним**, коли для відокремлення порід від масиву їх переводять у рідкий або газоподібний стан;

– **комбінований**, наприклад, гідралічний спосіб може комбінуватися з механічним.

Механічний спосіб руйнування гірських порід може виконуватися з різними швидкостями силової дії. Вважається, що при швидкостях впливу до 2,5 м/с **механічний** спосіб називається **статичним**, а при швидкостях вище 2,5 м/с – **динамічним**.

До динамічного способу руйнування відносять такі види:

– **вібраційний**, коли для руйнування порід створюють примусове вібрування робочого органа, що приводить до зменшення сил внутрішніх зв'язків порід і відповідно до зниження тягового опору переміщення машини;

– **ударний**, коли руйнування породи відбувається за допомогою ударника з визначеною масою й швидкістю, тобто енергією удару;

– **високошвидкісний**, коли руйнування міцних порід виконується за допомогою високошвидкісних робочих органів (швидкість різання більше 5 м/с);

– **імпульсний**, коли руйнування порід здійснюється за допомогою імпульсної техніки, робота якої базується на використанні енергії вибуху в машинах і механізмах. При цьому руйнування може здійснюватися рідкими, твердими й газоподібними передавальними середовищами, які безпосередньо впливають на гірську породу й реалізують в імпульсній формі енергію вибуху.

На гірничих підприємствах найбільшого поширення набув **механічний** спосіб руйнування порід – до 85 % всього об'єму гірничих і земляних робіт.

Фізичний і хімічний способи знаходяться в стадії експериментальних досліджень, опробування й освоєння.

1.3. Загальна класифікація гірничих машин для відкритої розробки родовищ

У гірничовидобувній промисловості в цілому а, на підприємствах, що видобувають корисні копалини відкритим способом, зосереджена велика кількість усілякої техніки, за допомогою якої виконується видобуток, транспортування й переробка значних об'ємів гірської маси. На гірничих підприємствах постійно впроваджується нове, високопродуктивне обладнання для видобутку, транспортування й переробки порід, застосовуються нові засоби автоматизації й механізації технологічних процесів, у тому числі допоміжних робіт. Обладнання для виконання відкритих гірничих робіт за технологічною ознакою можна поділити на такі сім класів:

– **машини для підготовки гірських порід до виймання (бурові машини);**

– **виймально-навантажувальні машини;**

– **виймально-транспортувальні машини;**

– **відвалоутворювальні машини;**

– **машини для переробки;**

– **машини для гідравлічної механізації гірничих робіт;**

– **машини для допоміжних робіт.**

Нині набули великого значення родовища, які залягають на дні водоймищ, морів і океанів. Обладнання для підводних гірничих робіт також класифікують за технологічними ознаками і поділяють на:

– **механічні снаряди;**

- землесосні снаряди;
- драги;
- машини для переробки;
- машини для глибоководного видобутку.

Машини кожного класу поділяють на групи, причому в кожній групі є машини, які відрізняються не тільки за характером виконуваної роботи, а і за конструкцією машини або вузлів. Кожна машина може мати декілька типорозмірів, тому може відрізнятися параметрами, а не конструкцією. Типи машин класифікуються за такими ознаками: призначенням й родом роботи, місткістю ковша, видом робочого, ходового й силового обладнання та ін.

Висновки

У розділі наведені фізико-механічні властивості гірських порід, які визначають характер поведінки самої породи у процесі деформації, пов'язаної з її видобутком, транспортуванням і переробкою. Розглянуто характеристики гірських порід за декількома показниками. Виконано загальну класифікацію способів руйнування гірських порід та гірничих машин, призначених для виконання відкритих і підводних робіт.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте поняття «щільність гірських порід».
2. Що таке гранулометричний склад?
3. Що являє собою кут природного схилу?
4. Наведіть класифікацію способів руйнування гірських порід?
5. Наведіть загальну класифікацію гірничих машин для відкритих робіт.
6. Наведіть загальну класифікацію гірничих машин для підводних робіт?

2. БУРИЛЬНІ МАШИНИ

Метою розділу є вивчення конструкцій бурових машин, що використовують нині для виконання гірничих робіт при розробці корисних копалин відкритим способом.

Вивчивши матеріали розділу, студент повинний знати конструкції бурових машин та робочого інструменту, сферу їхнього застосування, властиві їм переваги й недоліки, а також уміти вибирати бурові машини та буровий інструмент виходячи з гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов залягання корисної копалини.

2.1. Загальні відомості

Для розвідки, розкриття або видобутку твердих, рідких і газоподібних корисних копалин, а також для проведення різних допоміжних робіт у гірських породах бурять вертикальні, горизонтальні або похилі шпури й свердловини.

Буріння – це процес спорудження гірничої виробки циліндричної форми шляхом руйнування гірських порід у торцевому вибої.

Шпуром прийнято називати штучне циліндричне заглиблення в гірських породах діаметром до 75 мм і глибиною до 9 м.

Свердловиною називають штучне циліндричне заглиблення в гірських породах діаметром більше 75 мм і глибиною більше 9 м [1 – 4].

Буріння виконується за допомогою бурової установки – комплексу обладнання, яке містить бурову вишку (башту) силовий привід, механізм пересування, обладнання для механізації спуско-підймальних операцій і очищення свердловин та ін.

Для виконання буропідривних робіт бурять шпури або свердловини, в які закладають вибухову речовину (ВР).

У загальній технології відкритих гірничих робіт буропідривні роботи є одним з основних і трудомістких виробничих процесів. На частку буропідривних робіт припадає в середньому від 16 до 32 % усіх витрат, необхідних для видобутку твердих корисних копалин. Від якості розпушення гірських порід залежать продуктивність навантажувальних та транспортувальних машин, довговічність й ефективність їх експлуатації [1 – 4].

Подальший розвиток бурильної техніки передбачає: розробку нових способів буріння; удосконалення процесу автоматизації керування режимами буріння і допоміжними операціями; зменшення часу на спуско-підймальні операції; буріння вибухових свердловин без нарощування бурових штанг; конструювання необертальних бурових поставів; використання стабілізаторів і амортизаторів; удосконалення й впровадження на верстатах шарошкового буріння електровібробурів; освоєння нових типів шарошкових долот і додаткового устаткування до них та більш широке використання верстатів комбінованого буріння.

2.2. Класифікація бурильних машин

Бурові верстати класифікуються за характером (способом) руйнування гірської породи, типом приводу й призначенням (рис. 2.1) [1 – 4].

Буріння гірської породи можна здійснювати механічним і немеханічним способами. Механічний спосіб реалізується за допомогою машин ударного, обертального, ударно-обертального буріння, коли руйнування гірської породи виконується інструментом під дією силових навантажень, що до нього прикладаються (табл. 2.1) [1 – 4].

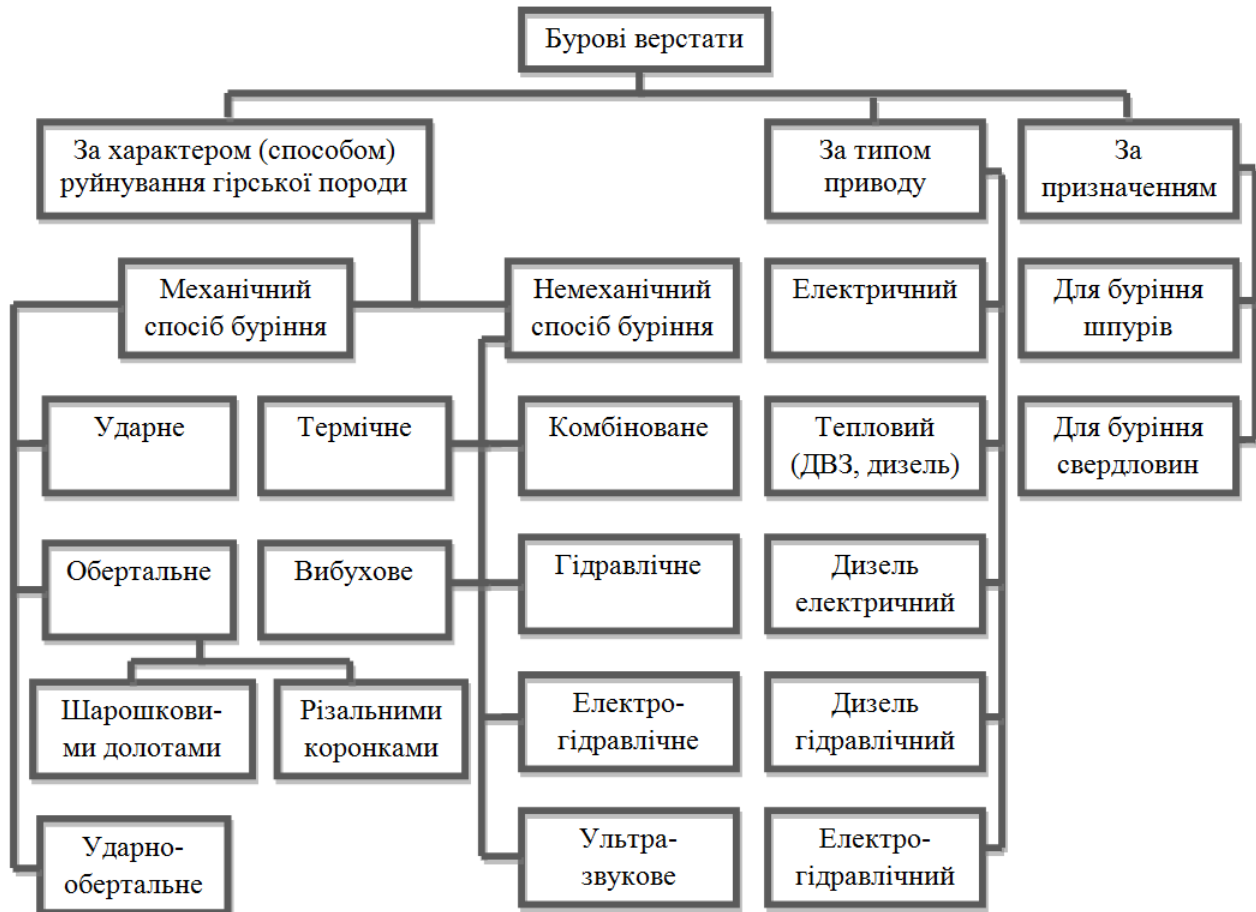
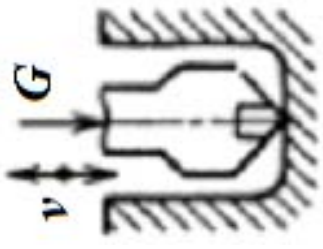
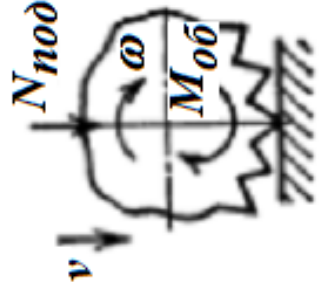
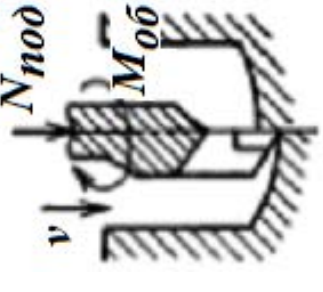
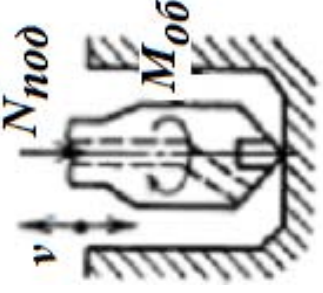


Рис. 2.1. Класифікація бурильних машин для відкритих гірничих робіт

Ударний спосіб буріння здійснюється шляхом нанесення ударів інструментом по породі. Удари наносять по хвостовику бура, леза якого, заглиблюючись, руйнує деякий об'єм породи. Після кожного удару буровий інструмент примусово повертається і поступово руйнує породу за всім перерізом свердловини. Цей спосіб буріння використовується в бурильних машинах – перфораторах.

Удари по породі для її руйнування можна наносити буровим інструментом, періодично падаючим зі встановленої висоти на вибій під дією власної ваги. Ударом утворюються великі питомі навантаження на лезо коронки, що більш ефективно для руйнування крихких гірських порід.

Таблиця 2.1

Бурильні машини для відкритих гірничих робіт		Обертальне буріння		Ударно-обертальне буріння	Комбіноване буріння
		Шарошковими долотами	Різальними коронками		
Найменування	Ударно-канатне буріння				
Тип верстага	 БС	 СБШ	 СБР, СВБ, БМК	 СБУ	
Призначення	Для буріння свердловин у породах середньої міцності і міцних ($f \leq 20$)	Для буріння свердловин у породах середньої міцності і міцних ($f = 6 - 18$)	Для буріння свердловин у вугільних породах і породах середньої міцності ($f \leq 6$)	Для буріння свердловин у породах середньої міцності і міцних ($f = 6 - 18$)	СБШК, СБТМ
Принцип руйнування породи	Під дією ваги інструмента з наступним його поворотом при відході від вибою після кожного удару	Під дією ударів зубців шарошок при обертанні притиснутого до вибою інструмента	За рахунок зрізування стружки при обертанні притиснутого до вибою інструмента	Під дією ударів, які наносяться по інструменту, що безперервно обертається	Шляхом комбінування якого-небудь механічного й термічного способів буріння
Спосіб очищення свердловини	Желонкою	Продуванням стисненим повітрям або вонодоповітряною сумішшю	Шнеком або шнекопневматичним очищенням	Продування стисненим повітрям	

Поворот інструмента відбувається під дією пружних сил закручування каната, на котрому підвішений буровий інструмент. Так працюють верстати ударно-канатного буріння.

При **обертальному** способі буріння руйнування вибою свердловини сколюванням, зминанням, стиранням здійснюється інструментом, який обертається з прикладенням до нього значного осьового навантаження. Цей спосіб реалізується у верстатах обертального буріння шарошковими долотами із різальними коронками.

При **ударно-обертальному** способі буріння буровий інструмент безперервно обертається навколо своєї осі та по ньому наносяться удари. Осьове зусилля прикладається до інструмента з метою нейтралізації сил віддачі, які діють на нього в момент удару. Цей спосіб застосовується у верстатах ударно-обертального типу із заглибленими пневмоударниками. Немеханічним (фізичним) способом здійснюється термічне, вибухове, гідравлічне, електро-гідравлічне, ультразвукове і комбіноване буріння. При цьому способі буріння силові навантаження на гірську породу передаються через рідинне або газоподібне середовище. Незважаючи на появу нових немеханічних способів буріння, механічний залишається найбільш затребуваним.

За типом приводу бурові верстати поділяють на електричні і теплові, що працюють від двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

За призначенням бурові верстати поділяють на машини для буріння шпурів, а також свердловин середнього та великого діаметра.

Основні параметри бурових верстатів – діаметр, глибина і кут нахилу свердловини. Згідно з діючими стандартами до основних типів бурових верстатів відносять [1 – 4]:

– **СБШ** – верстати обертального буріння шарошковими долотами – п’яти типорозмірів з номінальними діаметрами буріння 160, 200, 250, 320 та 400 мм при $f = 6 - 18$;

– **СБР** – верстати обертального буріння різальними коронками – двох типорозмірів з номінальними діаметрами буріння 125 та 160 мм при $f = 2 - 6$;

– **СБУ** – верстати ударно-обертального буріння – чотирьох типорозмірів з номінальними діаметрами буріння 100, 125, 160 та 200 мм при $f = 6 - 18$.

Для буріння гірських порід різної міцності та структури в складних гірничо-геологічних умовах застосовують верстати комбінованого буріння, які поєднують у собі механічний і немеханічний (термічний) способи буріння. Типорозмір таких верстатів визначається за тим способом буріння, який є переважаючим.

Найбільшого застосування при виконанні відкритих гірничих робіт набули верстати обертального буріння шарошковими долотами, якими виконується близько 80 % усіх об’ємів бурових робіт.

2.3. Верстати ударного буріння

До цих машин відносять верстати ударно-канатного буріння. Ударний спосіб буріння використовується також у перфораторах, котрі задіяні на кар'єрах для буріння шпурів у невеликих шматках гірської породи, при видобутку декоративного каміння та ін.

Верстати ударно-канатного буріння, як правило застосовуються при бурінні: свердловин на воду, гідрогеологічних, водознижувальних і вибухових свердловин, а також при геологічній розвідці розсіпних та інших родовищ.

Такими станками бурять вертикальні свердловини діаметром 200 – 900 мм на глибину 50 – 500 м в породах різних категорій міцності [1 – 4].

Верстати ударно-канатного буріння (рис. 2.2) мають буровий снаряд 1 масою 1000 – 3000 кг, який підвішений на канаті 2. Кривошипно-шатунний механізм 3 за допомогою відтяжного блока 4 періодично підіймає й відпускає буровий снаряд, який лезом долота, що має форму клина, наносить удари по породі вибою. Накопичена кінетична енергія при ударі долота по породі витрачається на її руйнування. Усі механізми набувають руху від головного вала 5 двигуна 6 за допомогою муфт та шківів, що дозволяє незалежно вмикати кожний механізм верстата.

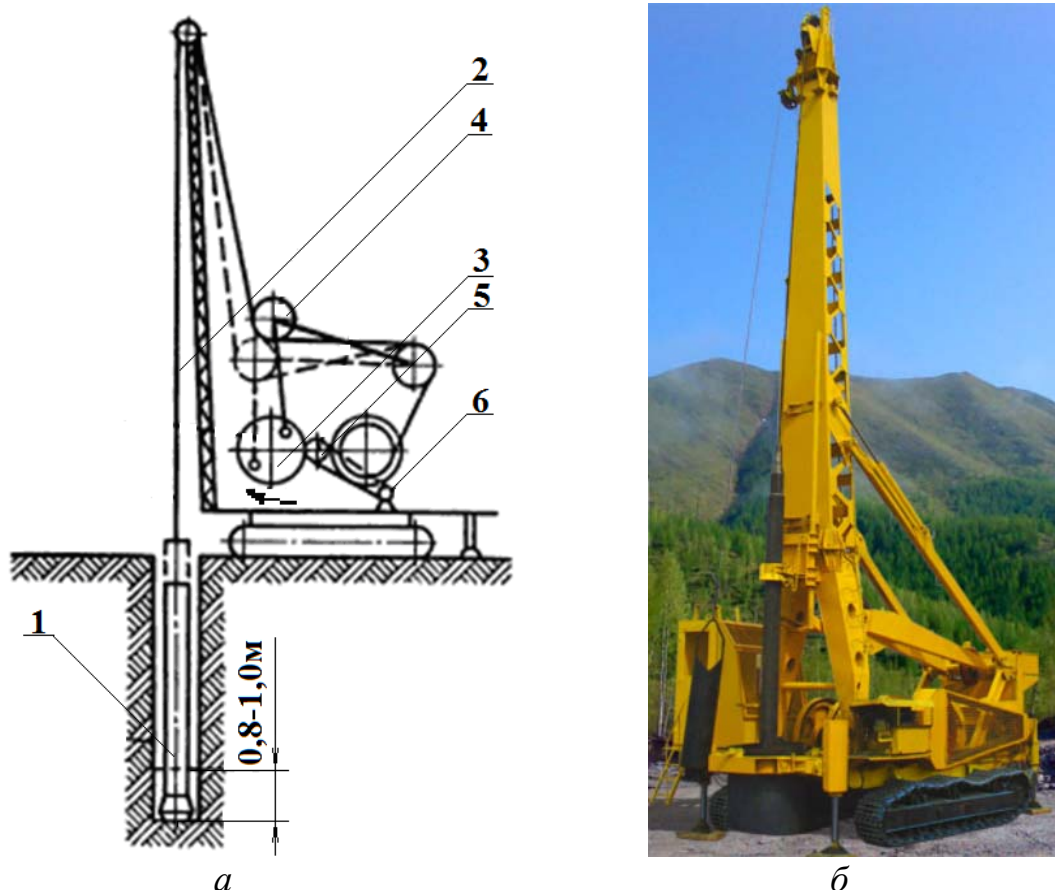


Рис. 2.2. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) верстата ударно-канатного буріння

Для отримання свердловини круглого перерізу та рівномірного руйнування породи у вибої долото з ударною штангою після кожного удару під

час його підняття над вибоєм свердловини повертається на кут від 15 до 60°. При піднятті бурового снаряда канат натягується й розкручується, що приводить до повороту бурового снаряда. При ударі снаряда по породі натяг каната слабшає і замок, який з'єднує канат зі штангою (долотом), повертається під дією закручувальних зусиль каната.

В міру заглиблення свердловини збільшують вільну довжину каната. Під час буріння до свердловини подають воду. Зруйнована порода знаходиться у зваженому стані, утворюючи шлам, який видаляється зі свердловини за допомогою відповідного інструмента – желонки.

Очищення свердловин при бурінні міцних порід виконується через 0,4 – 0,9 м, при бурінні слабких порід – через 0,9 – 1,5 м і більше.

Основний недолік верстатів цього типу – мала частота ударів (45 – 60 хв⁻¹), що обмежує їхню продуктивність. Збільшити частоту ударів неможливо, оскільки тривалість падіння бурового снаряда залежить від прискорення вільного падіння й висоти підняття інструмента (0,8 – 1 м).

2.4. Верстати обертального буріння шарошковими долотами

До цих машин відносяться верстати, які призначені для буріння вертикальних і похилих свердловин у породах середньої міцності й міцних. Руйнування породи здійснюється шарошковим долотом, під час обертання якого при постійному зусиллі подачі зубці шарошок сколюють та раздавлюють гірську породу [1 – 4].

Верстати шарошкового буріння (рис. 2.3) мають шарошкове долото 1, закріплене на кінці штанги 2. Обертач 3 обертає штангу, а механізм подачі 4 спрямовує її на вибій. Зруйнована гірська порода видаляється стисненим повітрям або водовітряною сумішшю, що подається до свердловини пустотілими буровими штангами.

Верстати обладнані гідро- й пневмосистемами, пилоуловлювачами, машинним відділенням, електропристроями, кабіною машиніста з пультом керування та ходовим механізмом. Верстати шарошкового буріння дозволяють бурити з високою продуктивністю в різних гірничо-геологічних умовах. Відрізняються ці верстати між собою конструкцією обертально-подавального механізму, яким визначається частота обертання й швидкість подачі інструмента, величинами осьових зусиль подачі, крутильних моментів та ін.

Щогла верстата шарошкового буріння являє собою зварну просторову ферму, виконану зі сталевих кутиків і швелерів. Нижньою частиною щогла шарнірно зв'язана з платформою верстата. До щогли кріпиться механізм для її підняття й опускання. За допомогою цього механізму щогла може встановлюватися у різних положеннях: вертикальному або нахиленому робочому і горизонтальному транспортному. Підняття й опускання щогли здійснюється за допомогою гідроциліндрів або канатного механізму.

На щоглі розташовані обертач, механізми подачі й підняття бурового поставу, пристрій для накопичення й подачі штанг, накручування й

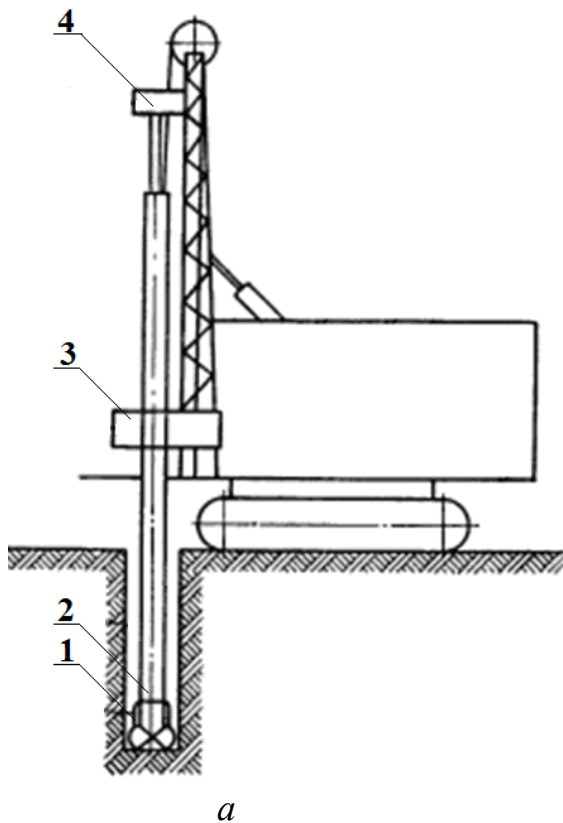


Рис. 2.3. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) верстата обертального буріння шарошковими долотами

розкручування бурового поставу та інше обладнання. Пристрій для накопичення й подачі штанг (сепаратор) дозволяє механізувати процес нарощування бурового поставу робочими штангами, які зберігаються в передбачених для них гніздах касети. Для закріплення штанг на осі буріння (або зняття їх з осі буріння) використовують гідроциліндр. Для накручування або розкручування штанг і шарошкового долота застосовується відповідний механізм, який дозволяє повністю механізувати цей процес. Зазвичай він встановлюється в нижній частині щогли.

2.5. Верстати обертального буріння різальними коронками

Процес буріння цими верстатами полягає в тому, що буровий інструмент обертається двигуном через редуктор і одночасно подається на вибій механізмом подачі або під впливом ваги приводу обертача й бурового поставу, який складається з послідовно з'єднаних шнекових штанг і різальної голівки. Їх часто називають верстатами шнекового буріння [1 – 4].

Шнекова штанга виконується у вигляді стрижня, до зовнішньої поверхні якого за гвинтовою лінією приварена сталева стрічка. Різальна голівка являє собою корпус з двома або декількома лезами й хвостовиком. Різальні кромки лез армуються пластинками з твердих сплавів або наплавкою твердого сплаву. Хвостовик призначений для з'єднання різальної голівки зі шнековою штангою.

Верстати обертального буріння різальними коронками (рис. 2.4) мають обертач 1, який своїми лапами спирається на вертикальні напрямні 2. Підняття обертача здійснюється лебідкою за допомогою поліспасти 3. У патроні обертача закріплюється шнекова штанга 4 зі встановленою на ній коронкою 5.

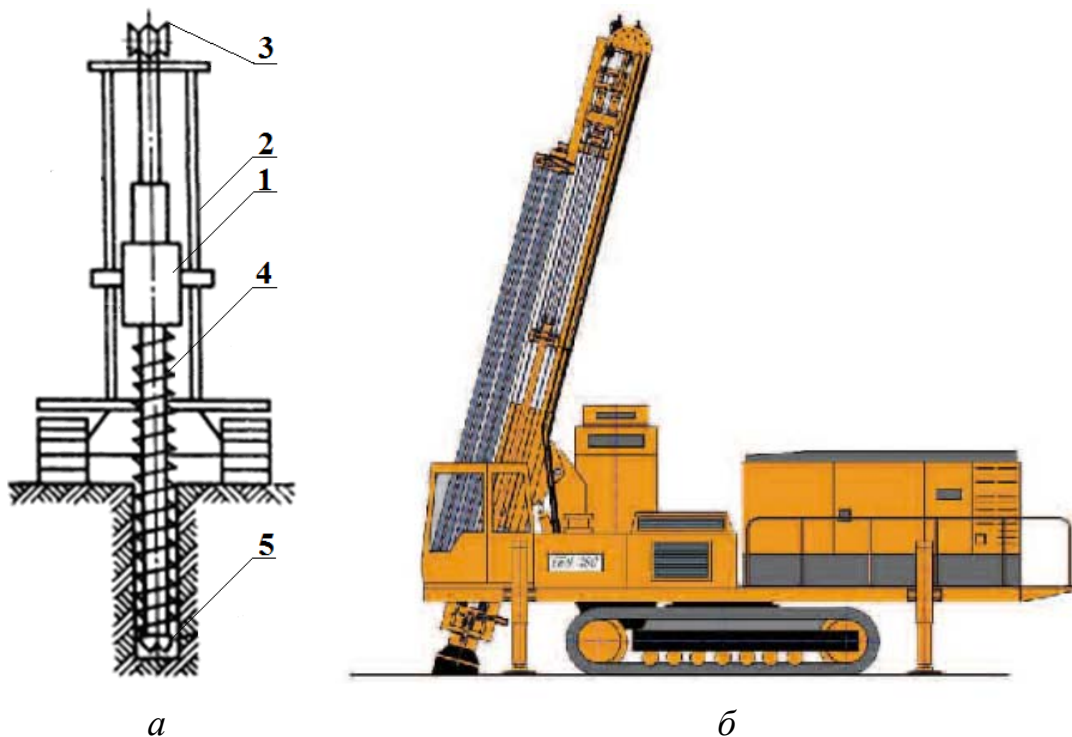


Рис. 2.4. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) верстата обертального буріння різальними коронками

Зруйнована порода видаляється зі свердловини на поверхню за допомогою шнеків або шнеків з продуванням стисненим повітрям.

Такі верстати призначені для буріння вертикальних або горизонтальних свердловин тільки за м'якими породами.

Існують також верстати обертального буріння горизонтальних свердловин та машини для шнекобурового виймання вугілля з тонких пластів потужністю від 0,6 до 2 м.

2.6. Верстати ударно-обертального буріння

Для буріння цими верстатами використовують комбінований спосіб руйнування породи, який об'єднує основні переваги ударної й обертальної дії на породу [1 – 4]. Відмінною особливістю цих верстатів може бути наявність занурювального ударного механізму – пневмоударника 1 (рис. 2.5, а). Пневмоударнику через штанги 2 передається обертання від обертача 3, який установлений на плиті 4. Подача бурового поставу на вибій та створення осевого зусилля здійснюється шляхом застосування механізму 5. Обертач рухається по башті 6, зміну кута нахилу якої виконують гідроциліндром 7. Загальний вигляд верстата ударно-обертального буріння наведений на рис. 2.5, б.

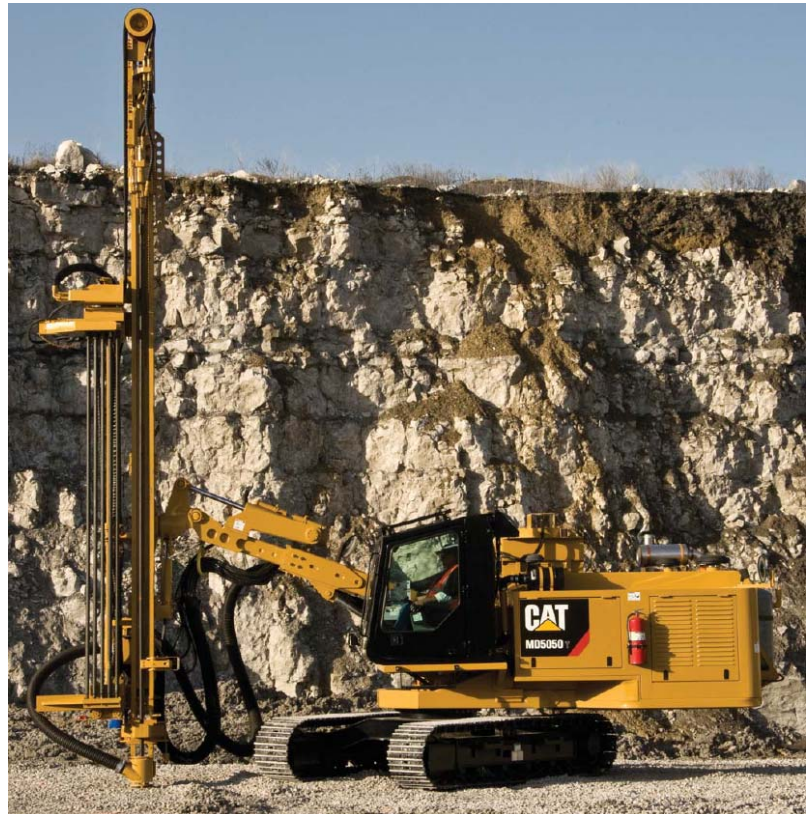
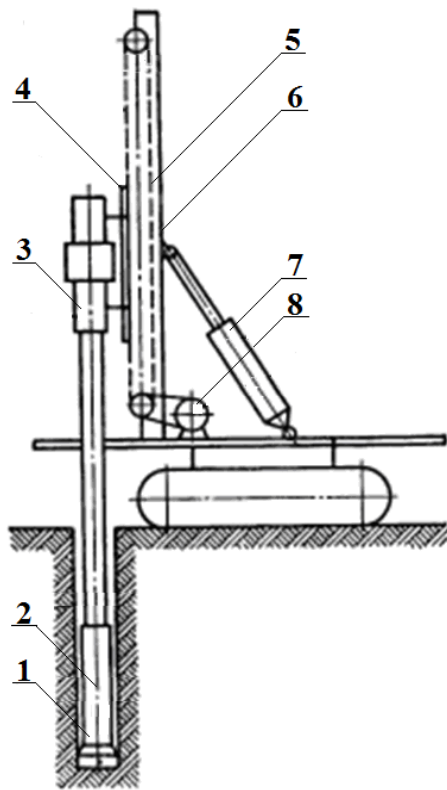


Рис. 2.5. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) верстата ударно-обертального буріння

Основними перевагами ударно-обертальних верстатів є збереження енергії удару на буровій коронці незалежно від глибини свердловини і можливість прикладення до бурового інструменту значного обертального моменту, хоча при цьому пневмоударник, який обертається у свердловині, схильний до значного зносу [1 – 4]. Верстати ударно-обертального буріння призначені для створення вертикальних і похилих свердловин.

2.7. Верстати комбінованого буріння

Такі верстати є універсальними машинами, які дозволяють бурити свердловини у складних гірничо-геологічних умовах з переміжними породами різної міцності й структури [1 – 4]. Ефективність руйнування твердих гірських порід досягається за рахунок застосування комбінованої дії на породу різних механічних та немеханічних способів буріння.

Найбільшого поширення серед немеханічних способів буріння набув термічний, який в поєднанні з механічним дозволяє ефективно бурити щільні породи високої міцності.

При термічному бурінні руйнування гірської породи відбувається внаслідок інтенсивного однобічного нагрівання вибою свердловини розжареними струменями газів. Найефективніше руйнуються кварцитові породи, що мають низьку теплопровідність при значному коефіцієнті лінійного розширення.

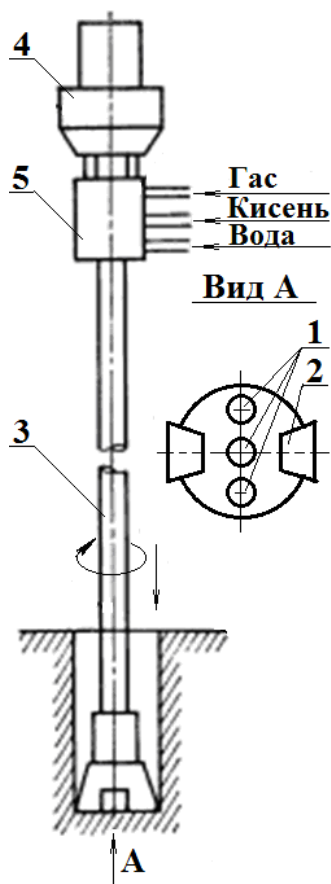


Рис. 2.6.
Конструктивна схема
верстата
комбінованого
(термомеханічного)
буріння

Сутність термомеханічного способу буріння полягає в тому, що нагрів породи визиває значне зниження її міцності, а остаточне руйнування досягається механічним способом.

Схема верстата термомеханічного буріння зображена на рис. 2.6. Верстат оснащений термошарошковым робочим інструментом. Високотемпературні газові струмені, що витікають із сопел 1 термобура, руйнують та послабляють гірську породу у вибої свердловини. За допомогою шарошкового бурового інструмента 2 виконується руйнування породи. Термошарошковий робочий інструмент, закріплений на штанзі 3, обертається за допомогою обертача 4. Робочі компоненти – газ, кисень і вода – подаються до вхідного колектора 5, розташованого на обертачі, й далі каналами в штанзі поступають до горілки термобура. Зруйнована порода виноситься парогазовою сумішшю.

Верстати термошарошкового буріння дозволяють вести проходку свердловини шарошковим долотом з подальшим розширенням до необхідного діаметра термобуром.

2.8. Інструмент бурових машин

2.8.1. Буровий і допоміжний інструменти для ударно-канатного буріння. Буровий інструмент для ударно-канатного буріння складається з долота, ударної штанги, розсувної штанги, канатного замка [1 – 4]. У деяких випадках при бурінні свердловин застосовують розширювачі. Очищення свердловини, а також буріння пухких незв'язних порід виконують желонками. Для буріння в'язких порід і відбору зразків застосовують стакани й ґрунтонасоси. Всі ланцюги бурового снаряда з'єднуються за допомогою конічних нарізних замків.

Долото служить для руйнування гірських порід у вибої свердловини й очищення її стінок. Основними елементами долота є: робоча голівка 1 з лезом 2, корпус 3, в якому зроблені жолоби 4 для проходження води й шламу, шийка 5 з ключовими виїмками площадками 6 для захоплення долота інструментальним ключем, нарізна голівка 7 для з'єднання з ударним снарядом [1 – 4]. На шийці зроблені насічки для полегшення виловлювання й захоплення долота, яке залишилося у свердловині при аварії. Кількість лез у долота може бути різною – одне лезо, яке залишає при ударі слід у вигляді прямої лінії, два

лези лишають слід у вигляді хрестоподібних перетинних ліній та три лези, одне з яких основне, а два бокових, що розташовані у периферійній частині голівки долота. Кут скосу φ голівки долота визначає величину проміжку між стінками свердловини й тілом долота. Цей проміжок необхідний для зменшення сил тертя долота о стінки свердловини. Для м'яких порід кут скосу приймають такі $8 - 9^\circ$, а для міцних порід його зменшують до 4° з метою підвищення стійкості голівки долота.

Кут загострення α – це кут між боковими гранями леза долота. Для м'яких порід він складає $70 - 80^\circ$, для середніх $90 - 105^\circ$, а для твердих і дуже твердих $110 - 120^\circ$, а іноді й 140° . При бурінні тріщинуватих порід кут загострення також збільшують. У доліт, які виготовляються на заводі, кут загострення зазвичай дорівнює 100° . Потрібний кут загострення лезу долота надають вже безпосередньо на гірничому підприємстві залежно від властивостей гірських порід.

Кут нахилу γ характеризує контур леза голівки долота. Це кут між лінією, яка з'єднує периферійні кінці леза (перпендикулярна довгій осі долота), і контурною лінією основного леза. Залежно від величини цього кута й положення його відносно лінії, що перпендикулярна осі долота, контур леза може бути прямим, тоді кут γ дорівнює 0, впуклим або випуклим, тоді γ дорівнює $3 - 6^\circ$.

Поверхня дроблення – це можлива площа дотикання граней лез долота з породою у вибої при ударі. Вона вимірюється у відсотках від площі вибою. Величину поверхні дроблення вибирають залежно від міцності порід (від $40 - 50$ до 80%). Чим твердіше порода, тим більша має бути поверхня дроблення, що збільшує стійкість доліт.

Таким чином, залежно від характеристик гірських порід голівкам доліт надають ту чи іншу форму. Голівка може бути долотчатою, тобто мати форму

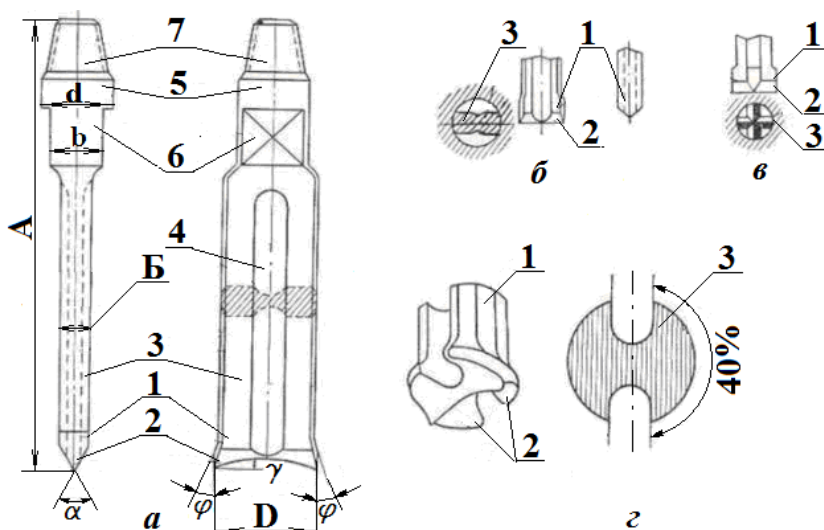


Рис. 2.7. Схема долота для ударного буріння (а) та форми робочих насадок доліт: б – зубило; в – хрестова; з – копитоподібна; 1 – голівка; 2 – лезо; 3 – поверхня дроблення

простого зубила (рис. 2.7, б), хрестоподібною (рис. 2.7, в), а також складною фасонною (рис. 2.7, з) з боковими лезами і збільшеною до 80% поверхнею дроблення. Довжина доліт буває від 700 до 1500 мм. Діаметри доліт вибирають з ряду значень: $148, 198, 248, 298, 345, 395, 445, 495$ та до 695 мм. Вага змінюється від 85 до 1400 кг [1 – 4].

Велике значення має форма поперечного

перерізу доліт і пов'язана з цим форма жолобів, які розташовані вздовж тіла долота. Долота повинні мати достатньо глибокі й широкі жолоби для проходження шламів. При роботі такими долотами шлам добре перемішується і чинить менший опір снаряду, що збільшує тривалість його роботи й зменшує кількість операцій очищення свердловини.

Долота виготовляють шляхом кування або штампування з болванок прокатної сталі марок С-63, У-7, У-8 та ін. Після кування їх відпалюють таким чином, щоб твердість металу дорівнювала 180 – 220 за шкалою Бринеля. Після цього леза доліт гартують до твердості 350 – 400 за шкалою Бринеля.

Розширювачі встановлюють між долотом і ударною штангою для збільшення діаметра свердловини і одночасного поглиблення її долотом. Наприклад, коли при бурінні свердловини її верхня частина закріплена трубами, то ці труби необхідно просувати услід за заглибленням. На практиці розширювачі застосовують дуже рідко.

Желонки використовують для безпосереднього буріння пухких порід (піски, галечники) й для видалення зі свердловини шламу при бурінні долотами щільних порід [1 – 4]. Желонки, які використовують при ударному бурінні, відрізняються головним чином конструкцією дужки і клапана: плоский, напівсферичний або сферичний (рис. 2.8, а, б). Іноді застосовують спеціальні желонки з поршнем

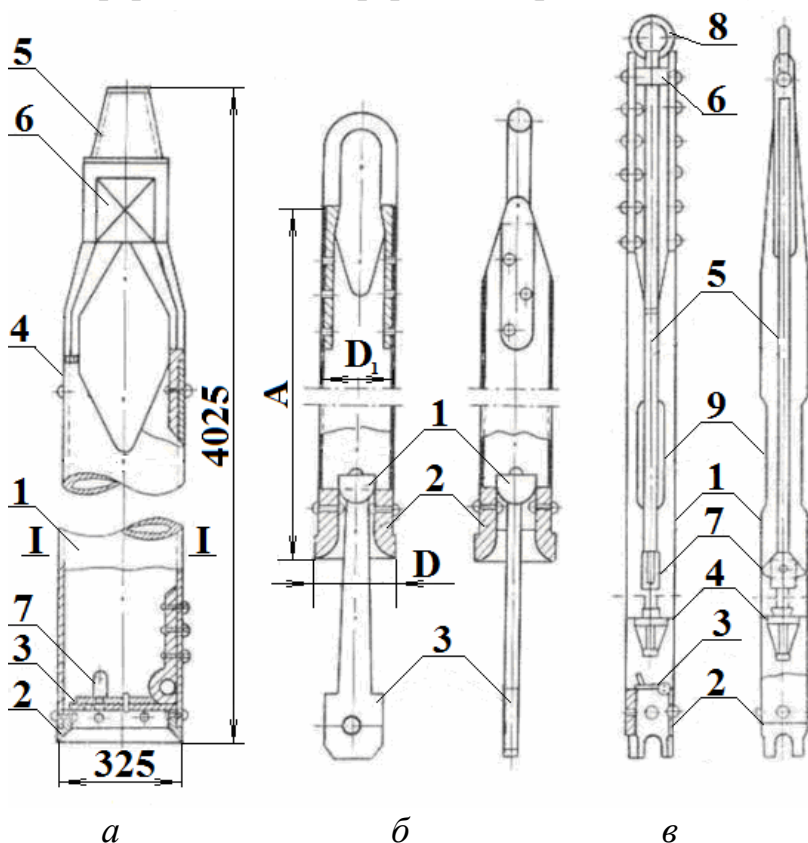


Рис. 2.8. Схеми желонки: з плоским (а) клапаном, де 1 – корпус; 2 – башмак; 3 – клапан; 4 – дужка; 5 – конусна різь; 6 – шийка з ключовою виїмкою та напівсферичним (б) де 1 – клапан; 2 – башмак; 3 – язик, а також поршнева (в)

желонки з поршнем (рис. 2.8, в). Виготовляють желонки з обсадних труб. Діаметр желонки не повинен перевищувати 0,75 діаметра свердловини, зазвичай довжина її складає близько 3000 мм. Поршнева желонка складається з корпусу – труби 1, башмака 2 з клапаном 3 і поршня 4 зі штоком 5, який проходить через отвір у планці 6, що обертається. Шток приєднаний до поршня за допомогою шарніра 7. На іншому кінці штока знаходиться вушко 8 для приєднання каната. Поршень являє собою шайбу з отворами, що закриваються зверху шкіряними або гумовими

клапаном. Башмак має знизу прорізи для проходження розрідженої шламової маси. При спусканні до свердловини поршень знаходиться у верхньому положенні. Коли башмак досягає вибою, корпус зупиняється, а поршень опускається до башмака. При цьому рідина, яка потрапила у корпус підіймає клапан та проходить через отвори у поршні. Після цього поршень швидко підіймають у верхнє крайнє положення. У нижній частині корпусу під поршнем утворюється розрідження і до порожнини желонки засмоктується розріджена маса. Цю операцію повторюють декілька разів, поки желонка не заповниться шламом. Опорожнюється желонка через вікна 9 при її перекиданні. Поршневі желонки застосовують при бурінні дуже рухомих пливучих порід (пливунів) і при необхідності повного очищення свердловини від шламів. Наприклад, при розвідці розсипних родовищ або при підричних роботах, коли використовуються волого-місткі вибухові речовини.

Стакани. Їх виготовляють у вигляді труби з башмаком різальної дії на нижньому кінці і дужкою з різальною голівкою на верхньому, застосовують при бурінні м'яких та липких порід [1 – 4]. Тільки відсутність клапана відрізняє стакан від желонки.

Ударна штанга служить для збільшення маси бурового снаряда. Вона надає буровому снаряду необхідну вагу і забезпечує прямолінійність свердловини. Ударна штанга виконана у вигляді масивного довгого циліндричного сталевого стрижня з конічною різьбою на її кінцях. На нижньому кінці зроблена внутрішня різь для встановлення долота, а на верхньому – зовнішня для з'єднання з розсувною штангою. Діаметри ударних штанг 112, 140, 165, 188 і 220 мм; довжина 2, 4, 6 м; вага залежно від діаметра та довжини і складає від 300 до 1300 кг.

Розсувні штанги призначені для полегшення вибивання бурового снаряда при застріванні долота у тріщинуватих або в'язких породах. Виготовляють розсувні штанги ковкою з високоякісної в'язкої сталі.

2.8.2. Буровий інструмент для верстатів обертального буріння шарошковими долотами. Буровий інструмент для шарошкового буріння складається з пустотілих бурових штанг і шарошкового долота, які бувають одно-, дво-, три- або багат шарошковими (рис. 2.9) [1 – 4]. Найбільшого поширення при бурінні вибухових свердловин набули тришарошкові долота (рис. 2.9). Одно- і двошарошкові долота мають обмежене використання, а багат шарошкові використовуються тільки при бурінні свердловин великого діаметра (більше 490 мм).

Тришарошкове долото складається з трьох зварених між собою лап, на яких змонтовані шарошки (рис. 2.10). Верхні кінці лап утворюють зрізаний конус, який закінчується різьбою для з'єднання з буровою штангою. Шарошки і лапи виготовляються з легованих сталей марок 20ХН3А, 12ХН2, 17Н3МА та підлягають хіміко-термічній обробці [1 – 4].

За конструкцією шарошкові долота бувають: зубчасті, в яких зубці виконані з одного матеріалу, що і шарошка (рис. 2.9, в), штиркові із зубцями у вигляді впаяних циліндричних вставок із твердого сплаву з клиновидною або

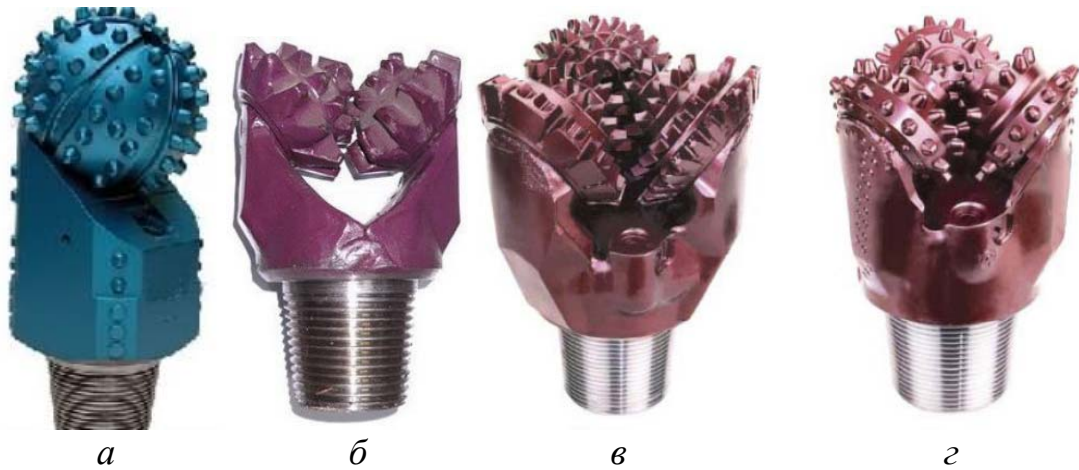


Рис. 2.9. Основні види шарошкових доліт:

a – одношарошкові; *б* – двошарошкові; *в* – тришарошкові з вифрезерованими зубцями; *г* – тришарошкові з твердосплавними зубцями

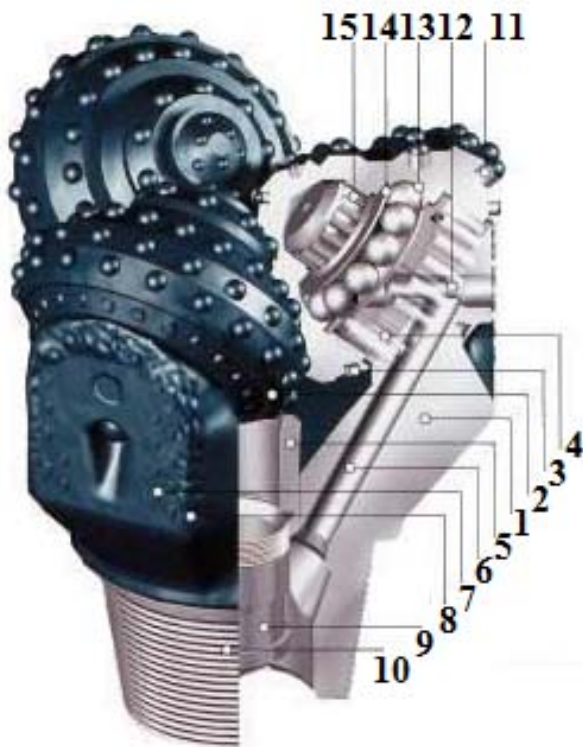


Рис. 2.10. Вигляд шарошкового долота: 1 – лапа; 2 – шарошка; 3 – захісні зубці; 4 – роликовий підшипник; 5 – сопло; 6 – продувний канал; 7 – бокові захісні зубці; 8 – наплавлений шар; 9 – зворотний клапан; 10 – різь; 11 – твердосплавні зубці; 12 – замок; 13 – замковий підшипник; 14 – упорний підшипник ковзання; 15 – кінцевий роликовий підшипник

сферичною робочою поверхнею (рис. 2.9, *г*), а також зубчасто-штирьові. Циліндричні вставки виготовляються з твердих сплавів ВК88 або ВК11В [1 – 4]. Залежно від властивостей буримих порід використовують шарошкові долота восьми типів (табл. 2.1).

Для покращення процесів змащування, охолодження і попередження потрапляння пилу або бурового шламу в опори шарошок у долотах виконуються продувні канали, які забезпечують центральне (П) і бокове (ПГ) продування повітрям або повітряно-водяною сумішшю.

Тришарошкові долота маркуються таким чином: III 320 ТЗ-ПГВ; де III – конструкція долота; 320 – діаметр долота у міліметрах; ТЗ – тип долота; ПГВ – долото з гідромоніторною продувкою опор повітрям.

Зубці на шарошках розташовуються так, що долота можуть бути самоочисні і несамоочисні. У самоочисних долот зубчастий вінець однієї шарошки входить до проточки між вінцями іншої, за рахунок чого покращується процес очищення зубців від породи.

Типи і галузь застосування шарошкових доліт

Тип долота	Галузь застосування	Міцність породи	Конструктивне виконання шарошок
М	М'які породи	5	З вифрезерованими зубцями
МЗ	М'які абразивні породи	5	З вставними зубцями
С	Породи середньої твердості	6	З вифрезерованими зубцями
Т	Тверді породи	6 – 8	Те саме
ТЗ	Тверді абразивні породи	8 – 14	З вставними зубцями
ТК	Тверді породи з пропластками міцних	10	Комбінація фрезерованих і вставних зубців
К	Міцні породи	10 – 12	З вставними зубцями
ДК	Дуже міцні абразивні породи	≥ 14	Те саме

Основними причинами виходу з ладу доліт є низька стійкість шарошок і заклинювання підшипників опор, на яких закріплені шарошки. Ефективним засобом підвищення стійкості доліт є застосування протишламних клапанів і примусового змащування опор шарошок у процесі роботи долота [1 – 4].

З'єднані шарошкові долота і бурові штанги утворюють буровий постав. До комплекту бурових штанг входить одна кінцева штанга і декілька робочих. Кінцева штанга (забурник) встановлюється між долотом і робочою штангою. Виконується вона з товстостінної труби, в яку з обох кінців уварені вставки з внутрішньою конічною різьбою та в якій є канали для проходження стисненого повітря. У гнізді верхньої вставки зроблена конічна різь меншого діаметра для приєднання до штанги шпинделя вертлюга. Робоча штанга має велику довжину і відрізняється від кінцевої конструкцією нижнього хвостовика, який виконаний із зовнішньою конічною різьбою. Діаметр штанг вибирається на 20 – 50 мм менше діаметра долота для забезпечення можливості транспортування бурового шламу зі свердловини. Виготовляються штанги зі сталевих безшовних труб.

2.8.3. Буровий інструмент для верстатів обертального буріння різальними коронками. До цього типу інструментів належать бурові долота різального типу й шнекові бурові штанги [1 – 4].

Бурові долота за видом контакту породоруйнівних елементів з вибоєм свердловини поділяються на дві групи: з постійним контактом – лопатеві (рис. 2.11, а), які складаються з плоского корпусу 1, армованого твердим сплавом і хвостовика 2, а також корпусу 3 та знімних різців 4 (рис. 2.11, б); зі змінним контактом – долота з різцями, які обертаються на опорі (рис. 2.11, в) [1 – 4]. Різці являють собою зубчасте колесо 5 з напаяними на торцеву частину пластинами або штирями із твердого сплаву. У процесі роботи різці обертаються навколо власної осі, забезпечуючи змінний контакт породоруйнівних елементів з вибоєм.

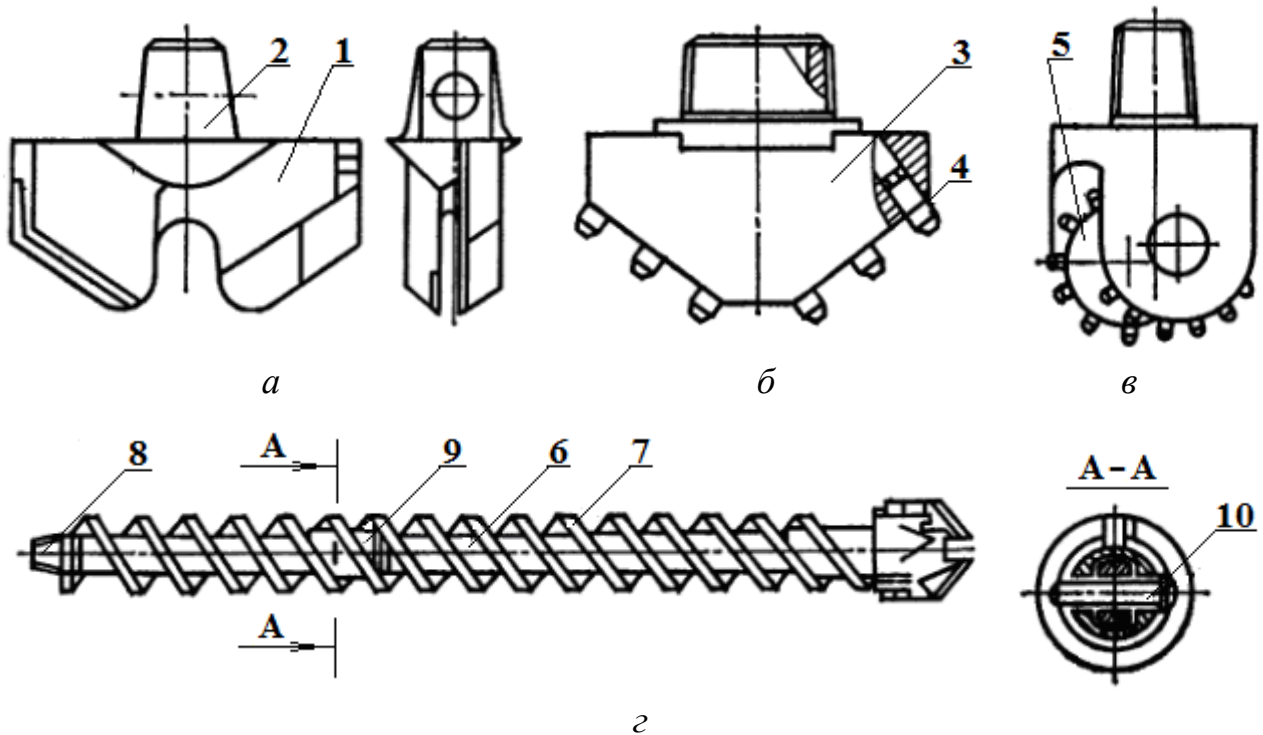


Рис. 2.11. Конструктивна схема бурового інструмента верстата обертального буріння, де *a – в* – бурові долота; *г* – шнековий буровий постав

Штанга бурового верстата служить для передачі крутильного моменту долоту, а також для очищення свердловини. Вона складається зі сталеві труби 6, до якої приварено сталеву спіраль 7 (рис. 2.11, *г*). Для підвищення стійкості спіраль покривають твердим сплавом ТЗ товщиною до 2 мм і шириною до 15 мм. До кінців труби приварені вставки, одна з яких має хвостовик 8, а інша гніздо 9. Обидві вставки мають радіальний отвір, у який вставляється валик 1 для з'єднання штанги.

Для верстатів обертального буріння різальними коронками передбачено три типи шнекових штанг із зовнішнім діаметром по спіралі від 107 до 155 мм, довжиною від 1800 до 8190 мм та масою від 20 до 270 кг.

2.8.4. Буровий інструмент верстатів ударно-обертального буріння.

Цей вид бурових інструментів складається з бурових штанг, перехідника, пневмоударника і долота [1 – 4].

Пневмоударник – це занурювальний ударний механізм, який спускається в свердловину разом з буровим долотом і забезпечує йому заглиблення у гірську породу в основному за рахунок енергії удару. Сучасні пневмоударники складаються із хвостовика 1 з різью для закріплення на штанзі, головної частини 2, кілець 3, 6, 8, 12, зворотних пневматичних клапанів 4, 7, пружини клапана 5, внутрішнього циліндра 9, поршня 10, основної труби циліндра 11, напівкільця 13, нижньої шліцевої гайки 14, бурової коронки 15 (рис. 2.12).

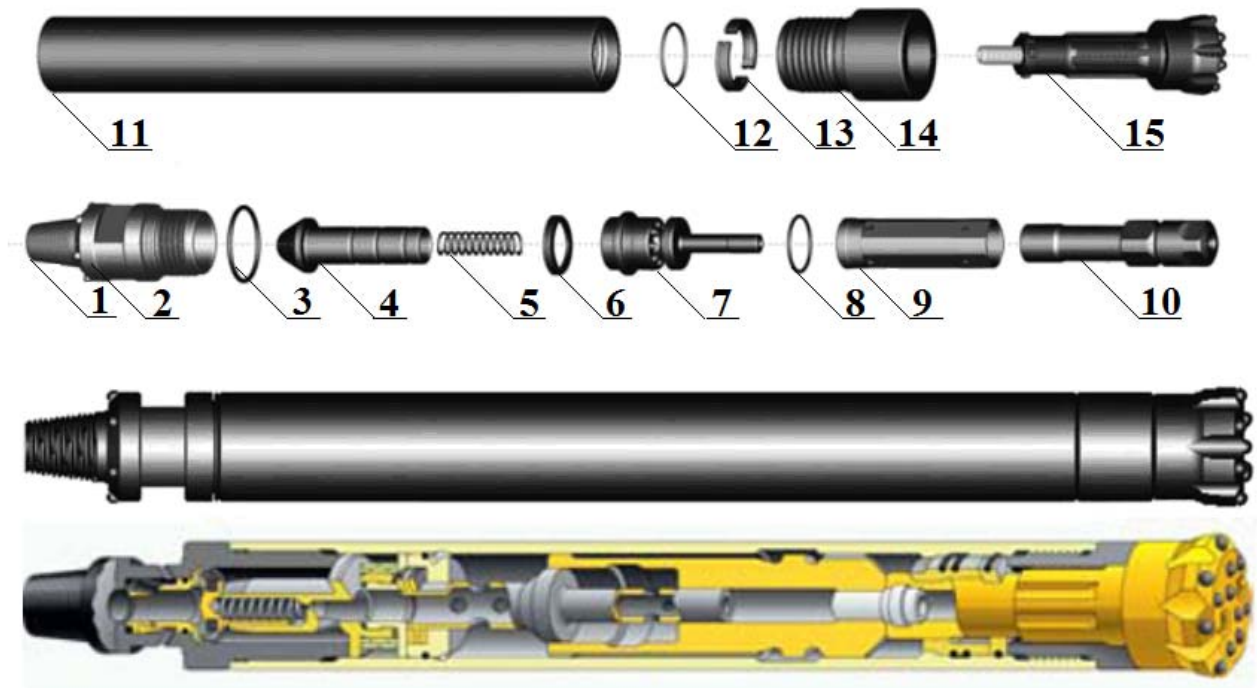


Рис. 2.12. Загальний вигляд пневмоударника Atlas Copco QL-80

Пневмоударники поділяються на такі групи:

- за кінематичним признаком – одно- і багатопоршневі;
- за системою повітророзподілу – клапанні, безклапанні, золотникові;
- за системою вихлопу (відводу) відпрацьованого повітря – з вихлопом на вибій свердловини, з комбінованим вихлопом (на стінку і на вибій свердловини). Вихлоп скеровують центральним каналом долота на вибій свердловини (центральный) або між лезами долота (периферійний).

Зазвичай пневмоударники призначені для буріння свердловин діаметром від 105 до 200 мм. Стійкість серійних пневмоударників складає 100 – 800 м у породах з коефіцієнтом міцності від 6 до 18. Швидкість буріння знаходиться в межах від 0,1 до 0,2 м/хв [1 – 4].

Бурильне долото складається з головки 1 і хвостовика 2, виконаних суцільними (рис. 2.13). Хвостовик призначений для передачі імпульсу від ударника до головки і далі через твердосплавне оснащення до вибою свердловини, а також для сприйняття крутного моменту. З'єднання хвостовиків доліт з пневмоударником шпонкове або кулькове з байонетним затвором. За конструктивним виконанням форми головок долота – лезоподібні (рис. 2.13, а) й штирові (рис. 2.13, б) із суцільною вибійною поверхнею.

Лезоподібні долота поділяють:

- за кількістю руйнівальних лез – долончаті (рис. 2.14, а), трилезові (рис. 2.14, б), хрестоподібні (рис. 2.14, в), Х-подібні і багатолезові;
- за розташуванням руйнівальних лез – одно-, двох і багатоступінчасті.

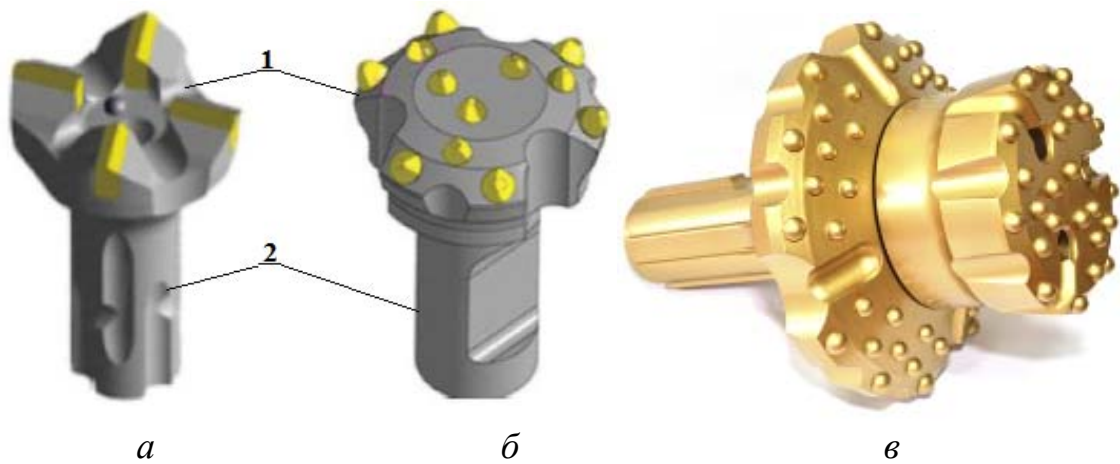


Рис. 2.13. Загальний вигляд бурових коронок пневмоударників

Обладнання бурильної коронки випереджальною головкою (рис. 2.13, в) полегшує занурювання й зменшує викривлення свердловини. Найбільш поширені три- і чотири-лезові долота з випереджальною головкою. Головка долота оснащена твердосплавними вставками різних форм і розмірів. Матеріал вставок в основному марок ВК11 та ВК15. Корпус долота виготовляють зазвичай зі сталі марок 45ХН, рідше зі сталі 35ХГСА.

За способом видалення бурового шламу із вибою свердловини бурильні коронки поділяють на долота з центральним, нецентральним і зовнішнім продуванням.

Бурові штанги призначені для передачі обертового моменту від обертача до бурильної коронки і одночасної подачі стисненого повітря до пневмоударника і вибою свердловини. Бурова штанга – це товстостінна труба з привареними до неї з'єднувальною муфтою і ніпелем. Для з'єднання бурової штанги з пневмоударником використовують перехідник, який є розбурником при зворотному проходженні бурового поставу. Перехідник має уніфіковані зі штангою муфту і ніпель, але меншу довжину труби. Виготовляються штанги із труб виконаних зі сталі марок 35СГ, 36Г2С, 45 та ін. з термообробкою.

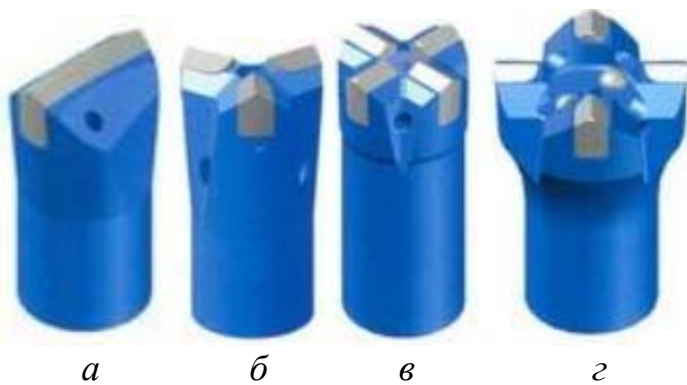


Рис. 2.14. Загальний вигляд лезових бурильних коронок

2.8.5. Буровий інструмент верстатів комбінованого буріння.

У верстатах комбінованого буріння робоче обладнання складається з вузлів і деталей, які використовуються при поєднанні термічного буріння та іншого способу буріння: ударного, обертового, ударно-обертового [1 – 4].

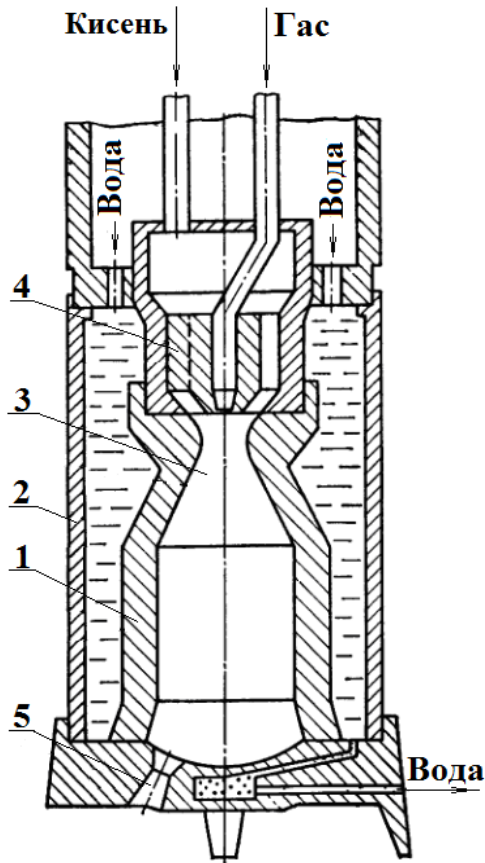


Рис. 2.15. Конструктивна схема термобура

При термічному бурінні робочим органом є горілка – термобур. Горілка складається з корпусу 1, встановленого у сталевий кожух 2 (рис. 2.15). До камери 3 горілки через форсунку 4 подається керосин, а каналами, розташованими біля форсунки, кисень. У простір між корпусом і кожухом подається вода для охолодження горілки. При згоранні керосино-кисневої суміші утворюється температура до 3000 – 3500 °С і тиск до 0,8 – 1 МПа. Через одне або декілька сопел 5 газу виходять з горілки зі швидкістю 1600 – 1800 м/с і передають частину свого тепла гірській породі. При цьому температура газів падає до 1500 – 1800 °С, а тиск знижується до 0,15 МПа. Охолоджувальна вода викидається до свердловини і випаровується. Парогазова суміш, яка виходить із свердловини зі швидкістю 20 – 30 м/с, виносить зруйновану гірську породу [1 –4].

Для отримання свердловини правильної форми горілку обертають з частотою від 2 до 30 мин^{-1} . Діаметр свердловини залежить від швидкості подачі: чим менше швидкість, тим більше діаметр.

Комбінований інструмент зазвичай складається з двох руйнівних типів, об'єднаних загальною конструктивною схемою, яка забезпечує їх одночасну або по чергову роботу. Відомі конструкції термоударного та термошарошкового інструментів, у яких об'єднані термобур і пневмоударник або шарошкове долото. Застосування такого інструменту дозволяє підвищити до 1,5 – 3 разів швидкість руйнування гірської породи у порівнянні з окремим механічним і термічним способами буріння.

2.9. Нові методи руйнування гірських порід

Досвід ведення буропідричних робіт засвідчив, що зі зростанням міцності й абразивності порід значно підвищується трудомісткість їх буріння і подрібнення. Установлено, що зі зростанням міцності порід швидкість механічного буріння знижується, однак при термічній дії на породу спостерігається зворотна картина: зі збільшенням міцності зростає й швидкість буріння. Це й скеровує напрямок пошуків ефективних засобів та пристроїв, які реалізують принцип теплової дії на породу. Конкретні варіанти реалізації цього принципу мають велику різноманітність, оскільки все залежить від прийнятої схеми контакту джерела (генератора) тепла і породи [1 – 4].

Наразі розроблені такі принципово нові схеми теплової дії на породу для її руйнування:

- контактна передача теплового поля від генератора безпосередньо гірській породі (використання теплових втрат при терті від контактної взаємодії інструмента з породою, руйнування за допомогою терміта, електронагрівальний бур, атомний бур);

- вільна передача теплового поля від генератора гірській породі (електродуговий бур);

- дія на породу високотемпературного струменя газів (кисневий спис, вогневе буріння, плазмотрон);

- дія променевою енергією оптичного спектра, основана на їх поглинанні гірською породою з наступним переходом у теплову (біпараболоїдний генератор, еліпсоїдний генератор);

- руйнування гірських порід за допомогою частинок високої енергії (електронів, фотонів), основане на тому, що при проходженні цими частинками гірської породи їх кінетична енергія в результаті гальмування переходить у теплову (бур на базі вакуумної електронно-променевої трубки, лазерний бур);

- контактна передача перетвореної енергії породі та її руйнування при електричному пробі (імпульсний високовольтний розрядник, високочастотний контактний нагрів);

- руйнування порід у перемінному електромагнітному полі (конденсаторні пристрої, магнетрон, одновитковий або спіральний кондуктор).

Перспективність застосування того чи іншого способу буріння доцільно розглядати з позицій забезпечення високої продуктивності буріння.

2.10. Продуктивність бурових верстатів

Продуктивність бурових верстатів залежить від багатьох факторів, з яких основними є: гірничо-геологічні умови (вид, міцність, абразивність, тріщинуватість породи, наявність вологи, глини та ін.), глибина свердловини, прийнята технологія буріння, організація труда, кваліфікація бурильника [1 – 4].

Буровий верстат – машина циклічної дії. Змінна продуктивність бурового верстата визначається так:

$$V = \frac{T_3 k_g}{t_{\text{б}} + t_{\text{д}}} = \frac{T_3 k_g}{1/v_{\text{б.тех}} + t_{\text{д}}}, \text{ м/зміну}$$

де T_3 – тривалість робочої зміни, хв; k_g – коефіцієнт використання бурового верстата впродовж робочої зміни, зазвичай дорівнює 0,5 (іноді 0,8); $t_{\text{б}}$ і $t_{\text{д}}$ – питомі витрати часу відповідно на буріння й виконання допоміжних операцій (на 1 м свердловини), хв/м; $v_{\text{б.тех}}$ – технічна швидкість буріння, м/хв.

У свою чергу

$$t_{\text{д}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 ,$$

де $t_1 = 0,38 - 1,44$ – питомі витрати часу на переїзд від свердловини до свердловини з урахуванням встановлення й зняття верстата з домкратів, хв/м; t_2 – те саме на заміну долота, зведене до 1 м свердловини; t_3 – те саме на підняття бурового постава зі швидкістю v_n м/хв; t_4 – те саме на перехват гідропатрона; для шпиндельної схеми $t_4 = 0$; t_5 – те саме на збирання й розбирання бурового постава.

Для сучасних верстатів $t_{\text{д}} = 2$ хв/м, тому їх продуктивність при $k_{\text{в}} = 0,75$ не може перевищувати 100 – 150 м/зміну, а при досягненні граничних значень $t_{\text{д}} \cong 1$ хв вона не перевищує 200 – 300 м/зміну.

Як видно з формули, продуктивність бурового верстата V залежить від витрат часу на виконання допоміжних операцій $t_{\text{д}}$ і найбільш повного використання часу робочої зміни T_3 , що враховує коефіцієнт використання бурового верстата впродовж робочої зміни $k_{\text{в}}$.

Висновки

При видобутку корисних копалин відкритим способом буропідривні роботи залишаються одним з основних і трудомістких виробничих процесів. Буріння гірської породи можна виконувати механічним і немеханічним способами. Механічний спосіб реалізований в машинах ударного, обертального, ударно-обертального буріння, коли руйнування гірської породи виконується інструментом під дією силових навантажень, що до нього прикладаються. До немеханічного способу промислового буріння відноситься термічний і термомеханічний.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну класифікацію бурових машин
2. Назвіть основні елементи верстатів ударного буріння.
3. Назвіть основні елементи верстатів обертального буріння шарошковими долотами.
4. Назвіть основні елементи верстатів обертального буріння різальними коронками.
5. Назвіть основні елементи верстатів ударно-обертального буріння.
6. Назвіть основні елементи верстатів комбінованого буріння.

3. ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНІ МАШИНИ

Метою розділу є вивчення конструкцій сучасних одно- та багатоківшевих виймально-навантажувальних машин, що застосовуються для виконання відкритих гірничих робіт.

Вивчивши матеріал розділу, студент повинний знати конструкції одно- та багатоківшевих виймально-навантажувальних машин, сферу їхнього застосування, властиві їм переваги й недоліки, а також уміти їх вибирати виходячи з гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов залягання корисної копалини.

3.1. Класифікація екскаваторів та принцип їх дії

3.1.1. Загальні відомості. Екскаваторами називаються землерийні машини, які призначені для риття (екскавації) і переміщення гірської маси до відвалу або для навантаження в транспортні посудини [1 – 4].

Усі екскаватори поділяються на дві великі групи: одноківшеві періодичної (циклічної) дії та багатоківшеві безперервної дії.

Одноківшеві екскаватори призначені для копання малозв'язних або черпання зруйнованих порід та їх транспортування з перериванням копання на час переміщення ґрунту; багатоківшеві – для копання й транспортування гірських порід одночасно. Одноківшеві екскаватори завдяки своїй універсальності – більш поширені ніж багатоківшеві.

Кожен екскаватор, одноківшевий або багатоківшевий, складається з таких основних вузлів: робочого, механічного, ходового й силового обладнання, механізмів керування, платформи з рамою, надбудови та кузова.

Існуючі типи екскаваторів, які застосовують при відкритому й підводному видобутку корисних копалин з об'ємом ковшів 2 – 120 м³, наведені в табл. 3.1.

3.1.2 Принцип дії та сфера застосування одноківшевих екскаваторів.

Такий екскаватор складається з двох основних частин: нижньої ходової й верхньої поворотної (рис. 3.1) [1 – 4]. Ходова частина 1 сприймає та передає на ґрунт навантаження від ваги машини, які виникають під час роботи, а також забезпечує переміщення екскаватора.

Поворотна частина складається з поворотної платформи 2 з механізмами й силовим обладнанням та робочого устаткування 3. Поворотна платформа спирається через опорно-поворотний пристрій на ходову раму і може повертатися в горизонтальній площині навколо вертикальної осі. Залежно від кута повороту поворотної платформи в горизонтальній площині екскаватори називають повноповоротними й неповноповоротними.

Всі одноківшеві екскаватори для відкритих гірничих робіт виконуються повноповоротними.

Загальна класифікація одноківшевих гірничих екскаваторів

Тип екскаватора	Класифікаційне значення		
	Об'єм ковша, м ³	Ходове обладнання	Силове обладнання
Канатний з висувною рукояттю, пряма лопата	2 – 120	Гусеничне, плавзасіб понтонного типу	Електричне, дизель-електричне, дизель-гідравлічне, електро-гідравлічне
Канатний, колінно-важільна пряма лопата			
Канатний, зворотна лопата			
Гідравлічний, пряма й зворотна лопата			
Драглайн		Гусеничне, крокуюче, плавзасіб понтонного типу	
Грейферний		Гусеничне, плавзасіб понтонного типу	
Баштовий	Гусеничне, рейкове		

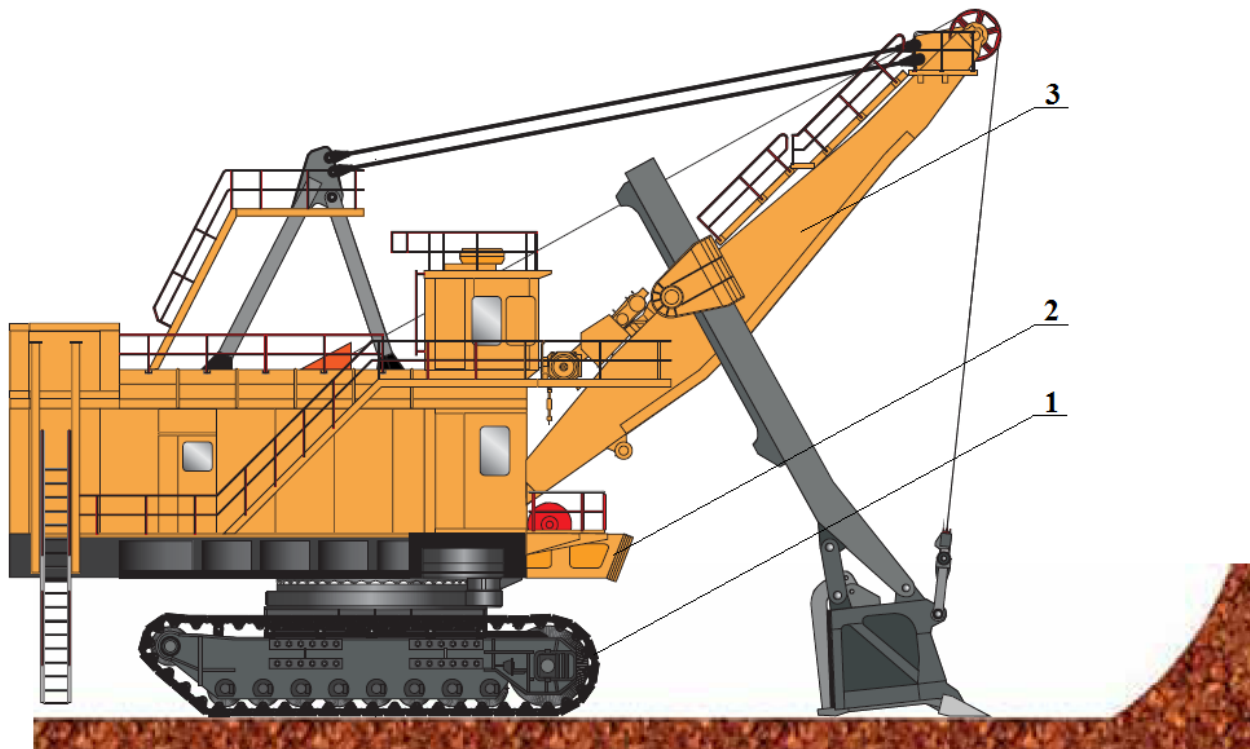


Рис. 3.1. Загальний вигляд одноківшевого екскаватора

Робочий процес одноківшевого екскаватора включає в себе робочий цикл і пересування екскаватора й складається з таких послідовних операцій:

- копання породи і заповнення нею ковша (черпання);

- виведення ковша з вибою;
- поворот ковша до місця розвантаження;
- розвантаження ковша у транспортні посудини або у відвал;
- поворот до вибою;
- опускання ковша до місця наступної операції копання.

Одноківшеві екскаватори за призначенням поділяють на такі групи:

- будівельні універсальні, призначені для виконання земляних та навантажувально-розвантажувальних робіт у будівництві, кар'єрні, розкривні й крокуючі (драглайни) для відкритих гірничих робіт;
- кар'єрні, призначені для роботи в кар'єрах при розробці рудних і вугільних родовищ, а також скальних порід. Екскаватори обладнуються змінними ковшами для роботи в породах різної щільності;
- розкривні, призначені для ведення розкривних робіт за безтранспортною системою при розробці корисних копалин відкритим способом;
- драглайни, призначені для розробки вибоїв, розташованих як нижче, так і вище рівня стояння екскаватора, й переміщення породи до відвалу, а також для переєкспавації відвалів.

Типажний ряд на одноківшеві екскаватори передбачає такі найменування [1–4]:

- ЕО – будівельні гусеничні й пневмоколісні з ковшами об'ємом 0,16–2,5 м³ (шість базових моделей);
- ЕКГС – кар'єрно-будівельні гусеничні з ковшами об'ємом 1,25 – 8 м³ (п'ять базових моделей);
- ЕКГ – кар'єрні гусеничні з ковшами об'ємом 2 – 20 м³ (шість базових моделей);
- ЕВГ – розкривні гусеничні з ковшами об'ємом 15 – 100 м³ (чотири базових моделі);
- ЭШ – крокуючі драглайни з ковшами об'ємом 4 – 125 м³ (шість базових моделей).

В основу діючої системи класифікації одноківшевих екскаваторів покладена розмірна група машин, яка визначається об'ємом ковша (кар'єрні екскаватори), а також довжиною стріли (драглайни) або радіусом черпання (розкривні екскаватори) [1 – 4].

Наприклад, тип ЕКГ-5А розшифровується так: Е – екскаватор, К – кар'єрний, Г – гусеничний, 5 – об'єм ковша в кубічних метрах; А – індекс модернізації; а ЕРГ-35/65 так: Е – екскаватор, Р – розкривний, Г – гусеничний, 35 – об'єм ковша в кубічних метрах, 65 – радіус черпання в метрах, ЕК-100/100: Е – екскаватор, К – крокуючий, 100 (чисельник) – об'єм ковша в кубічних метрах, 100 (знаменник) – довжина стріли в метрах [1 – 4].

За кордоном кар'єрні екскаватори відрізняються різноманіттям конструкцій і виготовляються фірмами «Marion», «Bucyrus», «Harnischfeger R&N» та ін. (рис. 3.2). Одноківшевий канатний екскаватор (рис. 3.3) складається із: 1 – стріли, 2 – рукояті, 3 – спуско-підіймального каната,



Рис. 3.2. Загальний вигляд
одноківшевого канатного екскаватора
фірми «P&H»

няються цілим рядом їх конструктивних та технологічних переваг (рис. 3.4).

4 – ковша, 5 – приводу напірного механізму, 6 – приводу механізму переміщення, 7 – шарніра кріплення ковша до рукояті, 8 – насосної станції гідроприводу, 9 – шафи керування електроприводами, 10 – трансформатора, 11 – лебідки спускопідіймальної, 12 – приводів механізму обертання, 13 – роликового круга, 14 – канатного підвісу стріли, 15 – кабіни машиніста.

З другої половини ХХ століття отримують розвиток потужні гідравлічні екскаватори, що відрізняються цілим рядом їх конструктивних та технологічних переваг (рис. 3.4).

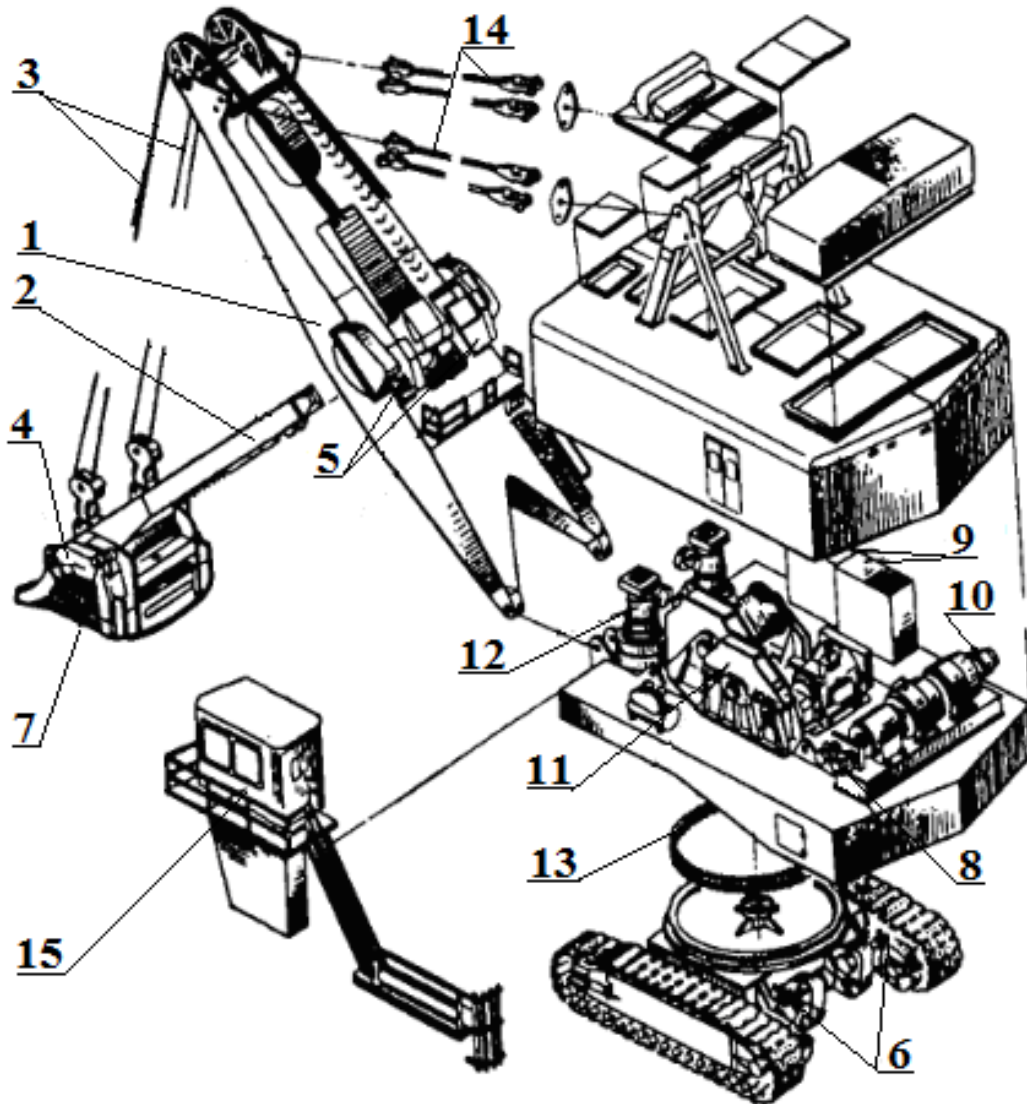


Рис. 3.3. Основні складові одноківшевого канатного екскаватора



a



б

Рис. 3.4. Загальний вигляд гідравлічного екскаватора з одноківшевою прямою (*a*) та зворотною (*б*) лопатами

Одноківшевий гідравлічний екскаватор (рис. 3.5) складається із: 1 – ковша, 2, 3, 4, 5 – гідродомкратів відповідно відкриття ковша, повороту ковша, повороту рукояті, повороту стріли, 6 – приводу механізму переміщення, 7 – приводів механізмів обертання, 8 – приводу механізму переміщення, 9 – насосної станції гідропроводу, 10 – дизельного двигуна, 11 – блока керування гідропроводом, 12 – стріли, 13 – рукояті.

Баштовий або кабельний екскаватор — одноківшева установка для виймання і транспортування корисних копалин та розкривних порід осадового походження у напрямку, перпендикулярному її переміщенню. Складається з

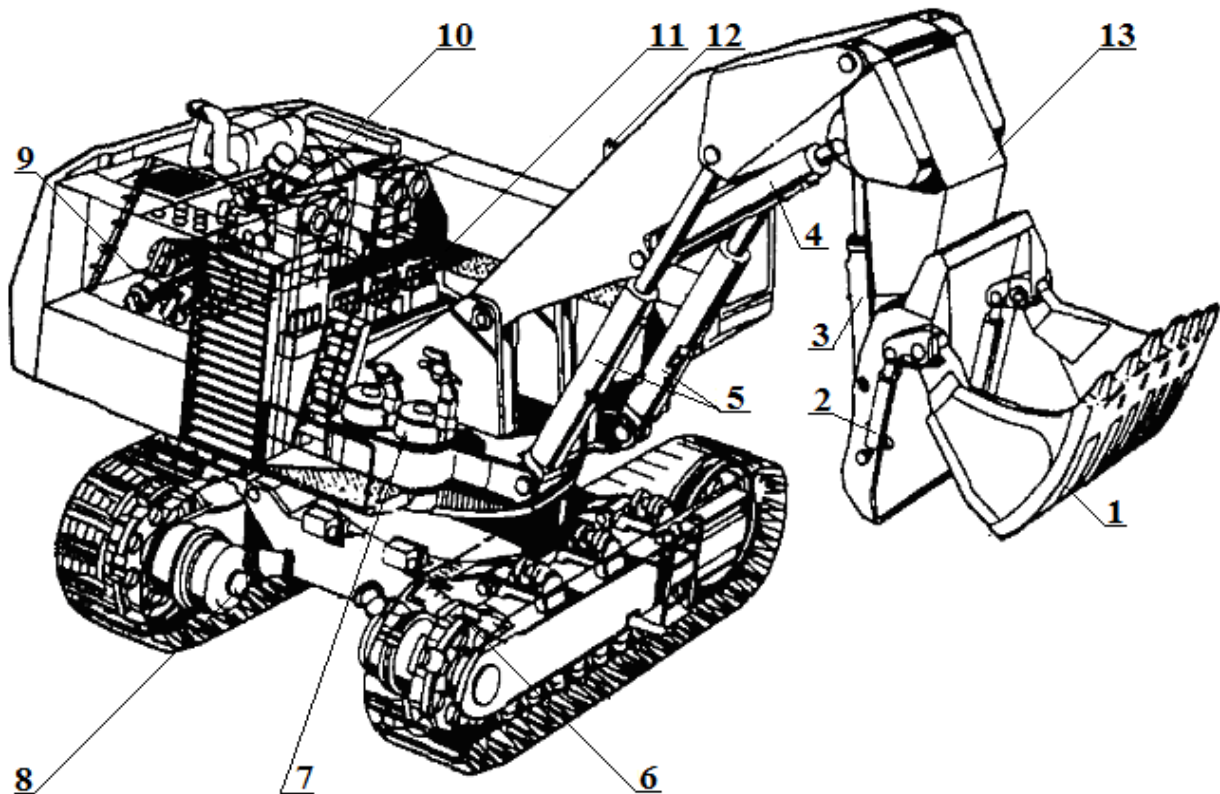


Рис. 3.5. Складові частини одноківшевого гідравлічного екскаватора

двох башт – машинної й опорної, між якими натягнуті два паралельних (на відстані 2,5 – 3 м) несучих канати (рис. 3.6), що призначені для пересування каретки з підвішеним до неї ковшем клапанного, скіпового або грейферного типів. Пересуваються обидві башти незалежно – паралельно або за криволінійними траєкторіями з використанням гусеничного або рейкового ходу. Ківш баштового екскаватора опускається на вибій системою несучих канатів з балансиrom. Об'єм ковша баштового екскаватора 8 – 10 м³ для породи й 12 – 15 м³ – вугілля; відстань між баштами до 400 м при глибині розробки до 70 м, частота робочих циклів 20 – 30 шт./год. Швидкість підняття ковша до 60 м/хв, пересування візка (їздова швидкість) 240 – 320 м/хв, копання до 30 – 60 м/хв, пересування башт 3 – 6 м/хв.

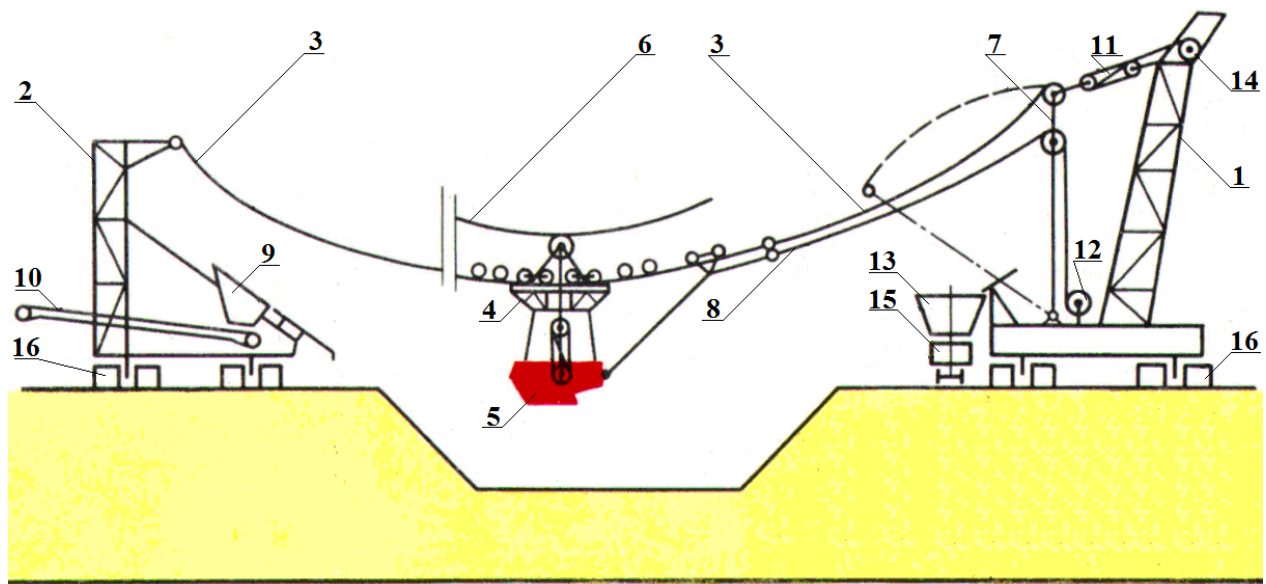


Рис. 3.6. Складові частини баштового екскаватора: 1, 2 – машинна й опорна башти; 3, 6, 8 – відповідно несучий, розвантажувальний і тяговий канати; 4 – каретка; 5 – ківш; 7 – балансиr; 9, 13 – відповідно породний і вугільний бункери; 10 – відвальний конвеєр; 11, 14 – відповідно поліспаст і лебідка опускання балансира; 12 – привід тягової лебідки; 15 – вагонетка; 16 – гусеничний ходовий пристрій

Продуктивність баштового екскаватора досягає 200 м³/год за породою і 250 т/год за вугіллям. Баштовий екскаватор використовується при несприятливій конфігурації родовища, коли ускладнюється підведення транспортних комунікацій в кар'єр, при розробці порушених і дуже обводнених (іноді підводних) родовищ, при відновленні гребель та ін.

3.2. Робоче обладнання одноківшевих екскаваторів

3.2.1. Робоче обладнання канатних екскаваторів (механічних лопат).

Робочим обладнанням називається комплекс вузлів екскаватора (робочого органа, стріли, системи підвішування стріли й робочого органа), які

забезпечують виймання, транспортування й вивантаження гірської маси [1 – 4].

Усі одноківшеві екскаватори за способом зв'язку робочого органа з поворотною платформою (стрілою) поділяються на дві групи – із жорстким і гнучким зв'язком. До першої групи відносяться пряма й зворотна лопати, до другої – драглайн, грейфер, баштовий екскаватор (рис. 3.7).

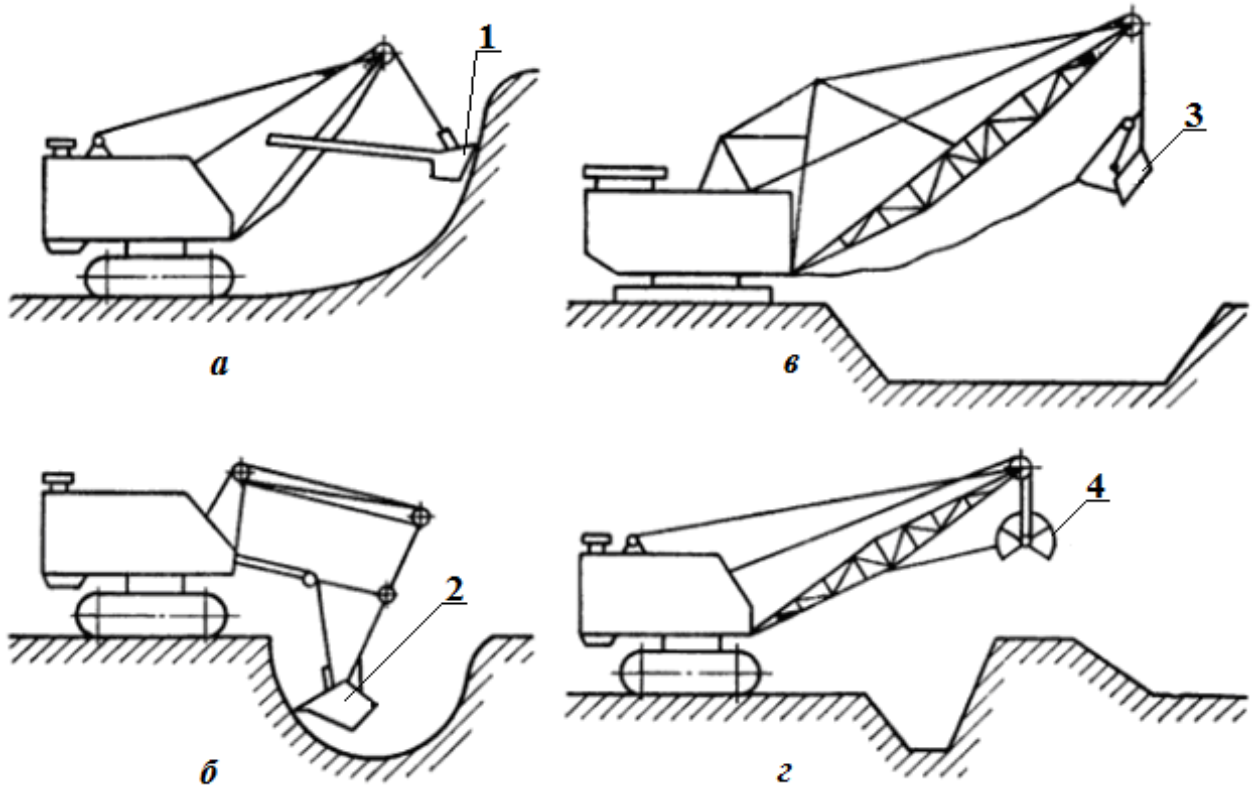


Рис. 3.7. Схеми робочого обладнання одноківшевих екскаваторів:
1 – пряма лопата; 2 – зворотна лопата; 3 – драглайн; 4 – грейфер

Пряма лопата – екскаватор із закріпленим на рукояті ковшем, який копає у напрямку від екскаватора (рис. 3.7, а).

Зворотна лопата – екскаватор із закріпленим на рукояті ковшем, який копає у напрямку до екскаватора (рис. 3.7, б).

Основним видом робочого обладнання мехлопат є пряма лопата. Зворотна лопата застосовується для копання невеликих котлованів і траншей, розташованих нижче рівня стояння екскаватора.

Відомо чотири види робочого обладнання прямої лопати: напірна пряма з висувною рукояттю, напірна пряма з невисувною рукояттю, напірна колінно-важільна й безнапірна.

У напірної лопати подача рукояті й ковша до вибою здійснюється примусово від якого-небудь приводу.

Пряма напірна лопата з висувною рукояттю (рис. 3.8) складається з ковша 1, рукояті 2, яка утримується сідлоподібним підшипником 3 і деталями напірного механізму [1 – 4]. Сідлоподібний підшипник дає можливість рукояті

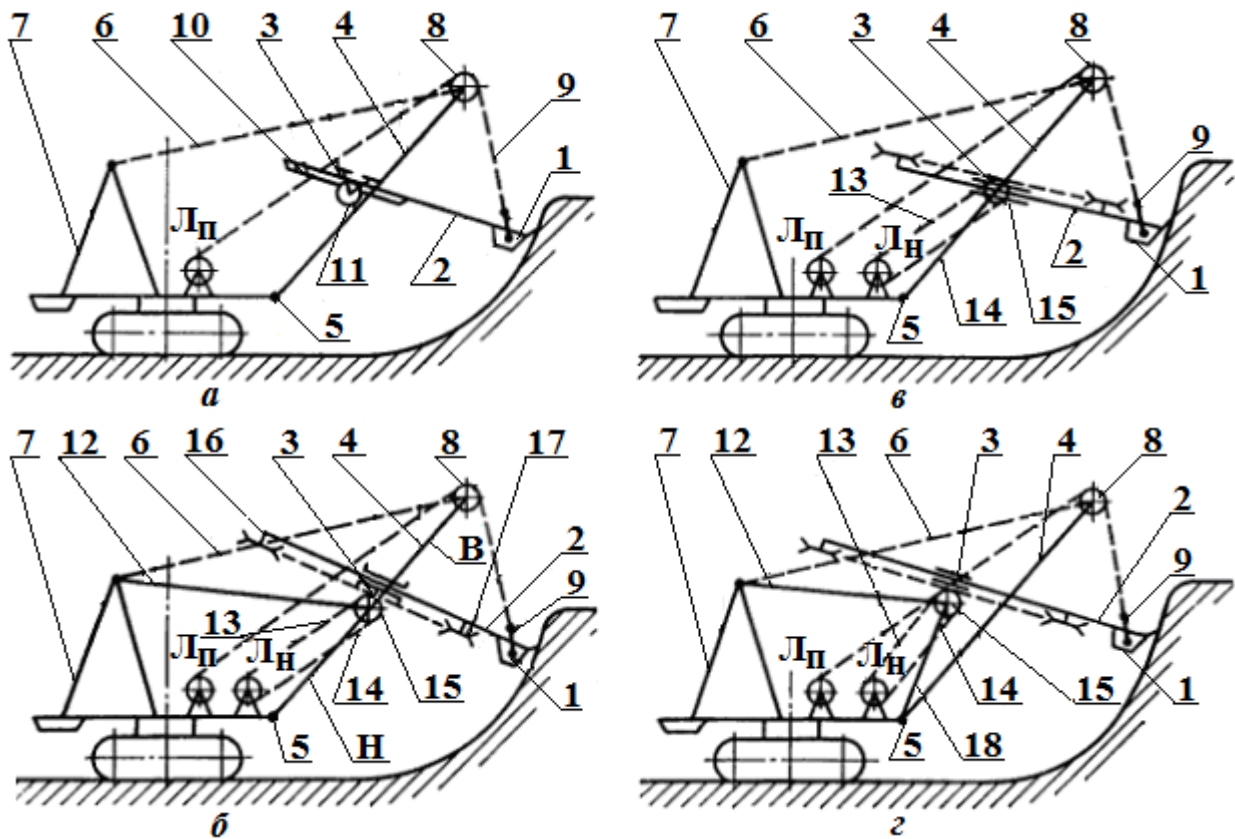


Рис. 3.8. Схеми робочого обладнання одноківшевих екскаваторів з висувною рукояттю: *a* – із зубчасто-рейковим механізмом напору; *б* – з канатним механізмом напору й розрізною стрілою; *в, г* – з канатним механізмом напору й нерозрізною стрілою

не тільки повертатися у вертикальній площині відносно стріли, а й здійснювати зворотно-поступальні рухи здовж осі рукояті. Стріла 4 шарнірно спирається своєю п'ятою 5 на поворотну платформу та підтримується канатним підвісом 6 й двоновою стійкою 7. Канат від підйомальної лебідки $L_{п}$ проходить через головні блоки 8 і через підвіс 9 підтримує ківш.

Залежно від типу напірного механізму й конструкції стріли існує чотири види прямої лопати:

- із зубчасто-рейковим механізмом напору (рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.8, *a*), розташованим на стрілі з передачею зусиль на зубчасту рейку 10 рукояті через кремельну шестерню 11 та точки контакту повзунів сідлоподібного підшипника з рукояттю;
- з канатним механізмом напору (рис. 3.8, *б*, 3.9) і розрізною стрілою, що складається з верхньої В й нижньої Н шарнірно – зв'язаних частин. Верхня частина стріли підтримується гнучкою підвіскою 6, а нижня частина – підкосом 12. Напірна лебідка $L_{н}$ розташовується на платформі. Висування й повернення рукояті виконується канатами 13 і 14, які огинають центральні блоки 15 та полублоки 16 і 17, закріплені на рукояті;



Рис. 3.9. Загальний вигляд одноківшового екскаватора з висувною рукояттю і канатним механізмом напорю

- з канатним механізмом напорю (рис. 3.8, в) і нерозрізною стрілою. Сідлоподібний підшипник 3 та центральні блоки 15 розташовуються на одній осі в стрілі. Висування й повернення рукояті здійснюється лебідкою L_n так само, як і на схемі, що наведена на рис. 3.8, б;
- з канатним механізмом напорю й нерозрізною двобалковою стрілою (рис. 3.8, г). Сідлоподібний підшипник встановлений у шарнирі стояка 18, який не зв'язаний зі стрілою. Стояк підтримується підкосом 12. Для висування й повернення рукояті на передній частині платформи розташована лебідка L_n (див. рис. 3.8, б).

Прямі лопати з колінно-важільним напором належать до одного з двох основних типів, які відрізняються напірним механізмом:

- з внутрішньою рукояттю, напірною балкою й зубчасто-рейковою подачею (рис. 3.10, а);
- з внутрішньою рукояттю, напірною балкою й канатною подачею (рис. 3.10, б).

Робоче обладнання таких лопат включає в себе ківш 1 (см. рис. 3.10), рукоять 2, стрілу 3 з головними блоками 4 й п'ятою 5, балансир 6, підвіску ковша 7, підвіску стріли 8, підймальний канат 9. Подача рукояті на вибій виконується напірною балкою 10, яка пересувається в сідлоподібному підшипнику 11 зубчасто-рейковою або канатною системою напорю. Напірний механізм розташовується на двоногому стояку (рис. 3.10, а) або на платформі (рис. 3.10, б).

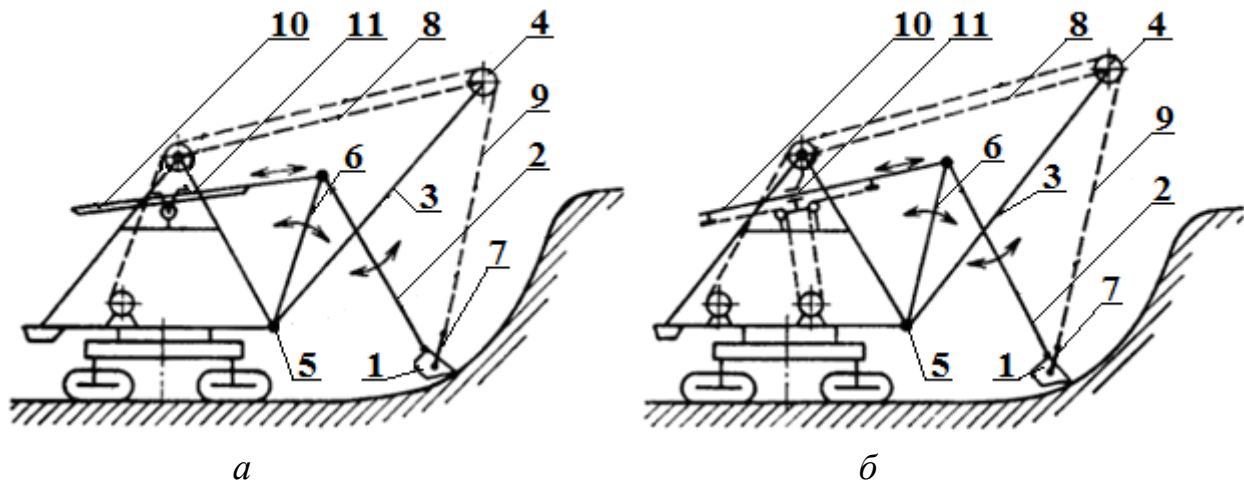


Рис. 3.10. Схеми прямих мехлопат з колінно-важільним напором:
 а – з внутрішньою рукояттю, напірною балкою й зубчасто-рейковою подачею;
 б – з внутрішньою рукояттю, напірною балкою й канатною подачею

Ковші прямих мехлопат за конструкцією відрізняються більшим різноманіттям залежно від призначення, способу виготовлення та розвантаження.

За призначенням ковші бувають: важкі, середні й легкі відповідно для розробки важких, середніх і легких порід, а також для розвантаження та завантаження вугілля.

Спосіб виготовлення визначається призначенням ковша. Так, для робіт у важких умовах застосовують відлиті ковші, в легких умовах – зварні. Найбільшого поширення набули комбіновані ковші, що складаються з відлитих та зварних деталей.

Ківш прямої лопати складається з днища 1 (рис. 3.11), задньої стінки 2, передньої стінки 3, двох обойм з блоками 4 і коромисла 5 [1 – 4].

Передня стінка відливається зі спеціальної високомарганцевистої сталі, задня – з вуглецевої сталі. Обидві стінки з'єднані стиковим зварним швом і утворюють корпус ковша.

Верхній та нижній пояси передньої стінки наплавляються твердим сплавом, що дозволяє значно підвищити строк її служби. На верхній кромці передньої стінки встановлюються змінні зубці 6, виготовлені з високомарганцевистої сталі. Зубці виконуються цільновідлитими або зі змінними наконечниками. Після затуплення зубці або наконечники знімають і повертають на 180° . Зубець вважається непридатним, якщо кут його загострення перевищує 60° . По мірі зносу наплавленого металу й при ремонтах передня стінка заново наплавляється твердим сплавом.

За способом розвантаження розрізняють ковші з вільноспадним і маятниковим днищем. Найбільш поширена перша конструкція внаслідок менших втрат часу на розвантаження ковша. Друга конструкція використовується за необхідності забезпечення постійного розвантаження.

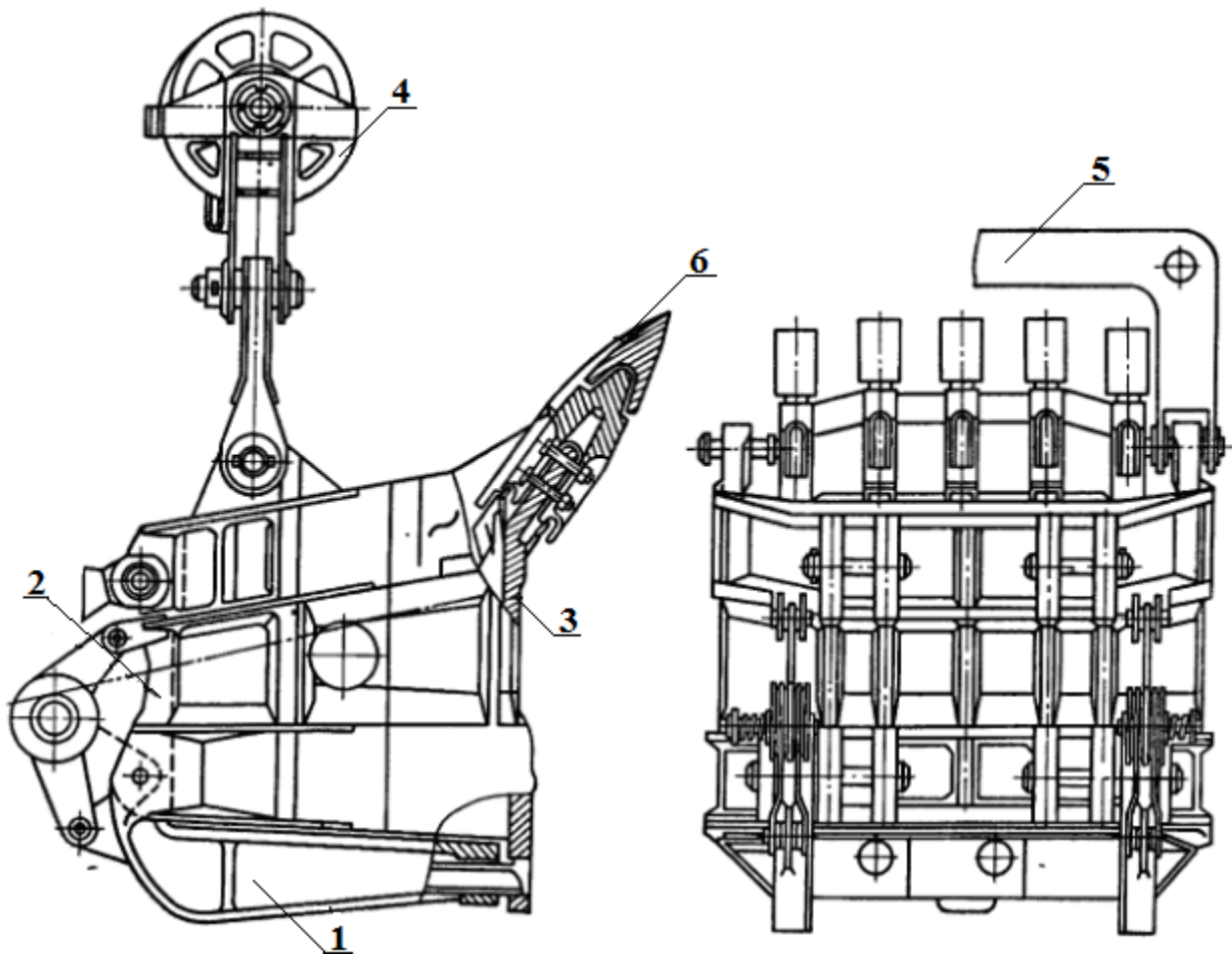


Рис. 3.11. Конструктивна схема зварно-литого ковша екскаватора ЕКГ-12,5

Днище ковша являє собою плиту, відлиту з легованої сталі, яка посилена ребрами. На плиті відлиті напрямні засувка для кріплення останнього з важелями механізму відкриття днища, а також зроблена наплавка для кріплення петель днища. Засувка рухається за допомогою важеля й ланцюга.

Підвіска ковша складається або з блока, обійма якого кріпиться до проушини верхньої кромки задньої стінки (будівельні екскаватори), або з коромисла, проушини якого кріпляться до бокових стінок, або з блоків, обійми яких закріплені також у бокових стінках.

Рукоять екскаватора служить для передачі на ківш напірного, а на гідравлічних екскаваторах – підйимального зусиль. Рукояті прямих лопат бувають двох типів: одно- (внутрішні) та двобалкові (зовнішні). Тип рукояті зазвичай визначає конструкцію напірного механізму і стріли.

Однобалкові рукояті являють собою цільнозварну металоконструкцію прямокутного або круглого перерізу. Одним кінцем рукоять проушинами з'єднується з ковшем. На іншому її кінці кріпиться напірний блок (при канатному напорі) або вилка універсального шарніру (при колінно-важільному напорі).

Однобалкова рукоять складається з балки 1 (рис. 3.12), до передньої частини якої приварена кінцева відливка 2 з проушинами для кріплення ковша.

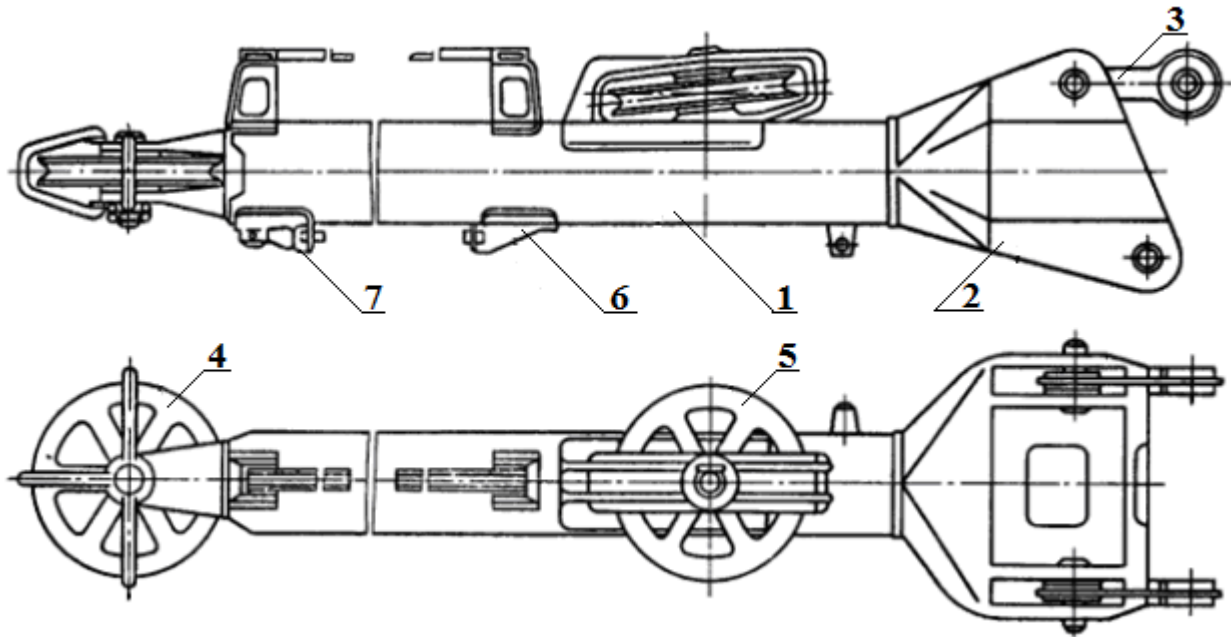


Рис. 3.12. Конструктивна схема однобалкової рукояті круглого перерізу екскаватора ЕКГ-12,5

За допомогою тяг 3 перемінної довжини регулюється кут нахилу ковша до рукояті. Необхідне положення ковша вибирається за властивостями розроблюваних порід. Тяги меншої довжини встановлюються при роботі на дуже щільних породах, тяги більшої довжини використовують на слабких породах і в неглибоких вибоях. На рукояті встановлені напірний 4 і поворотний 5 блоки, через які відповідні канати надають зворотно-поступальні рухи рукояті. Упори 6 та 7 обмежують хід рукояті в сідлоподібному підшипнику.

Двобалкова рукоять зовнішнього типу охоплює стрілу зовні й являє собою конструкцію з двох зварних балок 1 (рис. 3.13) прямокутного або круглого перерізу, з'єднаних між собою кінцевою відливкою 2. До нижніх площин балок приварені цільноковані зубчасті рейки 3. Для контакту зі стрілою й сідлоподібним підшипником на бокових площинах балок мають оброблені накладки 4 та 5. Для запобігання від аварійного виходу рукояті зі сідлоподібного підшипника на кінцях балок встановлені упори 6.

В передній частині кінцевої відливки зроблені проушини 7 і 8 для кріплення ковша. З метою зміни кута нахилу ковша тяги 9 з'єднуються з одним із двох отворів А або Б в проушині (при розробці скельних порід – з отвором А, при розробці глинистих порід – з отвором Б).

Стріла. Більшість кар'єрних і розкривних екскаваторів мають конструкцію стріл із внутрішньою рукояттю (ЕКГ-3,2; ЕКГ-4У; ЕКГ-8И; ЕКГ-12,5 та ін.).

Конструкції стріл із зовнішньою рукояттю використані на екскаваторах Е-2503; ЕКГ-4,6; ЕКГ-8; ЕКГ-5А; ЕКГ-20.

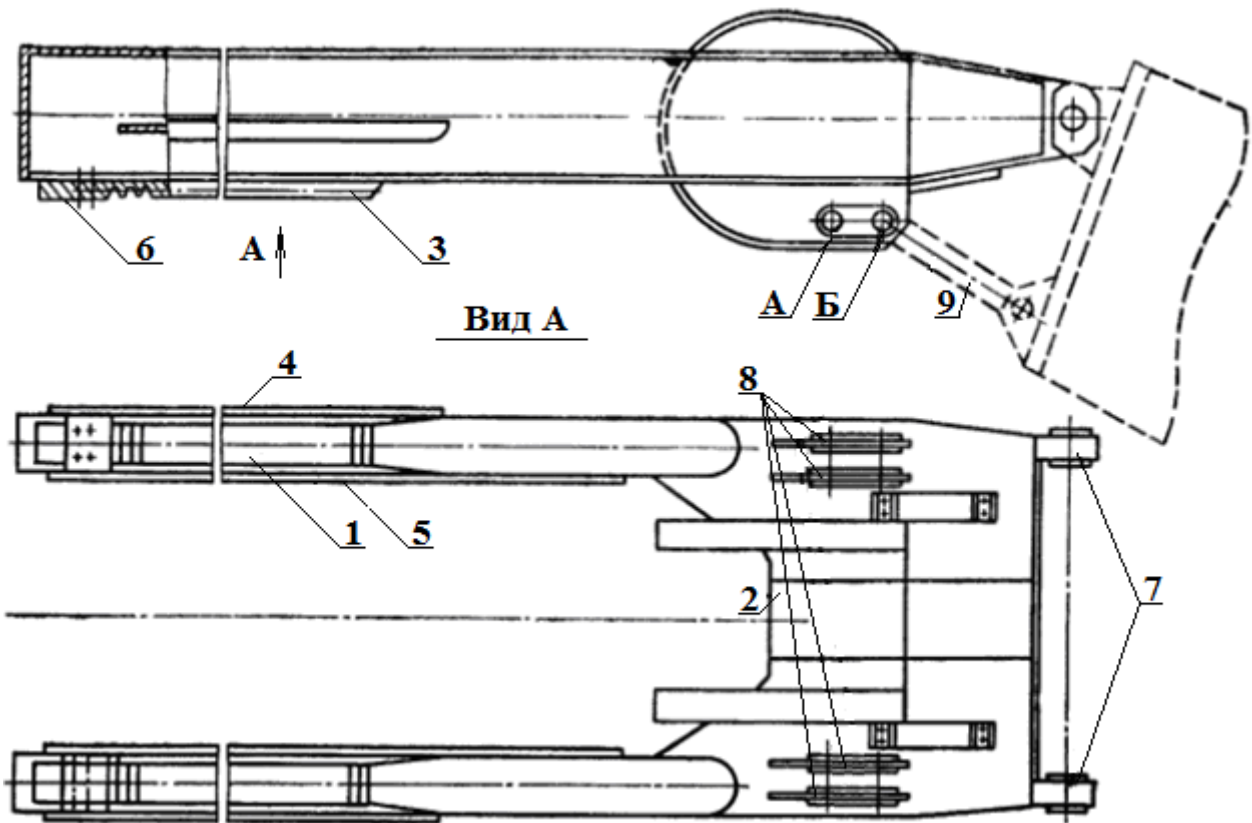


Рис. 3.13. Конструктивна схема двобалкової рукояті екскаватора ЕКГ-20

Конструкція стріли визначається типом рукояті. На екскаваторах з однобалковою внутрішньою рукояттю встановлюють двобалкову стрілу; при зовнішній двохбалковій рукояті стріла виконується однобалковою.

Однобалкові стріли (рис. 3.14 а, б) бувають круглого й прямокутного поперечного перерізу. Стріли виготовляються з розставленими опорними проушинами, а для підвищення стійкості часто застосовуються бокові відтяжки.

Двобалкові нероз'ємні стріли (рис. 3.14 в, е) зазвичай встановлюються на потужних розкривних лопатах з колінно-важільним напором.

Двобалкові роз'ємні (шарнірні) стріли складаються з двох частин – нижньої й верхньої (рис. 3.14 г, д). Нижня частина стріли підтримується жорсткими підкосами, закріпленими на двоногому стояку. Верхня частина стріли шарнірно з'єднана з нижньою й підвішується на канатах або вантах. На осі, що з'єднує нижню частину стріли з підкосами, розташована виконавча частина механізму напору із сідлоподібним підшипником.

Нижня частина стріли, підкоси й передня частина двоногого стояка утворюють жорстку конструкцію, що дозволяє сприймати більші навантаження й передавати їх від стріли до поворотної платформи.

Балки виконуються зварними коробчастого або круглого перерізу.

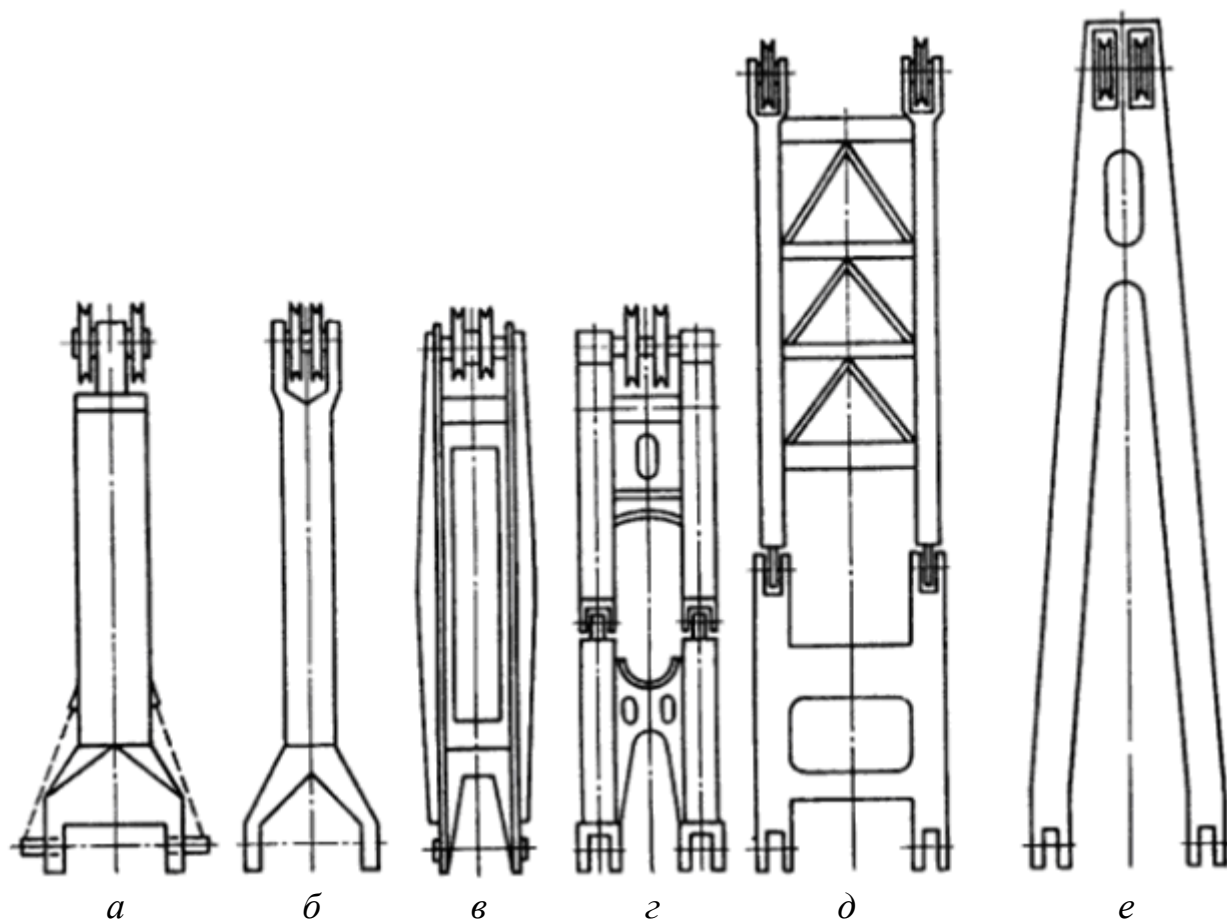


Рис. 3.14. Конструктивні схеми стріл мехлопат (в плані)

В робочому положенні стріла утримується системою підвісу. Частіше застосовується канатна система підвісу стріли, але на потужних кар'єрних екскаваторах використовують жорстку систему підвісу.

3.2.2. Робоче обладнання гідравлічних екскаваторів. У гідравлічних екскаваторах з прямою лопатою використовується схема прямої напірної лопати з невисувною рукояттю (рис. 3.15, *a*), де поворотний ківш 3 шарнірно закріплюється на рукояті 2, яка, в свою чергу, шарнірно зв'язана зі стрілою 1 п'ятовим шарніром O_1 [1 – 4]. За допомогою циліндрів 4 підймання – опускання стріли, напорі 5 рукояті й повороту 6 ковша відбувається їх повертання навколо шарнірів O_1, O_2, O_3 . У гідравлічних екскаваторах зі зворотною лопатою використовується така схема (рис. 3.15, *б*): поворотний ківш 3 шарнірно закріплюється на рукояті 2, яка, в свою чергу, шарнірно зв'язана зі стрілою 1 п'ятовим шарніром O_1 . За допомогою циліндрів 4 підймання – опускання стріли, напорі 5 рукояті й повороту 6 ковша здійснюється їх повертання навколо шарнірів O_1, O_2, O_3 . Траєкторія копання ковша визначається об'єднанням факторів переміщень основних елементів робочого обладнання.

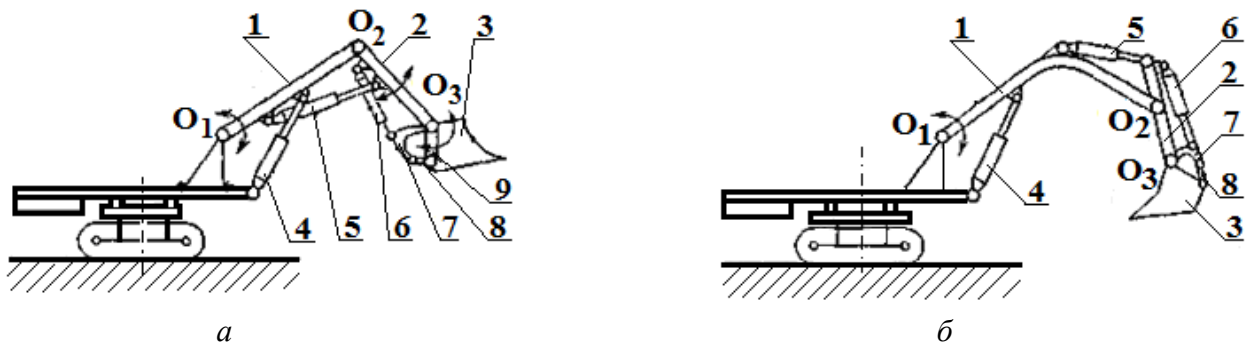


Рис. 3.15. Конструктивна схема гідравлічного екскаватора з прямою (а) та зворотною (б) лопатами

Робоче обладнання гідравлічних екскаваторів відрізняється своєю різноманітністю (рис. 3.16). Як знімне обладнання, для виконання основних та допоміжних гірничих робіт зазвичай використовують ковші типів пряма та зворотна лопата, грейфери, гідравлічні молоти, фрези, погрузні ґрунтові насоси та ін.



Рис. 3.16. Загальний вигляд робочого обладнання гідравлічних екскаваторів: а – ківш типу пряма лопата; б – ківш типу зворотна лопата; в – грейфер; г – гідромолот; д – фреза; е – ґрунтовий насос



Рис. 3.17. Загальний вигляд драглайна CAT 8200

3.2.3. Робоче обладнання драглайна та грейфера. Драглайн – одноківшевий екскаватор, у якого ківш підвішений до стріли за допомогою підйимального та тягового канатів, а розробка ґрунту виконується нижче або вище рівня його встановлення у напрямку до екскаватора (рис. 3.17) [1 – 4].

Драглайн має більш довгу стрілу, ніж механічна лопата, що дозволяє виймати ґрунт з більшої глибини, зачищати

покрівлю розкритого пласта, переміщувати ґрунт на великі відстані. Екскаватор – драглайн складається з бази 1, роликового круга 2, зубчастого вінця 3, центральної цапфи 4, механізму крокування 5, механізму повороту 6, блоків напрямку 7, підтримувальних блоків 8, тягових канатів 9, ковша з упряжжю 10, підйимальних канатів 11, блоків 12, стріли 13, вантової підвіски стріли 14, кабіни машиніста 15, лебідки підняття стріли 16, кузова 17, підкранового шляху 18, підйимальної лебідки 19, тягової лебідки 20, надбудови 21, поворотної платформи 22, головного перетворювального агрегата 23, шаф керування 24 (рис. 3.18) [1 – 4].

Працює драглайн таким чином. За допомогою підйимального каната (при відпущеному тяговому канаті) ківш опускають до вибою, а потім підтягують тяговим канатом до екскаватора, при цьому ківш наповнюють породою. Після завантаження ківш підіймають відповідним канатом і, утримуючі його в горизонтальному положенні натягненням тягового каната, разом з поворотною платформою повертають до місця розвантаження. Над місцем розвантаження при послабленні тягового каната ківш перекидається передньою стороною донизу й розвантажується, після чого платформу повертають до вибою, одночасно опускаючи ківш. У подальшому робочий цикл повторюється.

Ківш. Для сучасних драглайнів ковші виготовляються такими, що вони дозволяють розробляти гірські породи до 4-ї категорії міцності, у тому числі породи, які потребують попереднього розрихлення підривом зі щільністю до $2,9 \text{ т/м}^3$.

Характеризуються ковші питомою металомісткістю, що являє собою відношення маси порожнього ковша до його об'єму.

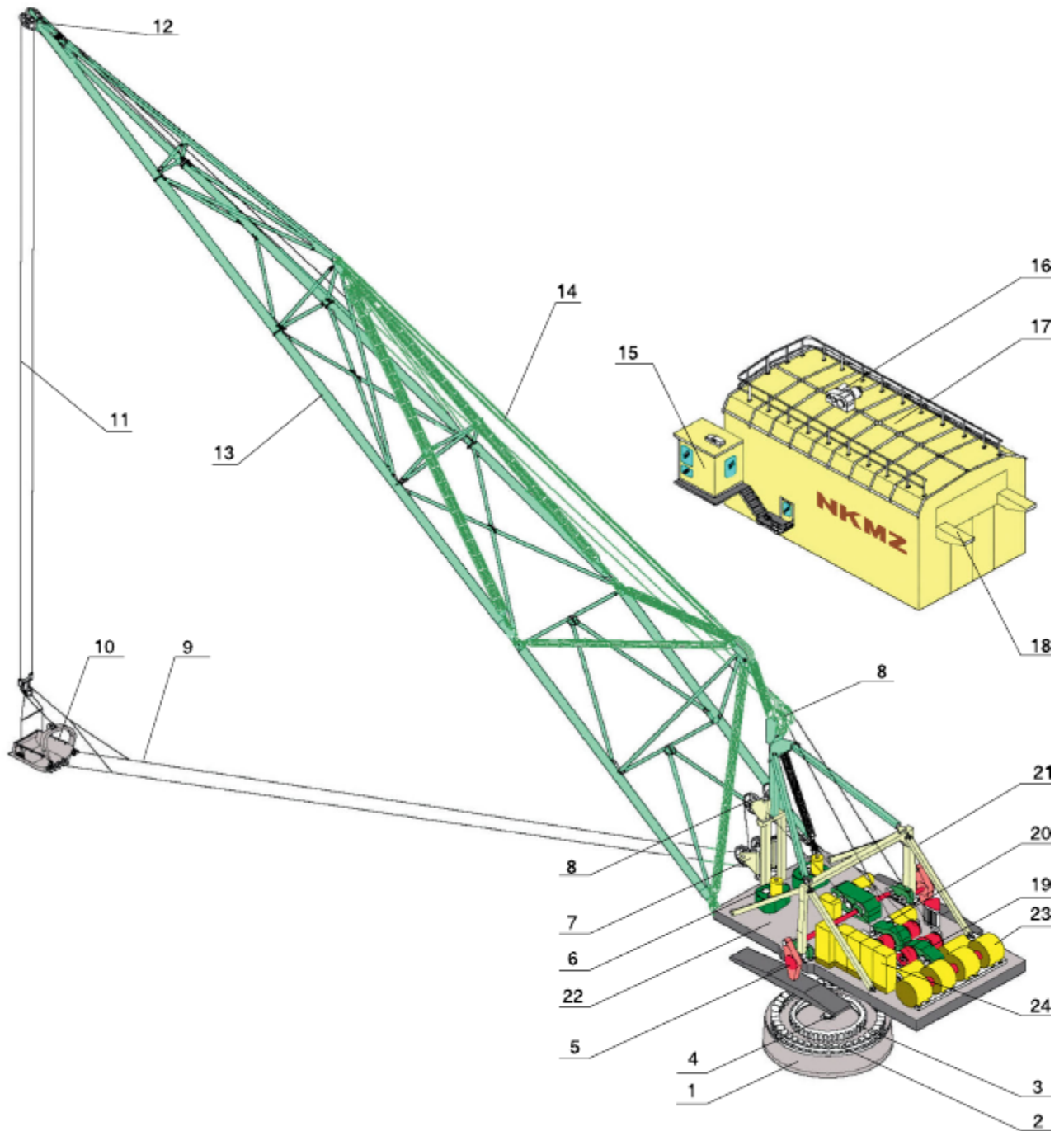


Рис. 3.18. Конструктивна схема екскаватора – драглайна

Залежно від призначення вони поділяються на легкі, середні, важкі й надважкі з питомою металомісткістю від 0,84 до 1,6 т/м³. При цьому зі зростанням об'єму ковша його питома металомісткість знижується.

За конструкцією ковші драглайнів бувають арочними й неарочними.

Арочний ківш драглайна (рис. 3.19) складається зі зварного корпусу 1, козирка 2, відлитого разом з основою зубців, і арки 3. Остання служить для придання бокової жорсткості ковшу й кріплення розвантажувального каната 4. До передньої частини ковша (щокам) приварюються проушини 5 для тягових ланцюгів 6, а до бокових стінок приклепуються проушини 7 для ланцюгів 8

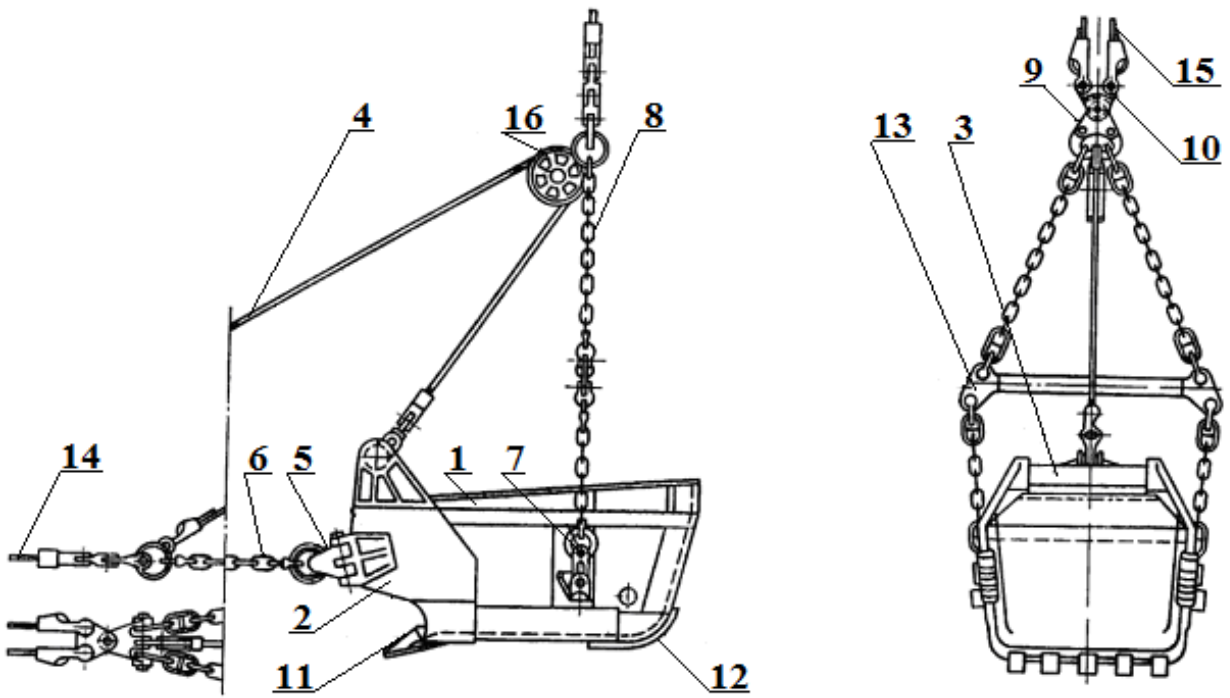


Рис. 3.19. Конструктивна схема ковша драглайна об'ємом 30 м³

підняття. Через траверсу 9 і балансир 10 ланцюги 8 з'єднуються з підймальними канатами 15. В основання козирка 2 вставляються зубці 11 [1 – 4].

Для зменшення зносу днища ковша до нього приварюються сталеві полози 12. З метою захисту ланцюгів 8 від стирання об ківш використовується розпірна балка 13. Центр тяжіння ковша з вантажем знаходиться між підймальними ланцюгами і аркою, через що при послабленні тягового 14 і розвантажувального 4 канатів останній проскользує по блоку 16. При цьому ківш обертається навколо осей кріплення підймальних ланцюгів, і порода вільно вивантажується через відкритий простір під аркою й між тяговими ланцюгами. При поворотах на розвантаження ківш утримується в горизонтальному положенні за допомогою натягнутих тягового й розвантажувального канатів. Сукупність деталей, з'єднуючих ківш з тяговими й підймальними канатами, називається упряжжю ковша.

У безарочних ковшах арка 3 відсутня, а розвантажувальні канати 4 кріпляться до бокових стінок ковша.

Екскатор – грейфер використовують для розробки ґрунтів, розташованих як нижче, так і вище рівня стоянки екскаватора, для навантаження й розвантаження сипких матеріалів, а також для деяких видів земляних робіт у м'яких ґрунтах (риття глибоких котлованів, очищення ставків і каналів) (рис. 3.20). Схема та принцип дії грейферного екскаватора розглянута на рис. 3.21. Працює грейфер таким чином. При послабленні замикального каната грейферний ківш утримується підтримувальним канатом, закріпленим на верхній головці грейфера. Нижня головка під дією власної ваги опускається



Рис. 3.20. Загальний вигляд екскаватора ЭО-4112-А-1 з грейфером

разом зі змонтованими на ній нижніми блоками поліспасти. При опусканні нижньої головки щелепи розкриваються, обертаючись відносно жорстких тяг, шарнірно закріплених нижніми кінцями на щелепах, а верхніми – на верхній головці (положення I). У такому положенні ківш опускають на ґрунт так швидко, щоб зубці щелеп врізались у матеріал. Потім послабляють підтримувальний канат і навивають на барабан замикального каната. При цьому з'єднуються нижня й верхня головки грейфера, а щелепи закриваються, врізаючись у ґрунт, і захоплюючи його (положення II).

Після цього заповнений ґрунтом грейфер підіймають на замикальному канаті. Одночасно надають руху барабану, щоб обрати потрібну швидкість для підтримувального каната (положення III). Коли платформу зі

стрілою повертають до місця розвантаження, то барабан підтримувального каната загальмовують, а замикаючий канат б послабляють, що приводить до опускання нижньої голівки зі щелепами і до розвантаження грейфера (положення IV). Після розвантаження грейфер знову повертають до місця розробки і цикл повторюють.

Окрім двощелепного грейфера є ще грейфери з більшою кількістю щелеп; кількість та форма щелеп залежать від виду перевантажувального матеріалу. Однак принципова схема роботи їх не відрізняється від схеми двощелепного грейфера.

Недолік підвішеного на канатах грейфера полягає в тому, що ним неможливо розробляти щільні ґрунти: ваги грейфера недостатньо, щоб врізатися в ґрунт. Виконують грейфери трьох типів: легкий, середній і важкий, причому вага грейфера має бути тим більшою, чим щільніший ґрунт. Однак чим важче грейфер, тим менше ґрунту він може підняти при даній стійкості екскаватора. Відповідно, продуктивність обладнання при цьому зменшується.

Закордонні фірми виготовляють жорстко підвішені грейфери, які закріплюють на рукояті зворотної лопати замість ковша. Щелепи такого грейфера замикаються гідравлічними циліндрами, які приводяться в дію рідиною, що надходить від насоса. Основна перевага жорстко підвішеного грейфера полягає в тому, що ним можна утворювати необхідний тиск на ґрунт

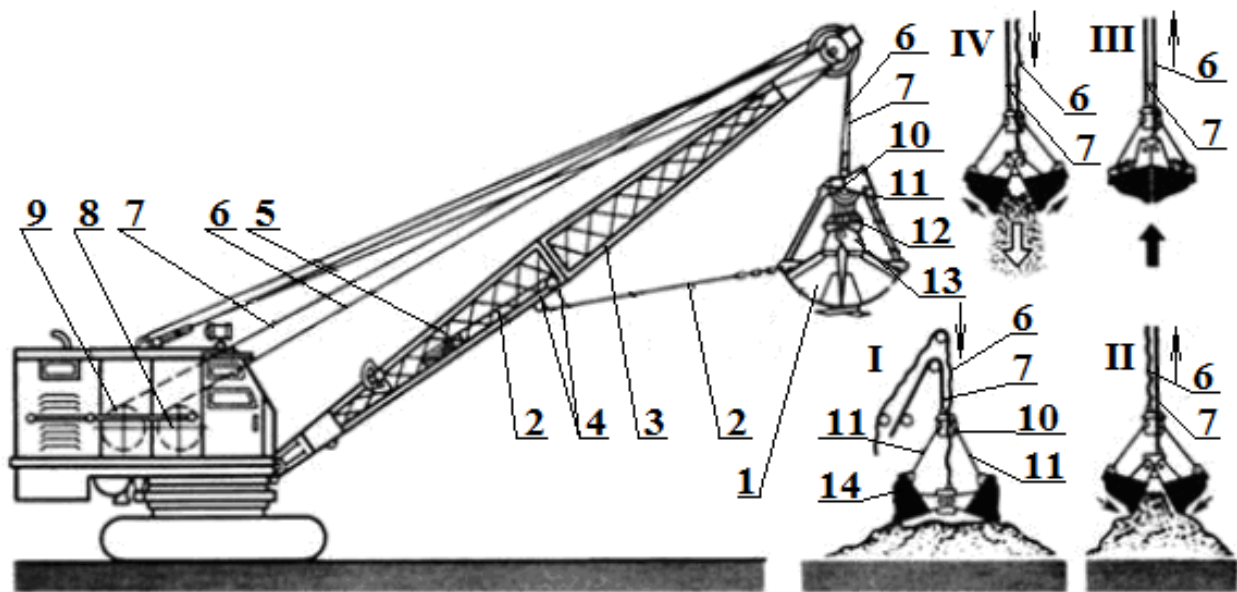


Рис. 3.21. Конструктивна схема грейферного екскаватора:
 1 – грейфер; 2, 7 – відтяжний та підтримувальний канати; 3 – стріла;
 4 – блоки відтяжного каната; 5 – вантаж відтяжного устаткування;
 6 – замикальний канат; 8, 9 – барабани замикального і підтримувального канатів; 10, 13 – верхня й нижня головки; 11 – тяги; 12 – нижні блоки поліспасти замикального каната; 14 – щелепи; I – IV – положення грейфера

при врзанні, таким чином незалежно від ваги грейфера успішно розробляти щільні ґрунти.

Стріла. За конструктивним виконанням стріли драглайнів і грейферів відрізняються своїм різноманіттям, однак їх можна об'єднати в чотири групи: вантові, тригранні жорсткі, фермові (як з додатковою двоногою стійкою та проміжними підвісками, так і без них) і комбіновані. Підняття та опускання стріли драглайна виконується за допомогою стрілової лебідки, що являє собою зазвичай 10-кратний і більше поліспаст. Утримання стріли в робочому положенні забезпечується підвіскою стріли. Підвіска може складатися як із жорстких, так і з гнучких елементів: жорстких підкосів, розпорів, тяг, серг, багатократних поліспаств. За допомогою цих елементів стріла з'єднується з надбудовою екскаватора.

3.3. Багатоківшеві екскаватори

3.3.1. Принцип дії та сфера застосування багатоківшевих екскаваторів. Багатоківшеві екскаватори набули широкого поширення при відкритих гірничих роботах. На відміну від одноківшевих, багатоківшеві екскаватори є спеціалізованими машинами, а їх конструктивні схеми залежно від призначення сильно відрізняються одна від одної [1 – 4].

Сучасні конструкції багатоківшевих екскаваторів вельми різноманітні й являють собою складні комплекси механізмів, металоконструкцій,

електротехнічного обладнання, систем контролю та керування. Вони широко застосовуються при розкривних і видобувних роботах у гірничовидобувній промисловості, в будівництві та при виконанні різного роду спеціальних робіт. Загальна класифікація багатоківшевих екскаваторів подана в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Загальна класифікація одноківшевих гірничих екскаваторів

Тип екскаватора	Класифікаційне значення		
	Продуктивність, м ³ / год	Ходове обладнання	Силове обладнання
Роторний, гравітаційний (відцентровий) роторний	630 – 10000	Гусеничне, крокуюче, рейкове	Електричне, дизель-електричне, дизель-гідравлічне, електрогідравлічне
Ланцюговий	640 – 9300	Гусеничне, рейкове, рейково-гусеничне, крокуюче з внутрішнім башмаком	Електричне, дизель-електричне, дизель-гідравлічне, електрогідравлічне

Багатоківшеві екскаватори різняться за такими основними ознаками [1 – 4]:

- призначенню – кар’єрні, будівельні та спеціальні;
- типу робочого органа – ланцюгові, скребково-ківшеві, роторні, фрезерно-ківшеві, з безківшевим фрезерним робочим органом;
- максимальній теоретичній продуктивності – малі (до 630 м³ / год), середні (до 2500 м³ / год), великі (до 5000 м³ / год), потужні (до 10000 м³ / год), надпотужні (вище 10000 м³ / год);
- способу відпрацювання вибою – верхнього копання, нижнього копання, верхнього та нижнього копання;
- характеру рухів робочого органа – поздовжнього копання, у яких напрямок руху робочого органа співпадає з напрямком їх переміщення;
- поперечного копання, у яких напрямок руху робочого органа (ротора, ланцюга, скребка) перпендикулярний до напрямку їх переміщення;
- радіального копання, у яких робочий орган (ротор, ківшевий ланцюг) разом з верхньою будовою повертається відносно бази машини.

На відкритих гірничих роботах застосовуються переважно роторні й ланцюгові екскаватори поперечного та радіального копання. До екскаваторів поздовжнього копання відносяться траншейні, фрезерні й землерийні машини, призначені для будівельних робіт.

3.3.2. Ланцюгові екскаватори. Ланцюговий багатоківшевий екскаватор поздовжнього копання (рис. 3.22) при пересуванні вздовж вибою зачерпує гірську породу ковшами 1, закріпленими на безкінечному ланцюзі, що рухається по ківшевій рамі 2 за допомогою привідної зірочки 3 [1 – 4]. Пересуваючись вибоєм, ковші заповнюються гірською породою і

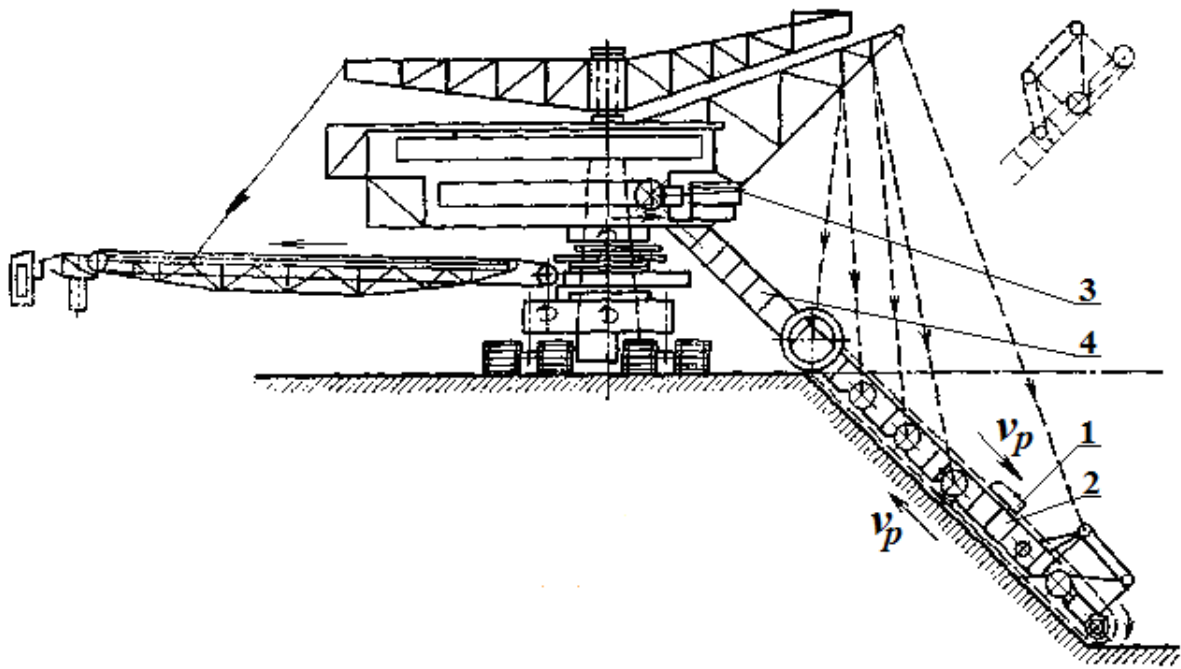


Рис. 3.22. Конструктивна схема ланцюгового екскаватора

транспортують її приймальним жолобом 4 до привідного барабана, де вони перекидаються й висипають породу в бункер або на приймальні проміжні конвеєри, звідки вона через навантажувальні пристрої потрапляє в транспортний посуд.

Ланцюгові екскаватори поперечного копання розрізняють за такими ознаками:

- взаємному розташуванню екскаватора і вибою – верхнього та нижнього копання;
- конструкцією робочого обладнання – із жорстко спрямованим ківшевим ланцюгом, нижньою гілкою ківшевого ланцюга, що вільно провисає, комбіновані;
- способом подачі робочого обладнання на вибій – віялового або паралельного копання;
- конструкцією розвантажувальних пристроїв – з центральним розвантажувальним бункером і безпосереднім розвантаженням у транспорт, з консольними стрічковими розвантажувальними конвеєрами та з консольною відвалоутворювальною стрілою;
- способом зв'язку робочого обладнання з ходовим візком – поворотні й неповоротні;
- типом ходового обладнання – з гусеничним, рейковим, рейково-гусеничним ходом.

Ланцюгові багатоківшеві екскаватори середньої й великої продуктивності застосовуються для виконання видобувних і розкривних робіт у породах осадового походження (рис. 3.23, 3.24). Ланцюгові багатоківшеві екскаватори найбільшого поширення набули на підприємствах гірничо-хімічної сировини та на кар'єрах будматеріалів при розробці глини, піску, гравію та ін.



Рис. 3.23. Загальний вигляд ланцюгового екскаватора під час роботи на піщано-гравійному родовищі

3.3.3. Скребково-ківшеві екскаватори. Скребково-ківшеві екскаватори застосовуються для розробки вугілля, хрипких та рихлих порід [1 – 4]. За способом відпрацювання вибою вони є машинами верхнього копання. За типом робочого обладнання скребково-ківшеві екскаватори бувають зі скребковим ланцюгом та зі скребковою відбійною штангою. Їх виготовляють у межах типорозмірів мало-, рідше середньої продуктивності.

Принцип роботи скребково-ківшевого екскаватора полягає в тому, що ґрунт, який зрізається зубцями скребкового ланцюга, падає й забирається ківшами транспортного ланцюга або навантажувального роторного колеса. При застосуванні скребкової відбійної штанги порода від вибою відділяється скребками штанги або шнеком, який обертається навколо поздовжньої осі в закріплених на стрілі підшипниках, порода, яка падає, також видаляється транспортним ланцюгом або ротором і навантажується на відвальний конвеєр.

За типом ходового обладнання ці машини бувають гусеничними та рейковими.

Скребково-ківшеві екскаватори застосовуються при видобутку бурого вугілля, розкривних та планувальних роботах.

3.3.4. Роторні екскаватори. Це самохідна машина безперервної дії, яка виймає гірську породу ківшами, закріпленими на роторному колесі, й призначена для одночасної розробки і транспортування розкривних порід або корисної копалини (рис. 3.25).

Роторний екскаватор (рис. 3.26) складається з таких основних вузлів [1 – 4]: ротора з приводом 1, висувної стріли 2, підвіски стріли 3, пілону 4, надбудови 5, стріли противаги 6, висувного візка 7, лебідки підняття стріли 8, відвальної консолі 9, гусеничного візка 10, поворотної платформи 11, конвеєра роторної стріли 12, конвеєра стріли противаги 13, перевантажувального конвеєра 14, відвального конвеєра 15.

Класифікуються роторні екскаватори для відкритих робіт за такими основними технологічними ознаками [1 – 4]:



Рис. 3.24. Загальний вигляд ланцюгового екскаватора під час розкривних робіт на вугільному родовищі

- взаємному розташуванню екскаватора і вибою – верхнього копання (з глибиною копання нижче рівня розташування машини не більше $\frac{1}{2}$ діаметра ротора), верхнього й нижнього копання;
- призначенням – розкривні й видобувні;
- максимальною теоретичною продуктивністю – малі (до $630 \text{ м}^3/\text{год}$), середні (до $2500 \text{ м}^3/\text{год}$), великі (до $5000 \text{ м}^3/\text{год}$), потужні (до $10000 \text{ м}^3/\text{год}$), надпотужні (вище $10000 \text{ м}^3/\text{год}$);
- способом подачі робочого обладнання до вибою – із висувними та невисувними стрілами;
- типом ходового обладнання – з гусеничним, крокуючо-рейковим, рейково-гусеничним і рейковим ходовим обладнанням;
- значенням опору копанню – з нормальним (до $0,7 \text{ МПа}$), підвищеним (до $1,4 \text{ МПа}$) і високим (до $2,1 \text{ МПа}$).

Взагалі на практиці існує широкий діапазон кінематичних і технологічних параметрів роторних екскаваторів, який сприяє великому різноманіттю конструктивних рішень.

Кар'єрні роторні екскаватори виготовляються в Україні, Німеччині, Чехії, а будівельні та спеціальні – в РФ, Німеччині, Польщі, США, Франції, Великобританії, Японії. Типажний ряд роторних екскаваторів такий:



Рис. 3.25. Загальний вигляд роторного екскаватора

- ЕР – кар’єрні роторні (п’ять базових моделей) для розкривних робіт з продуктивністю Q_t , що дорівнює 630, 1250, 2500, 5000 и 10000 м³/год, і розрахунковим опором копанню не меншим за 0,7 МПа;
- ЕРП – модифікація ЕР з підвищеним опором копанню (не меншим за 1,4 МПа), відповідно з базовою продуктивністю (п’ять типорозмірів) та призначені для ведення видобувних робіт.

3.3.5. Робоче обладнання ланцюгових екскаваторів. Робоче обладнання ланцюгового багатоківшевого екскаватора складається з ланцюга з ковшами, ківшевої рами та її підвіски, породного жолоба і розвантажувальних пристроїв (рис. 3.22 – 3.24).

Ланцюг являє собою сукупність ланок, з’єднаних між собою пальцями на втулках. Ковші кріпляться до ланок ланцюга, які називають робочими або ківшевыми. Між робочими ланками знаходиться від трьох до семи холостих ланок. Більшу кількість ланок використовують при роботі на щільних ґрунтах, що дозволяє реалізовувати підвищені зусилля різання. Зменшення кроку ковшів обмежується умовами розвантаження. Ланки ланцюгів виготовляються кованими, литими або зварними. Пальці та втулки виготовляються з високомарганцевистої сталі [1 – 4].

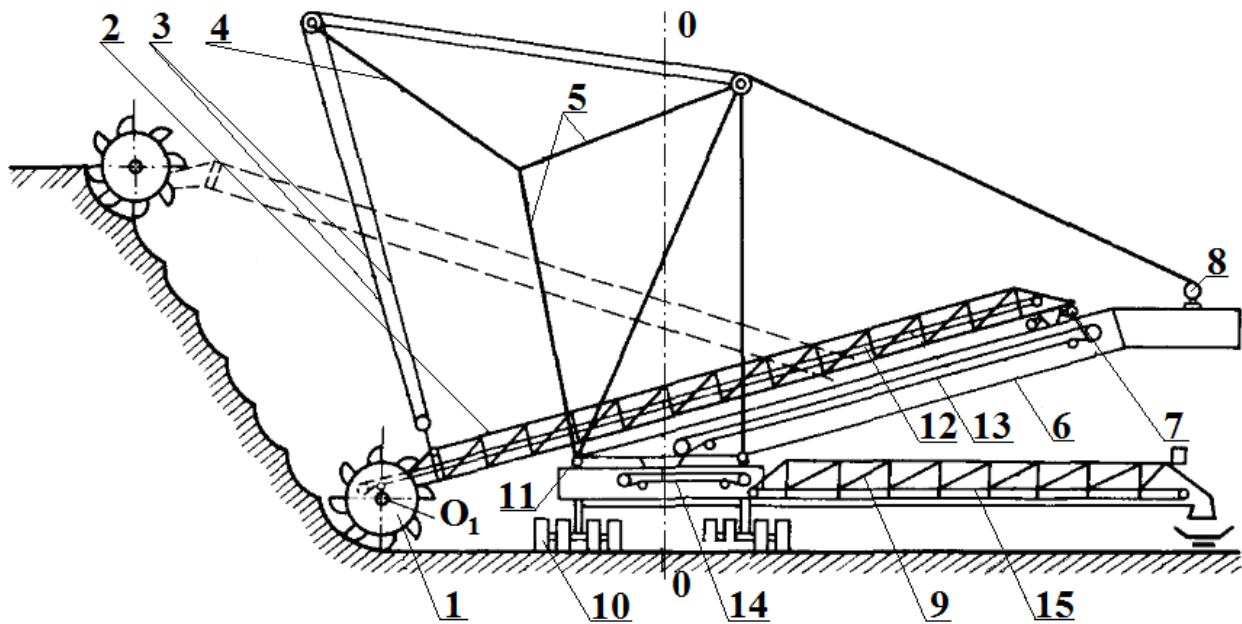


Рис. 3.26. Конструктивна схема роторного екскаватора з висувним візком

Ковші також виготовляються з марганцевистої сталі зварними або клепанними об'ємом від 30 до 4500 л та з товщиною стінки від 6 до 30 мм залежно від об'єму. Передня частина ковша завжди ширше для усунення тертя бокових стінок об породу.

Ківшеві рами ланцюгових екскаваторів бувають жорсткими (рис. 3.27, *a* і *б*) або шарнірними (рис. 3.27, *в*), які перегинаються в декількох місцях. Екскаватори із жорстко скерованим ланцюгом застосовуються при плануванні відкосів та для роботи в однорідних ґрунтах, при цьому забезпечується хороше наповнення ковшів і велика глибина копання. Рами з вільно провісною нижньою гілкою ланцюга використовуються мало (в основному на драгах), оскільки вони обмежують висоту уступу й знижують продуктивність екскаватора. В комбінованих ківшевих рамах ланцюг у нижній частині рами провисає вільно, а у верхній частині рухається в напрямних. Така конструкція ківшевої рами дозволяє відпрацьовувати уступи з твердими включеннями. Холоста гілка ківшевого ланцюга у всіх видів рам рухається по роликах. На ківшевій рамі встановлюються відхильні й обертові барабани, які одночасно служать і для натягування ланцюга.

Для підняття й опускання ківшевої рами служить система підвіски, що складається з канатних поліспастів. Кожна система канатів має свою незалежну лебідку, що дає можливість змінювати відносно положення ланок рами, висоту черпання, кут відкосу й виконувати планування площадки.

Для підтримання ківшевого ланцюга, переміщення матеріалу від виходу навантажених ковшів з вибою до місця розвантаження й захисту екскаваторних ланцюгів від заштибовки застосовується породний жолоб. Породу, що висипалася з ковшів, підбирають або спеціальними невеликими роторами, або рухомими лижними опорами, які спираються на відвали.

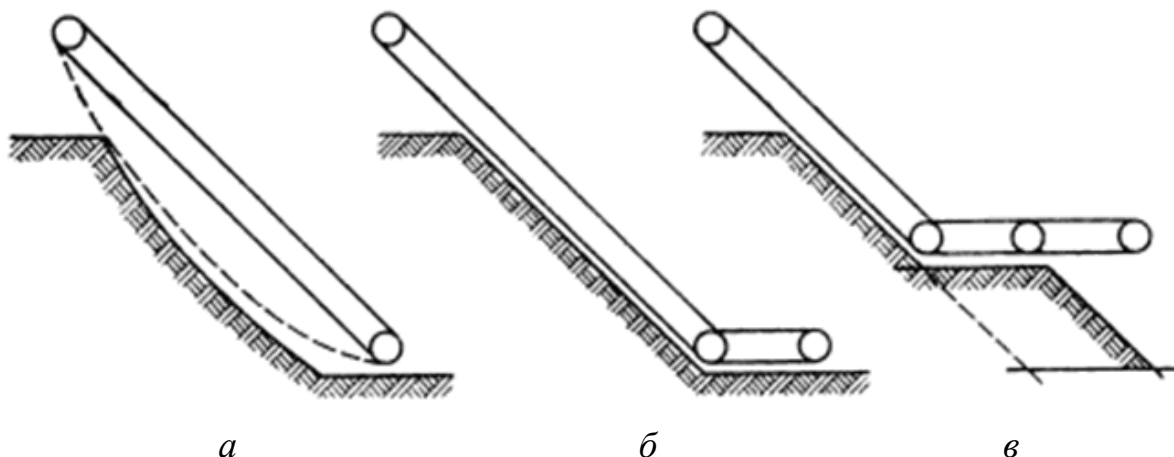


Рис. 3.27. Схеми ківшевих рам ланцюгових екскаваторів:

a – жорстка з вільно провісним ланцюгом; *б* – жорстка з напрямними для ланцюга й планувальною ланкою; *в* – шарнірна

Розвантажувальний пристрій являє собою бункер із встановленими під кутом до 60° стінками і служить для приймання гірської маси з ковшів. Встановлюється він під приводним барабаном.

Натягування ківшевого ланцюга в рамі виконується за допомогою натяжного пристрою. У разі тривалих простоїв екскаватора застосовуються спеціальні уловлювачі ківшевого ланцюга, які спрацьовують при обриві однієї із гілок ланцюга.

3.3.6. Робоче обладнання роторних екскаваторів. Робоче обладнання роторного екскаватора включає в себе робочий орган – ротор з ковшами, приймально-живильний пристрій, стрілу й систему підвішування стріли [1 – 4].

Велике різноманіття роторів дозволяє їх класифікувати за такими основними ознаками [1 – 4]:

- способом розвантаження ковшів (рис. 3.28) – гравітаційні й інерційні. В свою чергу, гравітаційні ротори бувають камерні, безкамерні й напівкамерні;
- способом подачі гірської маси на конвеєр – гравітаційні з боковою (одно- або двобічною) і з прямим розвантаженням;
- інерційністю – з підняттям породи або без підняття породи;
- конструкцією різальної частини – ківшеві, безківшеві, ківшеві з додатковими різальними поясами або окремими елементами, встановленими між ковшами.

Ковші за конструкцією днища бувають із жорстким днищем, з гнучким днищем, без днища (при інерційному способі розвантаження). Жорстке днище може бути суцільним прутковим, а гнучке – ланцюговим або кольчужним. За формою різального пояса в поперечній площині ковші бувають арочними, прямокутними, трапецевидними, ступінчастими відповідно з радіальними, відстаючим або випереджаючим розташуванням бокової рамки в площині ротора; за типом приводу – з регульовальним і нерегульовальним приводом. Кріплення приводу до стріли може бути жорстким або з підвіскою на упругодемпфувальному пристрої. За кількістю двигунів привод ротора буває

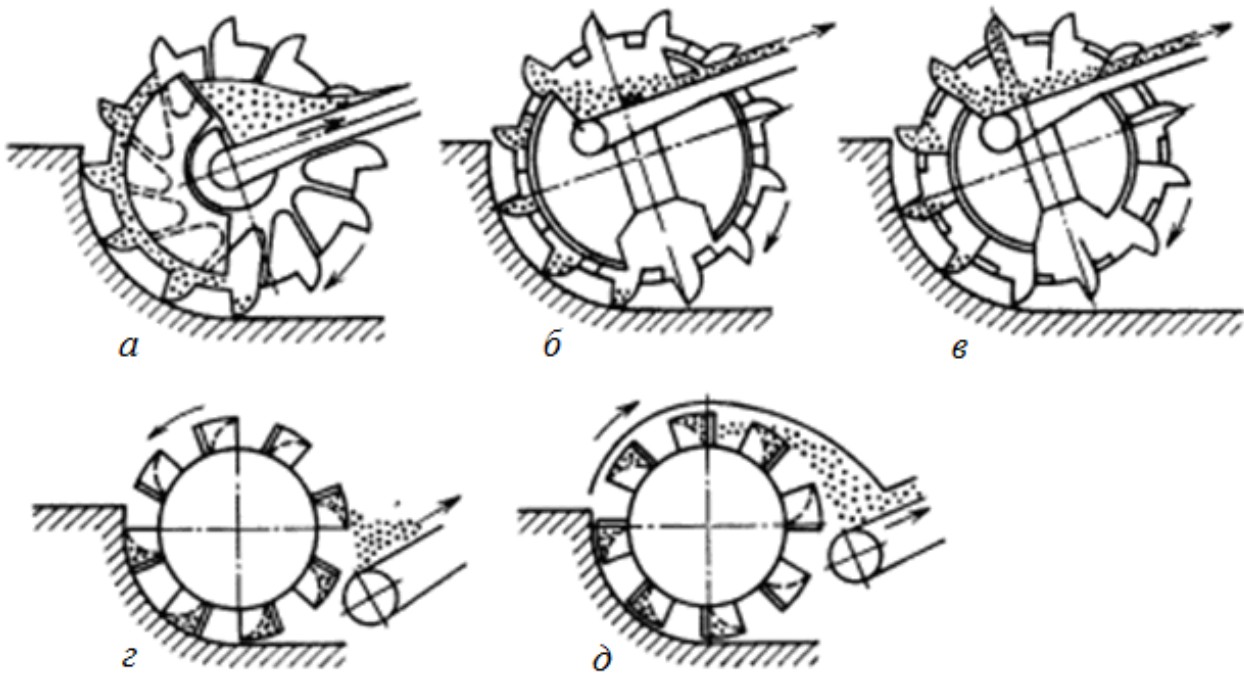


Рис. 3.28. Схеми основних типів роторів з гравітаційним розвантаженням: *а* – камерний; *б* – безкамерний; *в* – напівкамерний та з інерційним розвантаженням; *г* – без підняття матеріалу; *д* – з підняттям матеріалу через центр ротора

одно- або багатодвигунним, а за кількістю швидкостей – одно- або багатшвидкісним.

Важливим вузлом є приймально-живильний пристрій, який забезпечує якісне розвантаження гірської маси з ковшів і подачу її на стріловий конвеєр. Зараз використовують приймально-живильні пристрої більше десяти типів. Вони можуть бути з нерухомим жолобом, із жолобом, який забезпечений лопатевими очищувачами, з конусом, що обертається, з роликовим столом, з поперечним стрічковим живильником, з одно- або двобарабанным живильником, з дисковим живильником, з косим виносним стрічковим живильником, комбінованим.

Роторна стріла являє собою металоконструкцію, виконану у вигляді просторової ферми, труби або балки. В свою чергу ферми можуть мати прямокутну, тригранну або ромбічну форму.

За конструктивним виконанням стріли роторів бувають постійної довжини з фіксованою або висувною точкою спирання, змінної довжини з фіксованою точкою спирання.

Підняття й опускання стріли здійснюється за допомогою підвіски, яка може виконуватися у вигляді канатної, стрижневої або гідравлічної системи. Канатні підвіски за кількістю канатів і барабанів лебідки поділяються на одноканатні системи з одно- або двобарабанным приводом і двоканатні системи з двобарабанным приводом. Підвіски виконуються таким чином, щоб вони мали можливість утримати стрілу від розкручування в горизонтальній площині під час роботи. З цією метою канатні підвіски мають хрестоподібну або U-подібну форму.

Конвеєрні стріли також підтримуються за допомогою системи підвісу. Частіше за все це поліспасти, що мають хрестоподібну схему запасовки канатів. Для вирівнювання натягів поліспастів підвісок зазвичай використовуються гвинтові натяжні пристрої з приводом від електродвигунів і датчиками зусиль.

3.4. Фрезерні екскаватори

З другої половини ХХ століття на відкритих гірничих роботах з освоєння родовищ осадових гірських порід середньої міцності знайшли впровадження фрезерні екскаватори. Технологія видобувних робіт на базі фрезерних екскаваторів відзначається цілим рядом їх технологічних переваг (рис. 3.29).

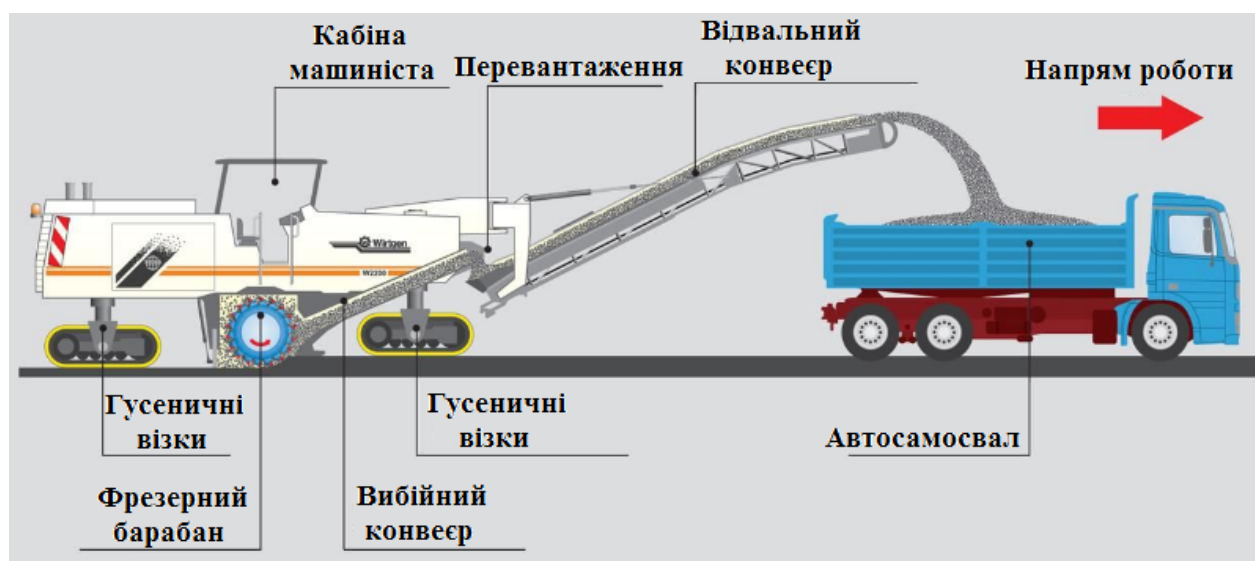


Рис. 3.29. Схема видобутку корисної копалини фрезерним екскаватором

Видобувні роботи полягають у розробці корисної копалини з використанням фрезерного виконавчого органа, за допомогою якого гірська маса відділяється від масиву й транспортується на вибійний конвеєр, а потім відвальним стрічковим конвеєром до автосамоскида. Видобувні роботи виконуються при одночасному пересуванні вибоєм фрезерного екскаватора з автосамоскидом.

Фрезерний екскаватор складається з механізму пересування, який виконаний у вигляді чотирьох незалежних візків гусеничного ходу, що регулюються по висоті за допомогою гідродомкратів, платформи, на якій змонтовані машинне відділення, зазвичай обладнане дизельним двигуном, кабіна машиніста, робоче обладнання, вибійний та відвальний конвеєри (рис. 3.29, 3.30). Робочим органом фрезерного екскаватора є циліндрична фреза з розташованими на її поверхні різцями.

3.5. Продуктивність екскаваторів

Під продуктивністю екскаватора розуміють об'єм гірської породи, яка відділяється від масиву й переміщується екскаватором на задану відстань, за одиницю часу – годину, зміну, сутки, місяць або рік. На продуктивність



Рис. 3.30. Загальний вигляд фрезерного екскаватора

екскаватора впливають різні фактори, які можна поділити на такі: гірничо-геологічні, конструктивно-кінематичні, технологічні, кліматичні, організаційні. Кожен з цих факторів по-своєму впливає на продуктивність.

Розрізняють теоретичну (паспортну), технічну й експлуатаційну продуктивність екскаватора. Стосовно багатоківшевих екскаваторів розглядають ще й вибієну продуктивність.

Теоретична продуктивність екскаватора – кількість гірської породи (в тонах або кубометрах), яка може бути добута за одиницю часу (частіше за годину) при безперервній роботі [1 – 4]. При цьому передбачаються однакові умови роботи для всіх машин. Коефіцієнти наповнення ковша й розрихлення породи приймаються такими, що дорівнюють одиниці. При розрахунку теоретичної продуктивності для одноківшевих екскаваторів приймаються однаковими і кут повороту на вивантаження (90° у механічної лопати та 135° у драглайна), і висота черпання (до рівня напірного вала – у мехлопат), номінальні швидкості робочих рухів, і рівні опору породи копанню. У багаточерпакових екскаваторів розрахунок виконується за кількістю ковшів, що розвантажуються за хвилину при номінальному режимі. Для даної машини ця продуктивність завжди однакова, і підвищити її можливо тільки шляхом внесення конструктивних змін. Теоретична продуктивність завжди вказується в паспорті машини, і за її величиною можна порівнювати й оцінювати роботу екскаваторів.

Технічна продуктивність екскаватора – максимальний об'єм гірської породи, яка черпається даним екскаватором з урахуванням конкретних умов при його безперервній роботі [1 – 4]. При розрахунку технічної продуктивності приймаються конкретні умови роботи: міцність породи, коефіцієнти наповнення ковша і розрихлення породи, враховуються перерви в роботі, неминучі для даного виду машини (у одноківшевого екскаватора при його

пересуванні, у роторного – при зміні напрямку повороту стріли, пересуванні при підході до вибою). За технічною продуктивністю можна вибрати для конкретних умов ту чи іншу машину.

Експлуатаційна продуктивність екскаватора – це дійсний об'єм гірської породи, вичерпаної екскаватором за визначений період експлуатації [1 – 4]. Експлуатаційна продуктивність розраховується з урахуванням конкретних умов даного кар'єру, неминучих організаційних і технологічних простоїв, зв'язаних з перервами на передачу зміни та огляд машини, змащення, подачу транспорту та ін. Ця продуктивність може бути змінною, добовою, місячною й річною. Місячна і річна продуктивність визначається з урахуванням втрат часу на поточні, середні й капітальні ремонти.

Вибійна продуктивність – це об'єм гірської породи, яка черпається екскаватором у вибої з урахуванням конкретних її властивостей, параметрів і схем відпрацювання блока, незалежно від типу й характеру роботи інших машин, що входять до одного комплексу з даним екскаватором, а також від організації робіт у цілому на кар'єрі.

Теоретична продуктивність екскаватора Q_T (м³/год) за пухкою масою розраховується за формулою

$$Q_T = 60En_z,$$

де E – об'єм ковша, м³; n_z – частота розвантажень ковшів, хв.⁻¹.

Величина n_z для багатоківшевих екскаваторів визначається так:

$$n_z = v_{\text{ц}} t_K^{-1},$$

де $v_{\text{ц}}$ – швидкість руху ківшевого ланцюга, м/с; t_K – шаг установки ковшів, м.

Величина n_z для багатоківшевих екскаваторів наводиться в технічній характеристиці: $n_z = \frac{60}{t_{\text{ц}}}$. Тривалість циклу зазвичай указується для кутів повороту 90° для мехлопат і 135° – для драглайнів.

Технічна продуктивність $Q_{\text{тех}}$ (м³/год)

$$Q_{\text{тех}} = Q_T \frac{k_H}{k_P} \frac{t_P}{t_P + t_{\text{п}}},$$

де k_H і k_P – коефіцієнти наповнення й розпушення породи відповідно (беруться з довідника); t_P – тривалість безперервної роботи екскаватора на одному місці стояння або при одному напрямку руху робочого органа (для багатоківшевих екскаваторів); $t_{\text{п}}$ – тривалість одного пересування (для одноківшевих екскаваторів) або зміни напрямку руху робочого органа (для багатоківшевих екскаваторів).

Експлуатаційна продуктивність Q_e (м³/зміну)

$$Q_e = Q_{\text{тех}} T_3 k_B,$$

де T_3 – тривалість зміни, г; k_B – коефіцієнт використання екскаватора у часі.

Для екскаваторів, що працюють з навантаженням у автосамоскиди, на конвеєр і відвали, величина k_B приймається 0,8 – 0,9, а при навантаженні у залізничні вагони – 0,55 – 0,8.

Досвід роботи передових екскаваторних бригад на різних кар'єрах засвідчив, що існує ряд заходів, які дозволяють досягати кращих показників експлуатації екскаватора. Це:

- підвищення продуктивності екскаватора за рахунок засвоєння нових навичок роботи на ньому, суміщення операцій циклу, скорочення тривалості процесу набирання ґрунту, збільшення наповнення ковша та ін.;
- покращення організації роботи всього комплексу машин, задіяних у технологічному процесі розробки і переміщення гірської породи;
- зменшення часу на ремонт і технічне обслуговування екскаваторів з метою зниження тривалості їх простоїв.

Висновки

Екскаватори – це великий клас гірничих машин, які є основою механізації відкритих гірничих робіт. Всі екскаватори поділяються на дві великі групи: одноківшеві періодичної (циклічної) дії та багатоківшеві безперервної дії.

Кожен екскаватор, одноківшевий або багатоківшевий, складається з таких основних вузлів: робочого, механічного, ходового й силового, механізмів керування, платформи з рамою, надбудови та кузова.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну класифікацію екскаваторів.
2. Назвіть основні складові елементи канатних екскаваторів пряма лопата з висувною рукояттю.
3. Назвіть основні складові елементи канатних екскаваторів пряма колінно-важільна лопата.
4. Наведіть призначення екскаваторів драглайнів.
5. Назвіть основні складові елементи роторних екскаваторів.
6. Наведіть принцип дії та призначення фрезерних екскаваторів.

4. ВИМАЛЬНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНІ МАШИНИ

Метою розділу є вивчення конструкцій сучасних виймально-транспортувальних машин (ВТМ), що застосовуються для виробництва відкритих гірничих робіт.

З розділу студент повинний знати конструкції виймально-транспортувальних машин та їх механічного обладнання, область їхнього застосування, властиві їм переваги і недоліки.

На підставі отриманих знань студент повинний уміти вибирати виймально-транспортувальні машини та їх механічне обладнання для ведення відкритих гірничих робіт виходячи з гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов залягання корисної копалини.

4.1. Загальні положення

ВТМ призначені для розробки й переміщення слабков'язких або добре розпушених скельних порід.

ВТМ складаються з базових тракторів, тягачів або спеціальних шасі та навісного, причіпного, напівпричіпного робочого обладнання.

До робочого обладнання ВТМ належать [1 – 4]:

- бульдозери, скрепери, грейдер-елеватори, струги (група робочого обладнання з індексом ДЗ – дорожньо-землерийне обладнання);
- одноківшеві навантажувальники (група робочого обладнання з індексом ТО – технологічне обладнання).

Робоче обладнання для машин з індексами ДЗ і ТО виконується: ножовим (більшість бульдозерів, грейдер-елеватори, струги) і ківшевим (скрепери, одноківшеві навантажувальники та спеціальні бульдозери) [1 – 4].

Для підготовчих робіт, розпушення міцних і мерзлих порід базові трактори (тягачі) оснащують розпушувальним обладнанням (група робочого обладнання з індексом ДП – дорожнє обладнання для підготовчих робіт).

У більшості випадків всі потужні трактори (вище 150 – 160 кВт), які оснащуються бульдозерним обладнанням, також мають розпушувачі.

До характерних особливостей ВТМ відносяться [1 – 4]:

- розробка й переміщення порід за рахунок тягових зусиль ходових механізмів базових тракторів (тягачів), які забезпечують також пересування самих базових машин разом з робочими органами;
- розробка порід тонкими горизонтальними або похилими шарами потужністю від декількох сантиметрів до 0,5 – 1 м;
- порівняно легка автоматизація машин, оскільки вони мають прості, послідовні операції;
- висока мобільність машин.

При однаковій продуктивності в порівнянні з екскаваторами ВТМ мають у 3 – 10 разів меншу металомісткість, у 3 – 5 та більше разів меншу вартість, а також забезпечують зниження витрат на виконання робіт у 3 – 4 рази.

При використанні декількох типів ВТМ може бути забезпечена комплексна механізація основних і допоміжних робіт на кар'єрах. ВТМ дозволяють успішно відпрацьовувати складноструктурні родовища корисних копалин, а також розробляти родовища зі складними гірничо-геологічними умовами, виконувати роботи в складних кліматичних умовах, інтенсифікувати гірничі роботи при будівництві й експлуатації кар'єрів.

4.2. Бульдозери

Бульдозер – самохідна землерийна машина, яка складається з навісного робочого обладнання у вигляді відвалу, який розташовують зовні бази ходової частини гусеничного чи пневмоколісного трактора або тягача (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Загальний вигляд гусеничного бульдозера

Бульдозери класифікують за такими ознаками [1 – 4]:

- номінальним тяговим зусиллям базової машини на надважкі (вище 300 кН), важкі (200 – 300 кН), середні (135 – 200 кН), легкі (25 – 135 кН), надлегкі або малогабаритні (до 25 кН);
- потужністю базової машини – надпотужні (вище 300 кВт), потужні (190 – 300 кВт), середньої потужності (120 – 190 кВт), малої потужності (45 – 120 кВт), легкої потужності (менше 45 кВт);
- способом підводу енергії – з автономним джерелом енергії та із зовнішнім підводом;

- типом ходового пристрою – гусеничні й пневмоколісні;
- способом керування – з канатним або гідравлічним;
- способом переміщення призи волочіння – штовхального й тягального типів;
- способом установки робочого обладнання – робочою поверхнею відвалу від машини й до машини;
- кількості встановленого робочого обладнання – одно- й двобічні;
- типом робочого обладнання – неповоротні, поворотні, універсальні й спеціальні;
- характером переміщення при виконанні робочих операцій – одностороннього переміщення з холостими проходами, двостороннього з розворотами в кінці робочих проходів, двостороннього човникового, одно- або двостороннього з одночасним переміщенням породи вбік;
- призначенням – загального й спеціального.

Під номінальним тяговим зусиллям бульдозера розуміють найбільше зусилля, яке може реалізувати базова машина з навісним обладнанням на щільній породі при буксуванні не більше 7 % для гусеничних і 20 % для пневмоколісних машин. Величину номінального тягового зусилля T_n визначають розрахунком.

Як зазначалося, за способом підводу енергії бульдозери поділяються на машини з автономним джерелом енергії (двигуни внутрішнього згорання та ін.) і з енергетичним живленням від зовнішнього джерела (електробульдозери та ін.). Значного поширення набули машини першого типу. В практиці гірничих робіт більш поширені гусеничні машини, однак при виконанні будівельних та допоміжних робіт переважно застосовуються пневмоколісні.

Канатний спосіб керування робочим обладнанням у порівнянні з гідравлічним зараз зустрічається дуже рідко, оскільки він не забезпечує примусового заглиблення відвалу. При гідравлічному способі керування робочий орган може більш інтенсивно заглиблюватися під дією ваги базової машини.

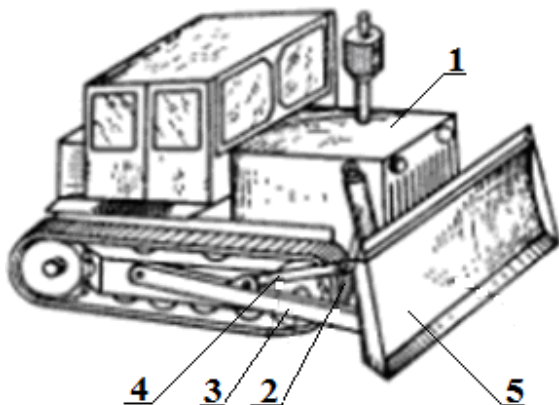


Рис. 4.2. Схема гусеничного бульдозера

Нині набули перевагу бульдозери штовхального типу (рис. 4.1, 4.2) [1 – 4]. Щодо бульдозерів тягального типу, то слід згадати спеціальні ножі, які забезпечують роботу бульдозерів «від стіни», «від відкосу» та ін. На їх базі у подальшому були розроблені скрепери. Робочим обладнанням бульдозерів є: базовий трактор 1; механізм приводу відвалу 2; рама (штовхальні бруси) 3; розкіс 4; відвал 5 (рис. 4.2).

Зазвичай бульдозерні відвали встановлюються робочою поверхнею від базової машини, однак тягальні бульдозери мають відвали, робочі поверхні яких повернуті вбік базової машини. Цей принцип лежить в основі розробки відвалів подвійного застосування, коли в результаті повороту відвала можливо використовувати робочу поверхню двічі або виготовляти відвали з двома робочими поверхнями.

За кількістю робочого обладнання бульдозери, як правило, мають одинарний відвал, встановлений з одного із боків базової машини але в ряді випадків на базову машину зручно встановлювати два відвали. Така машина може виконувати робочі операції при русі в любий бік. За типом робочого обладнання їх слід поділяти на неповоротні прямі, напівсферичні й сферичні відвали, які мають переважне застосування. Бульдозери з поворотними відвалами, які мають пряму форму лобового листа та можуть повертатися на кут до $54 - 60^\circ$ відносно поздовжньої осі базової машини використовуються дуже рідко. Вони є машинами безперервної дії, однак через конструктивні недоліки не набули широкого розповсюдження на гірничих роботах.

Відвали бульдозерів усіх типів можуть мати механізми перекошу в поперечній площині для полегшення розробки міцних порід і робіт на косогорах, а також регулювання кута різання за рахунок нахилу (повороту) відвала вперед або назад. У разі переміщення порід на значні відстані можуть бути використані совкові, грейферні або двощелепні відвали – ковші.

Більшість бульдозерів мають зворотно-поступальний принцип рухів, коли чергуються робочі й холості переміщення. Для бульдозерів з поворотним відвалом використовується односторонній рух, тобто тільки поступальний. При цьому порода, накопичуючись на відвалі, утворює невелику призму волочіння, яка, ковзаючи, нахиленим ножем пересувається вбік. У результаті цього бульдозер, рухаючись в одному напрямку, утворює бокові відвали породи і при наступних проходах пересуває їх знову вбік відносно поздовжньої осі руху машини. При установці з обох боків базової машини робочих органів вона отримує рух човникового характеру. При установці на машину двох неповоротних відвалів вона має можливість здійснювати човникові короткоходові рухи, а при установці двох поворотних відвалів – човникові довгоходові рухи.

Бульдозери загального призначення виконують пошарове різання, збирання і переміщення порід або інших матеріалів в умовах роботи, які найчастіше зустрічаються. Економічно доцільну відстань транспортування порід бульдозером визначають проектом, зазвичай вона не перевищує 150 м.

За середні умови приймається робота в: супіщаних, суглинистих й глинистих породах, легких скельних породах типу тріщинуватих сланців, вапняків, мергелів в умовах помірного клімату з температурою від -40 до 40°C .

Спеціальні бульдозери призначені для виконання специфічних технологічних операцій або роботи в особливих умовах. До переліку спеціальних бульдозерів можуть бути віднесені: бульдозери-штовхачі (штовхання скреперів, розпушувачів), бульдозери для відкритих і підземних

робіт, бульдозери для роботи під водою, для роботи в особливих кліматичних умовах при температурі до -60°C або при тропічній вологості й температурі до $+60^{\circ}\text{C}$.

Залежно від призначення бульдозери можуть оснащуватися різними типами робочого й змінного обладнання, а також допоміжними пристроями, які суттєво розширюють можливості машин та роблять їх універсальними при виконанні як основних, так і допоміжних робіт, що особливо важливо враховувати для механізації допоміжних робіт.

В практиці гірничих робіт все частіше починають використовувати неповоротні відвали напівсферичного й сферичного типів, які забезпечують кращі умови різання породи й формування призми волочіння, менші опори й втрати при її переміщенні. Напірне зусилля на різальній кромці для сучасних бульдозерів складає 40 – 60 кН/м.

4.3. Розпушувачі

Розпушувач – землерийна машина, яка призначена для пошарового розпушення порід середньої міцності, штучних покриттів та ін. з використанням тягового зусилля базового трактора.

Розпушувачі як робоче обладнання можуть бути спеціалізованими навісними або причіпними, а також додатковими знімними пристроями до основного навісного обладнання (бульдозерні відвали, ковші навантажувачів та ін.).

Значного поширення набули навісні розпушувачі (рис. 4.3), котрі є більш мобільними, мають високу керованість, витримують більші статичні та динамічні навантаження, забезпечують краще використання тягового зусилля й ваги базової машини.

Розпушувачі можуть бути самостійним навісним обладнанням, призначеним тільки для розпушення порід, але можуть бути й другим видом



Рис. 4.3. Загальний вигляд бульдозера, обладнаного тристояковим розпушувачем

навісного обладнання, яке встановлюється на бульдозери й навантажувачі для виконання допоміжних робіт.

Навісні розпушувачі класифікують за такими основними ознаками [1 – 4]:

- номінальним тяговим зусиллям базової машини;
- потужністю базової машини;
- ходовим пристроєм;
- способом установки навісного обладнання – на рамі трактора або на рамах ходових пристроїв;
- кількістю робочого обладнання – одно- й багатоякові;
- призначенням – загального й спеціального.

Перші три класифікаційні ознаки визначені раніше (п. 4.2).

За способом установки перевага віддається розпушувачам, які закріплюються на рамі трактора й задньому мосту ходового пристрою, оскільки цей спосіб забезпечує більшу жорсткість та надійність кріплення, меншу металомісткість і кращі характеристики агрегатів за вильотом робочого обладнання за межі ходової частини й кутах в'їзду і з'їзду, які мають бути максимально можливими для нормального руху машини на нерівних ділянках місцевості. За кількістю встановленого розпушувального обладнання для гірничих робіт перевага надається одностояковим, хоча в окремих випадках багатостоякові розпушувачі можуть успішно використовуватися для розпушення маломіцних порід і тонких мерзлих корок, а також для попереднього розпушення.

Розпушувачі загального призначення розраховані для розпушення мало- й середньоміцних порід на глибину до 1 м, спеціальні – мають більшу глибину розпушування (до 2,5 м) і призначені для більш міцних порід, які залягають у специфічних природних або технологічних умовах. Їх конструкція передбачає спільну роботу базової машини і штовхача того ж тягового класу, що й базовий трактор.

Розпушувачі загального призначення можуть працювати як з прямими, так і з вигнутими зубцями, а розпушувачі спеціального призначення – тільки з прямими зубцями.

Навісний тристояковий розпушувач (рис. 4.3) встановлюється на паралелограмну підвіску з гідродомкратом.

Опорна рама розпушувача являє собою зварну, ковану або литу металоконструкцію, яка встановлюється на задню частину рами трактора, а іноді й на задній ведучий міст. При установці опорної рами досягається збільшення механічної міцності й жорсткості рами трактора. Лицьова сторона рами має отвори для кріплення рам верхнього й нижнього поясів та гідроциліндрів керування. Важкі промислові трактори можуть виготовлятися і без спеціальної опорної рами, оскільки її основні вузли входять до конструкції задньої опорної плити, яка є складовою частиною рами трактора.

Рами верхнього й нижнього поясів служать як тяги багатозвінника й виконуються зварними з поковок стандартного прокату або спеціальних штампованих об'ємних елементів. Поперечна балка призначена для зв'язку

верхнього й нижнього тягового поясів, кріплення гідроциліндрів керування, установки стояків розпушувача. Для кріплення верхнього й нижнього поясів та гідроциліндрів на поперечній балці передбачені кронштейни. Кріплення стояка розпушувача на поперечній балці виконується за допомогою обойми, в якій вона фіксується стопорним пальцем.

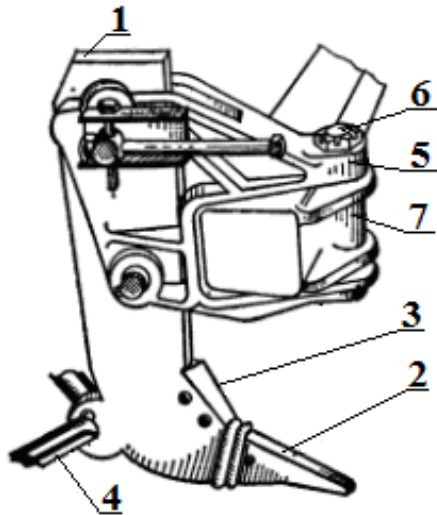


Рис. 4.4. Конструктивна схема розпушувача

Для різної глибини розпушення й транспортного положення стояк або обойма має декілька (від двох до п'яти) сталих отворів.

Обойма встановлюється на поперечній балці жорстко або на шарнірі, який дозволяє стояку і обоймі повертатися відносно його вертикальної осі (рис. 4.4). Інший спосіб кріплення отримав назву флюгерного. Флюгер застерігає від надмірних навантажень на різальному інструменті при роботі на тріщинуватих і мерзлих породах. Розпушувач складається із стояка 1, зубця 2 з наконечником, захисної накладки 3, розширювача 4, флюгера 5, пальця для кріплення флюгера 6, балки рами 7.

Враховуючи, що в процесі експлуатації на стояк і наконечник зубця діє навантаження до 10^4 кН/м, то до них ставляться більш жорсткі

вимоги як з боку конструкції, так і з боку матеріалів.

Стояки виконуються прямими (а), напіввигнутими (б) і вигнутими (в) (рис. 4.5). Прямі стояки використовуються для розпушування міцних скельних порід, напіввигнуті – для розпушування середньоміцних порід, вигнуті – для розпушування на глибину до 0,8 м на розкривних скельних, а також на шарових чи плитчастих породах, які не дають при розпушенні великих шматків. Останній тип стояка успішно використовується для руйнування штучних покриттів. Стояки виготовляються з легованих конструкційних сталей, з листового прокату або методом кування.

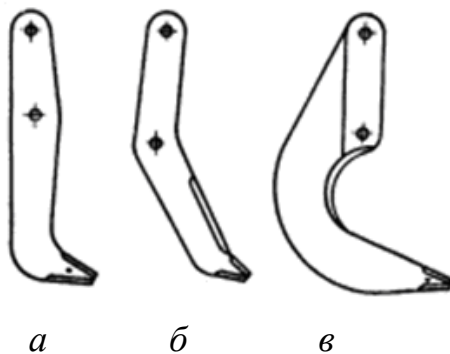


Рис. 4.5. Конструктивна схема стояків розпушувача

Для зменшення абразивного зносу на передній частині стояка встановлюються зносостійкі накладки. Нижня частина стояка – зубець, який є найбільш навантаженим елементом. На зубець встановлюються змінні наконечники з марганцехромомолібденових чи нікелевих сталей з термообробленими поверхнями. Наконечники повинні забезпечувати хорошу занурюваність розпушувача в породу за рахунок постійного самогострювання й збереження гострої різальної кромки. Самогострюваність наконечника у процесі експлуатації досягається за рахунок форми, геометрії й

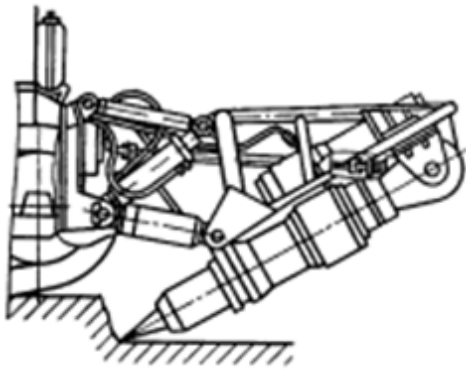


Рис. 4.6. Конструктивна схема розпушувача гідропневматичної дії

технології виготовлення передньої і задньої граней наконечника; при цьому затуплення в процесі роботи практично не настає тривалий час, а площадка зносу й опору породи заглибленню зубця зростає незначно. Стояк зі змінними наконечниками на зубці й зносостійкими накладками зображений на рис. 4.4. Зносостійкі накладки забезпечують захист перехідної частини стояка.

З метою підвищення інтенсивності процесів розпушування середньоміцних і мерзлих порід на боковій або задній частині стояка встановлюються розширювачі.

Для пухких і маломіцних скельних порід успішно застосовуються горизонтальні ножі великої довжини. Цими ножами виконуються підготовчі роботи для бульдозерів, навантажувачів, скреперів та інших машин.

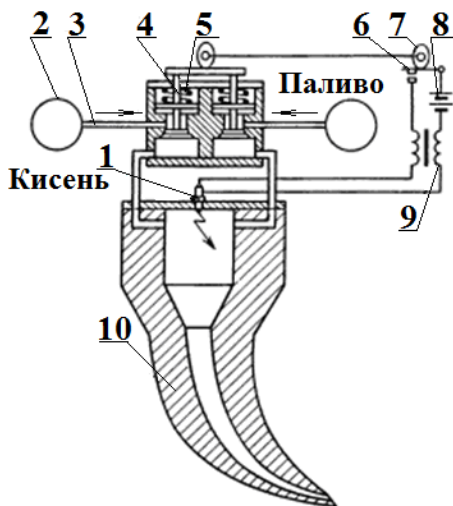


Рис. 4.7. Конструктивна схема розпушувача підривної дії

Як перспективні напрямки розвитку розпушувачів слід виділити роботи з розроблення імпульсних пристроїв. Для цього можуть використовуватися розпушувачі гідропневматичні (рис. 4.6) або підривної дії з відводом робочих газів у зону руйнування (рис. 4.7). Паливом для підривних пристроїв служать тверді, газоподібні й зріджені ВР (порох, водень, ацетилен та ін.). Розпушувачі активної дії складаються із запальної свічки 1, бака для палива й окислювача 2, трубопроводів 3, клапанного механізму 4, піджимної пружини 5, реле 6, кулачкового механізму 7, джерела живлення 8, індукційної котушки 9, корпусу зубця розпушувача 10.

4.4. Одноківшеві навантажувачі

Одноківшевий навантажувач – самохідна машина, яка призначена для зачерпування, переміщення й навантаження в транспортні сосуди або у відвали розпушених гірських порід. Основне робоче обладнання – ківш, закріплений шарнірно на кінці піднімальної стріли. Наповнення ковша відбувається під дією напірного зусилля ходової частини або при загальмованій ходовій частині за рахунок сумісної дії стріли, важільного механізму керування ковшем і силових гідроциліндрів.

Одноківшеві навантажувачі (рис. 4.8) в основному призначені для навантаження сипких і грудкових матеріалів. При установці спеціальних ковшів, обладнаних змінними зубцями, а також іншого спеціалізованого обладнання, вони можуть використовуватись для екскавації розпушених скельних порід у вибої (рис. 4.9).



Рис. 4.8. Загальний вигляд одноківшевого фронтального пневмоколісного навантажувача для екскавації дрібно- та середньозернистих матеріалів

Одноківшеві навантажувачі класифікують за такими основними ознаками [1 – 4]:

- вантажопідймальності – на легкі (6 – 20 кН), середні (21 – 40 кН), важкі (41 – 100 кН), надважкі (більше 100 кН);
- потужності базової машини – мала (до 75 кВт), середня (76 – 150 кВт), потужна (151 – 500 кВт), надпотужна (більше 501 кВт);
- типу базової машини – на спеціальному шасі, на модифікаціях промислових тракторів, на тягачах;
- ходовому обладнанню – на пневмоколісному й гусеничному ході;
- способу розвантаження ковша – з переднім (фронтальним), заднім (перекидним), боковим;
- виду обладнання, яке використовується, – універсальні й спеціалізовані;
- призначенню – загального й спеціалізованого.

Як базові машини для навантажувачів використовують спеціальні шасі або тягачі. Встановлення обладнання навантажувачів на промислові трактори може розглядатися як один із видів додаткового обладнання (рис. 4.10). При цьому конструкцію базового трактора не переробляють. Склад робочого



Рис. 4.9. Загальний вигляд одноківшевого фронтального пневмоколісного навантажувача для екскавації розпушених скельних порід у вибої

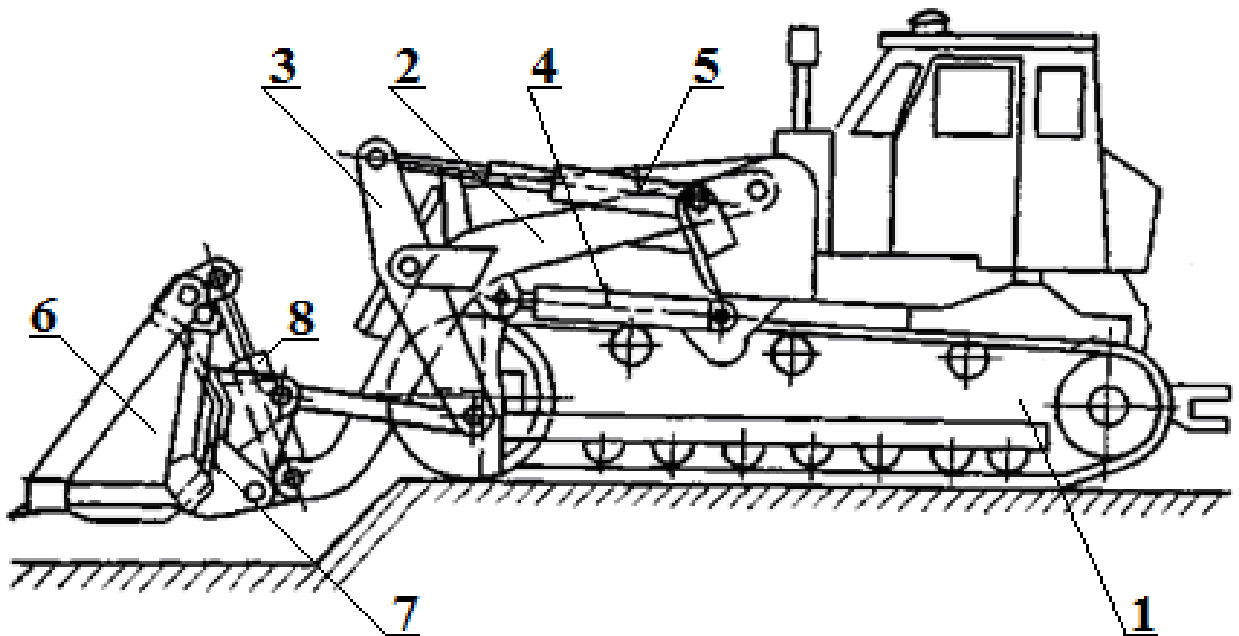


Рис. 4.10. Конструктивна схема ківшевого навантажувача із щелепним ковшем

обладнання такий: гусеничний трактор 1; стріла 2; шарнірно-важільна система 3; гідроциліндри підняття стріли 4 й повороту ковша 5; щелепний ківш 6; бульдозерний відвал 7; гідроциліндр керування щелепою ковша 8 [1 – 4].

Режим роботи навантажувачів аналогічний режиму тягачів, у зв'язку з чим двигуни тракторів мають бути дворежимними. Тому робочі режими для тракторів з навантажувальним обладнанням слід розглядати як особливі випадки їх експлуатації.

Враховуючи, що в більшості випадків у навантажувачів процес черпання порід відбувається внаслідок напірного руху, який утворюється механізмом ходу, то особливі умови висуваються до довговічності й надійності останнього. Для кар'єрних умов найкращим чином підходять пневмомашини зі знімними металічними башмаками.

Навантажувачі з фронтальним розвантаженням ковша найбільше поширені на відкритих гірничих роботах. Економічно доцільна відстань транспортування порід фронтальним пневмоколісним навантажувачем визначається проектом, зазвичай вона не перевищує 450 м.

Універсальні одноківшеві навантажувачі (рис. 4.8) окрім основного ковша можуть комплектуватися різним змінним і додатковим обладнанням. Загальна кількість змінного обладнання до 40 найменувань. Спеціалізовані машини виготовляються з обмеженою кількістю змінного обладнання, зазвичай три – п'ять одиниць.

За призначенням навантажувачі так само, як і бульдозери та розпушувачі мають відповідати визначеним умовам експлуатації. Навантажувачі для відкритих гірничих робіт належать до машин спеціального призначення.

Одноківшевий фронтальний пневмоколісний навантажувач (рис. 4.11)

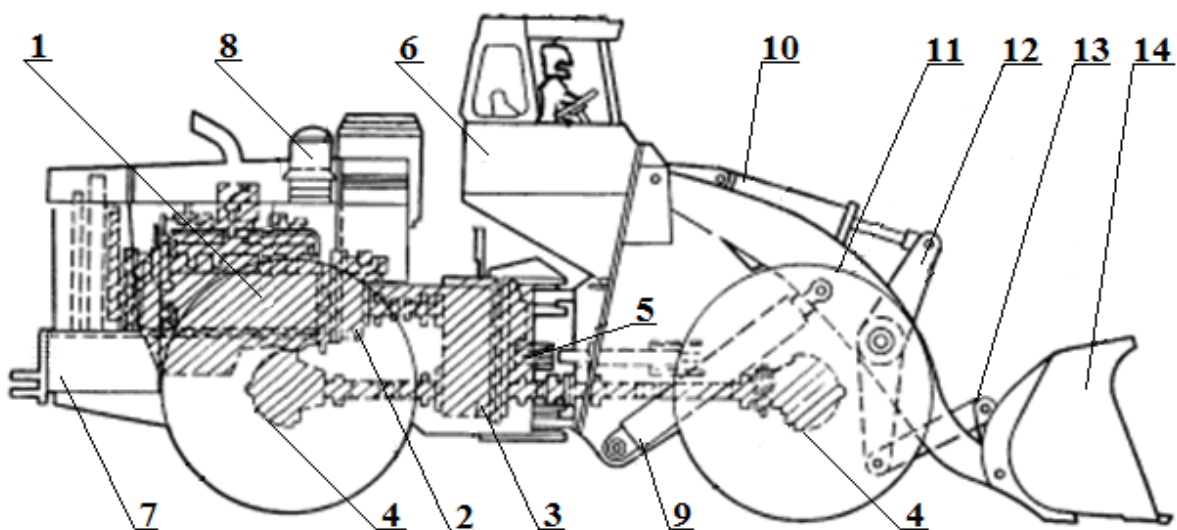


Рис. 4.11. Конструктивна схема одноківшевого фронтального пневмоколісного навантажувача: 1 – двигун; 2 – гідротрансформатор; 3 – коробка зміни передач; 4 – ведучі мости; 5 – шарнір повороту; 6 – кабіна; 7 – паливний бак; 8 – фільтр повітрязабірника; 9 – гідроциліндр підняття стріли; 10 – гідроциліндр повороту ковша; 11 – стріла; 12 – важіль керування ківшем; 13 – тяга; 14 – ківш

складається з таких основних частин: базового шасі (1 – 8) й навісного обладнання (9 – 14) [1 – 4]. Найбільш навантаженим елементом робочого обладнання є стріла, яка сприймає навантаження і при черпанні матеріалу, і при піднятті ковша, і при русі машини з піднятим ковшем. Стріли виготовляються одно- або двобалочними.

4.5. Скрепери

Скрепер – виймально-транспортувальна машина, яка складається з різального ковша і механізму пересування та призначена для пошарового відділення породи з поверхні масиву, завантаження до ковша, транспортування й розвантаження породи (рис. 4.12, 4.13). Економічно доцільна відстань транспортування порід скрепером визначається проектом та зазвичай не перевищує 2000 м [1 – 4].

Скрепери класифікуються за такими конструктивними ознаками [1 – 4]:

- об'ємом ковшів Е – мала (до 4 м³), середня (12 м³) і велика (15 м³ та більше);
- способами завантаження й розвантаження ковшів – завантаження під дією сил тяги й опору копанню або механізованим способом; розвантаження – під дією сил гравітації при перекиданні ковша або механізованим способом;
- типу ходового механізму – гусеничні, пневмоколісні й комбіновані;
- способу керування ковшем – канатне, гідравлічне й комбіноване;
- способу агрегування – причіпні, напівпричіпні, самохідні;
- кількості ковшів – одно- й багатоківшеві;
- способу передачі тягового зусилля – ходовим механізмом базової



Рис. 4.12. Загальний вигляд самохідного скрепера

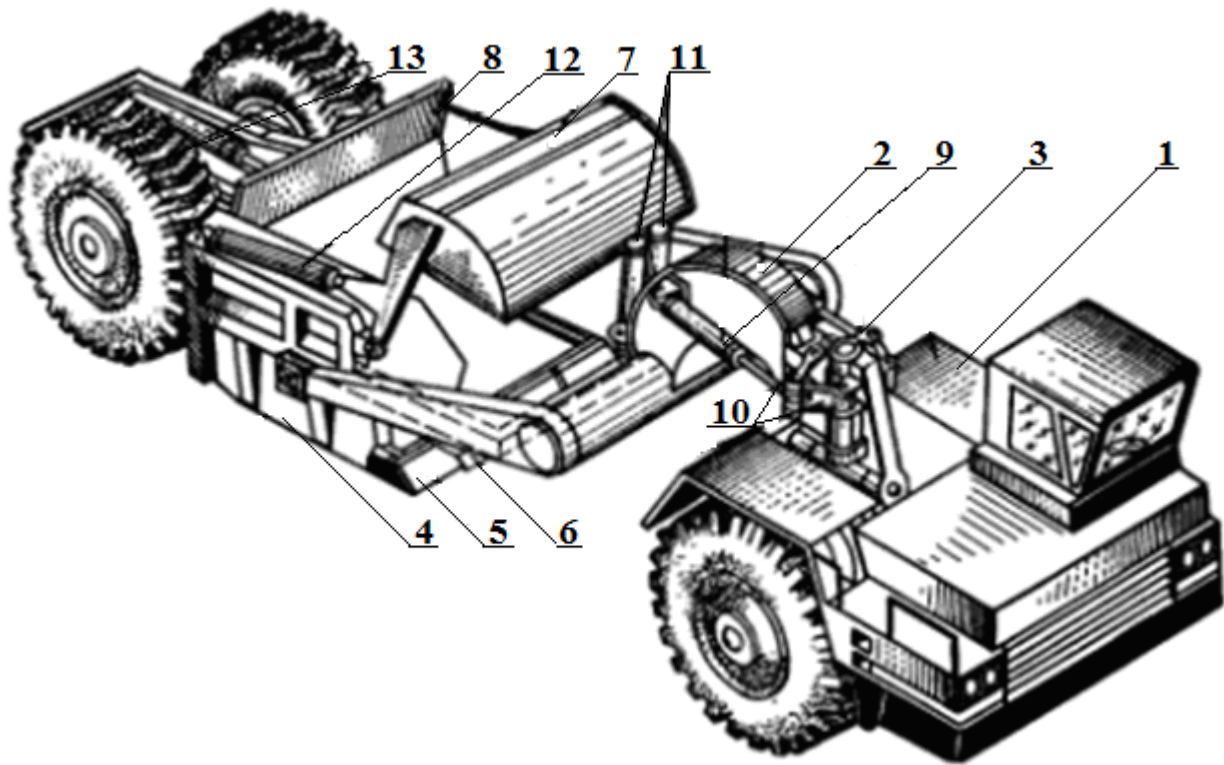
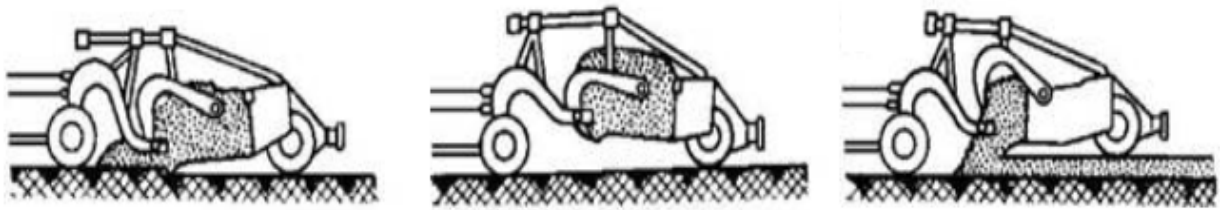


Рис. 4.13. Конструктивна схема самохідного скрепера: 1 – тягач; 2 – тягова рама; 3 – сидально-зчпний пристрій; 4 – ківш; 5 – боковий ніж; 6 – середній ніж; 7 – передня засувка; 8 – задня рухома стінка; 9 – гідроциліндри механізму повороту; 10 – важелі механізму повороту; 11 – гідроциліндри підняття й опускання ковша; 12 – гідроциліндри керування засувкою; 13 – гідроциліндри висування задньої стінки

машини (трактор або тягач), ходовими механізмами базової машини і скрепера;
 – кількості приводів – одно- й багатодвигунні;
 – типу трансмісії – механічна, гідромеханічна, електромеханічна.

Головним параметром скреперів є місткість ковшів. На відкритих гірничих роботах розповсюджені скрепери з ковшами 15 – 25 м³ і більше, а на допоміжних роботах – з ковшами 7 – 12 м³. Скрепери можуть розробляти породи 1 – 3 – ї категорій без розпушування і 4 – ї категорії з попереднім пошаровим розпушуванням [1 – 4].

Завантаження ковшів скреперів зазвичай відбувається під дією сил тяги й опору копанню (рис. 4.14). Передню засувку підіймають і ківш заглиблюється у ґрунт. При русі машини вперед ківш заповнюється зрізаним ґрунтом. Під дією стружки, яка потрапляє до ковша, одна частина породи просувається до ковша, а інша частина залишається перед різальною кромкою та утворює призму волочіння. Остання, діючи як додатковий опір, сприяє подальшому заповненню ковша. Ця частина процесу копання і заповнення ковша схожа з копанням ковшем драглайна. По мірі зростання сил опору заповненню ковша збільшується об'єм призми волочіння, а оскільки ківш має обмежену ширину й



a *б* *в*

Рис. 4.14. Схеми роботи самохідного скрепера під час завантаження (*a*), транспортування (*б*) та розвантаження (*в*)

висоту, то призма волочіння не може збільшуватися безмірно. За умови рівноваги сил опору в ковші і підпору, який утворюється призмою волочіння, подальше заповнення ковша зупиняється. Після заповнення передньою засувкою закривають ківш, підіймають у транспортне положення і транспортують гірську масу до відвалу або складу. Вивантаження здійснюється при русі машини вперед шляхом підняття передньої засувки і видавлювання гірської маси через щілину між засувкою і ножами ковша рухомою задньою стінкою (рис. 4.12 – 4.14).

З метою зменшення опору заповненню ковша застосовують механізований спосіб завантаження ковшів. Для цього можуть використовуватися різні механізми (роторні, лопатеві, стрічкові метателі, шнекові, скребково-ланцюгові та ін.), рис. 4.15.

Ковші скрепера розвантажуються, як правило, механічно, тобто вся порода виштовхується з ковша рухомою задньою стінкою. Ходові механізми скреперів вибираються залежно від умов експлуатації та можуть бути як пневмоколісними, так і гусеничними. Причому, пневмоколісний хід – найбільш поширений.

Зі згаданих способів керування ковшем на сучасних машинах використовується гідравлічне безпосереднє й гідравлічне з передавальними пристроями (важільними, канатними та ін.). Гідравлічне керування забезпечує

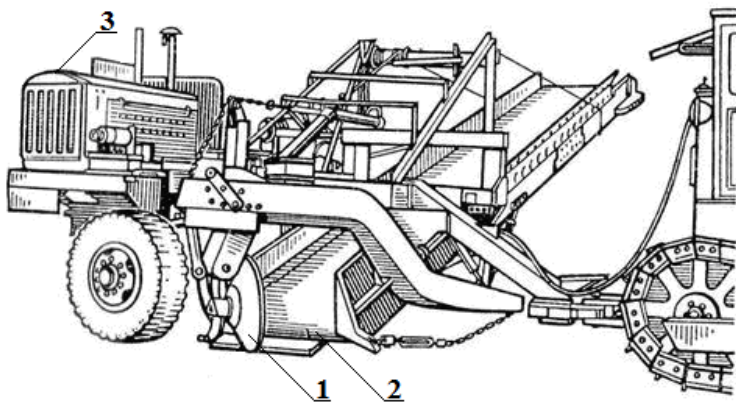


Рис. 4.15. Загальний вигляд причіпного скрепера зі стрічковим металем

швидкість дії, більші зусилля на виконавчих механізмах, компактність силового приводу і простий підвід енергії до систем керування.

Самохідні скрепери агрегатуються з одноосьовими тягачами (рис. 4.12, 4.13). Одноосьовий тягач повинен сприймати через опорно-зчпний пристрій до 40 – 50% навантажень від навантаженого скрепера.

Найбільш важкими умовами роботи скреперів є копання й рух на підйом. Для скреперів з ведучими колесами на породах 2 – 3 – і категорій використовуються штовхачі. Тягове зусилля передається більш рівномірно, якщо скрепер має ведучі колеса. Для створення крутного моменту на колесах скрепера необхідно встановлювати додатковий двигун і самостійну трансмісію. Курування двигуном відбувається з кабіни тягача. Дводвигунні скрепери більш дорогі, менш економічні за витратами палива, більш складні в експлуатації, ніж однодвигунні, але мають більш високі тягові зусилля. Дводвигунні скрепери виготовляються з ковшами об'ємом 15 – 50 м³ і використовуються на породах 3 – 4 – і категорій. Скрепери з усіма ведучими колесами, виконаними за схемою приводу мотор-колесо, дають кращі економічні показники, ніж дводвигунні. Привід мотор – колесо являє собою конструкцію ведучого колеса із вмонтованим гідравлічним або електричним двигуном.

Головним параметром скреперів, як указувалося вище, є об'єм ковша *E*. Умовно ця величина може бути представлена як результат множення ширини ковша скрепера на його середню висоту й довжину. Зі збільшенням ширини ковша при одночасному зменшенні його висоти й довжини знижується опір породи копанню й особливо заповненню ковша. Однак за умовами переміщення скреперів залізними й автомобільними дорогами не можна збільшувати необмежено ширину ковша.

4.6. Автогрейдери

Автогрейдери (рис. 4.16, 4.17) використовують в основному для виконання планувальних робіт і профілювання ґрунтового полотна при будівництві й обслуговуванні кар'єрних площадок під транспортні комунікації:



Рис. 4.16. Загальний вигляд автогрейдера ДЗ122Б10

автомобільні й залізничні дороги, конвеєрний і трубопровідний транспорт, а також площадки для будівництва дробильно-сортувальних ділянок і складів [1 – 4]. Робочим органом автогрейдера є відвал, який може змінювати положення в горизонтальній площині поворотним кругом. Відвал також можна нахилити і висувати у боки для профілювання відкосів і роботи на косогорах. Передні колеса автогрейдера можуть нахилитися відносно своєї осі, що полегшує роботу машини на косогорах. Задні мости машини підвішені до основної рами – за допомогою опорних балансирів і реактивних штанг, а передній міст за допомогою шкворня, який забезпечує його поворот у вертикальній площині. Наявність шкворня і балансирів дозволяє автогрейдеру плавно пересуватися на нерівній місцевості.

Планування поверхні або профілювання виконується за декілька проходжень з різним положенням відвалу. Для розширення сфери застосування і збільшення часу використання машини впродовж року автогрейдери забезпечують змінним робочим обладнанням різного призначення: снігоочисниками плужним і роторним, грейдер-елеватором, дорожньою фрезею, розподільвачем цементу.

Як силові установки на автогрейдері використовують двигуни внутрішнього згоряння. До вузла трансмісії входять багатоступенева коробка зміни передач, роздавальна коробка, демультіплікатор, головна передача і балансирні редуктори, що забезпечують до десяти робочих і транспортних

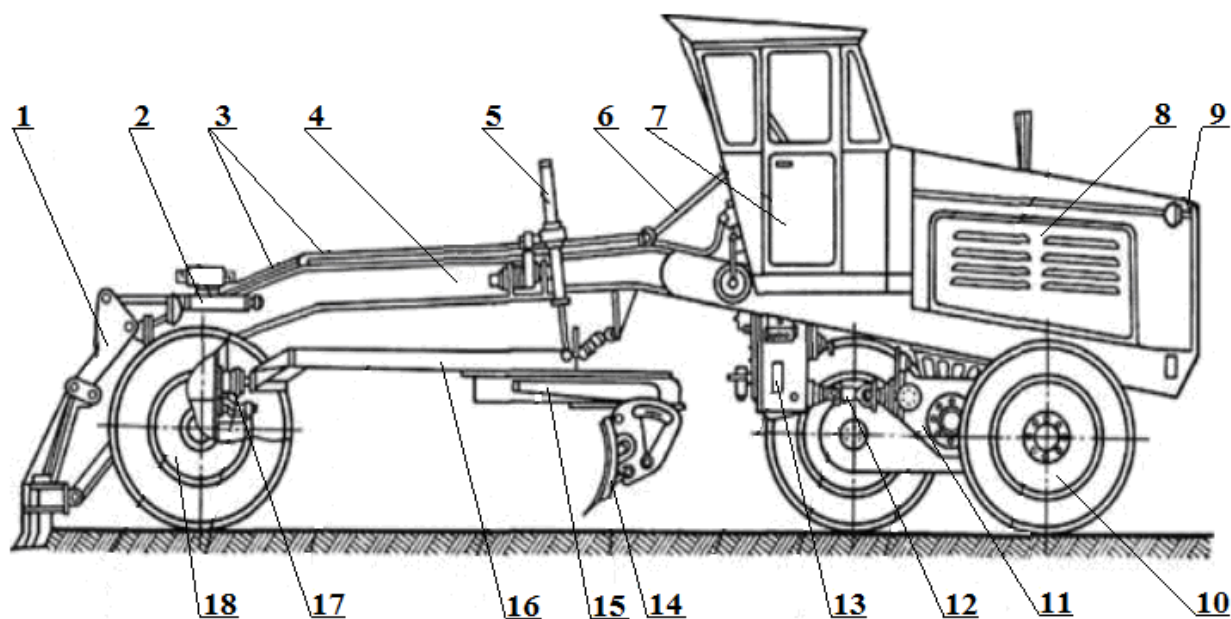


Рис. 4.17. Конструктивна схема автогрейдера:

- 1 – бульдозерне обладнання або розпушувач; 2, 5 – гідроциліндри;
- 3, 12 – карданні вали; 4 – основна рама; 6 – вал рульового колеса; 7 – кабіна машиніста; 8 – двигун; 9 – радіатор; 10 – задній міст; 11 – зчеплення;
- 13 – коробка зміни передач; 14 – відвал; 15 – поворотний круг; 16 – рама поворотного круга; 17 – цапфа переднього моста; 18 – передній міст

швидкостей. Виготовляють автогрейдери з гідромеханічною трансмісією, а також у вигляді машини з гідромотор-колесами. Основні рами автогрейдерів виготовляються однобалковими трубчастого або коробчастого перерізу. Вісь рами співпадає із поздовжньою віссю машини, що дає можливість у широких межах змінювати кути установки відвалу у вертикальній площині і полегшує операцію з його висуванням у боки.

4.7. Продуктивність ВТМ

Продуктивність виймально-транспортувальних машин залежить від багатьох факторів, таких як категорія порід, стан робочої поверхні (волога, суха, після дощу, мерзла кірка), досконалість стану й виконання робочого обладнання, досвід оператора, технологія й організація робіт та ін.

Теоретична продуктивність визначається для декількох ідеальних умов роботи, при яких ураховуються головним чином конструктивні властивості машин, параметри робочого обладнання, потужності двигунів, швидкості переміщень робочих органів й самої машини. У ряді випадків цю продуктивність називають паспортною або конструктивною.

Технічна продуктивність визначається для конкретних умов роботи з урахуванням властивостей породи, коефіцієнтів наповнення ковшів. Цей вид продуктивності характеризує технічні можливості машини.

Експлуатаційна продуктивність ураховує організаційні фактори, технологічність процесів, характер роботи й інші особливості експлуатації даної групи машин в конкретних умовах, які визначаються для більш тривалого проміжку часу. Зазвичай експлуатаційна продуктивність визначається для робочої зміни, тривалість якої приймається 8 годин.

Для бульдозерів, навантажувачів і скреперів теоретична продуктивність залежить від числа циклів за одиницю часу й місткості ковша машини або середнього об'єму призми волочіння, яка пересувається впродовж одного циклу.

Для розпушувачів також ураховуються кількість циклів за одиницю часу й повна площа розпушеної породи на ділянці робіт. Якщо розпушувач, бульдозер з поворотним відвалом або люба інша машина (грейдер-елеватор, автогрейдер, землерийно-фрезерна та ін.) безперервної дії має необмежений фронт роботи, то теоретична продуктивність визначається як множина площі породи, яка руйнується або виймається, на середню швидкість руху машини. При встановленні визначених меж, наприклад, довжини ділянки робіт або інших параметрів, для різних типів машин можуть бути отримані порівняльні дані, які дозволяють оцінювати досконалість чи недоліки машин.

Час циклу або тривалість виконання всіх операцій впродовж робочого процесу (до повертання машини у вихідну точку) складається із витрат часу на окремі складові операції, такі як різання, робоче переміщення, розвантаження, зупинка перед зміною напрямку руху, перемикання важелів керування, зворотний рух робочий або холостий, зупинка перед початком робіт, маневрування робочим органом перед підходом до робочої зони та ін.

Розрахункові формули для визначення продуктивності машин і часу на виконання окремих операцій наведені нижче [1 – 4].

Розрахункові формули для визначення продуктивності ВТМ

Теоретична продуктивність, м ³ /год	
бульдозерів, навантажувачів, скреперів, розпушувачів	$Q_T = \frac{3600 \cdot E}{T_{\text{ц}}}$
всіх типів машин безперервної дії	$Q_T = \frac{3600 \cdot F \cdot L_{\text{ар}}}{T_{\text{ц}}}, Q_T = 3600 \cdot F \cdot v$
Час циклу, с	$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_{\text{рев}}$
Час на виконання окремих операцій, с	
копання	$t_1 = \frac{L_1}{v_1}$
транспортування породи	$t_2 = \frac{L_2}{v_2}$
розвантаження	$t_3 = \frac{L_3}{v_3}$
холостого пробігу	$t_4 = \frac{L_4}{v_4}$
технологічного маневрування	$t_5 = \frac{L_5}{v_5}$
зупинок при реверсуванні ходу, перемикаць робочих органів	$t_{\text{рев}} = \frac{L_{\text{рев}}}{v_{\text{рев}}}$
Технічна продуктивність, м ³ /Г	
бульдозерів, навантажувачів, скреперів	$Q_{\text{тех}} = \frac{Q_T \cdot k_H}{k_P}$
розпушувачів	$Q_{\text{тех}} = \frac{Q_T \cdot F_{\text{еф}}}{F}$
Експлуатаційна продуктивність, м ³ /год	$Q_e = Q_{\text{тех}} T_3 k_B k_K$

Тут

$T_{\text{ц}}$	Час циклу, с; приймається за паспортом машини, а за відсутності даних – за розрахунком або експериментально для конкретних умов роботи
F	Середня площа зрізаємої стружки або породи, яка розпушується м ² ; для розпушувача F дорівнює множині повної глибини розпушення на середню ширину ділянки за відніманням площ ціликів, які залишаються, м ³
v	Середня швидкість при виконанні робіт, що ураховує для всіх машин осереднені швидкості окремих операцій, які входять до повного робочого циклу, м/с
t_1, L_1, v_1	Час, с, шлях, м і швидкість, м/с, робочого органа або машини при копанні й розпушенні; для бульдозерів, розпушувачів й скреперів швидкість $v_1 = (0,6 - 0,7) v_H$, де

v_H	Номінальна швидкість базової машини, дорівнює 2,5 – 3 км/год для гусеничних і 3 – 3,5 км/год для колісних
t_2 , L_2 , v_2	Час, с, шлях, м і швидкість, м/с, робочого органа або машини при транспортуванні породи, для бульдозерів $v_2=(1 - 1,32) v_H$, для скреперів і навантажувачів на гусеничному ході $v_2 < 7 - 8$ км/год та на колісному ході 15 – 20 км/год $>v_2>10$ км/год; значення v_2 приймаються з урахуванням тривалості транспортування й стану доріг; значення L_2 визначається для конкретних умов роботи; обмеження на значення L_2 носять рекомендаційний характер; t_2 визначається розрахунком; для розпушувачів t_2 , L_2 , v_2 не визначаються
t_3 , L_3 , v_3	Час, с, шлях, м і швидкість, м/с, робочого органа або машини при розвантаженні породи; для бульдозера і розпушувача ці значення дорівнюють нулю, для навантажувача значення t_3 задається
t_4 , L_4 , v_4	Час, с, шлях, м і швидкість, м/с, робочого органа або машини при холостому пробігу; час і шлях визначаються розрахунком, але при малому значенні шлях слід приймати на один габарит машини більше, ніж величина робочого ходу, а при величині шляху більше 150 м поправку не враховують; швидкість холостого пробігу приймається залежно від дорожніх умов, типу машини, типу підвіски та інших факторів
t_5 , L_5 , v_5	Час, с, шлях, м і швидкість, м/с, робочого органа або машини при технологічному маневруванні; зазвичай задаються час і швидкість при технологічному маневруванні, які носять рекомендаційний характер; час маневрування визначається для конкретних умов
$t_{рев}$, $L_{рев}$, $v_{рев}$	Середній час перемикання передач при зупинках, пов'язаних з реверсуванням ходу машини, маневруванням робочим органом при неможливості суміщення операцій, перестановки робочого органа перед початком роботи; значення часу $t_{рев}$ зазвичай задається, а $L_{рев}$ і $v_{рев}$ не задаються, хоча швидкості переміщення робочих органів, важелів керування й інших, також як і шлях переміщення є істотними показниками при автоматизації машин
k_H	Коефіцієнт наповнення ковша
k_p	Коефіцієнт розпушення гірської породи
$F_{эф}$	Ефективна площа розпушення, розраховується за ефективною глибиною розпушення, яка менше повної глибини розпушення на висоту гребенів, що залишаються, м ³
T_3	Тривалість робочої зміни, приймається 8 год
k_8	Коефіцієнт використання машини у часі впродовж зміни; приймається в розрахунках для всіх типів машин при великому фронті робіт й обмеженому числі перегонів 0,85; в особливих випадках організації роботи (часті перегони, обслуговування декількох вибоїв, виконання

	транспортних операцій та ін.) значення k_g слід знижувати
k_k	Комплексний коефіцієнт, який ураховує умови роботи, кваліфікацію машиніста, гірничотехнічні та інші умови
E	Теоретичний об'єм призми волочіння, m^3
$L_{ат}$	Довжина базової машини з навісним або причіпним обладнанням, тобто повна довжина машини, м

У більшості випадків значення швидкості й шляху виконання окремих операцій, які можуть використовуватися в практичних розрахунках, наведені в довідковій літературі.

Розрахункові формули для визначення зусиль опору руху машин і тягових зусиль справедливі при роботі на горизонтальній поверхні. У разі використання машин на похилій поверхні слід ураховувати вплив кута нахилу останньої. Робота бульдозера під кутом сприяє збільшенню об'єму призми волочіння; у розпушувача при роботі під уклін також зростає тягове зусилля. У навантажувача й скрепера при роботі під уклін тягові зусилля зростають, але умови наповнення ковша погіршуються, а при роботі на підйом тягові зусилля зменшуються, але покращуються процеси наповнення ковшів. Тому для навантажувачів і скреперів бажано мати горизонтальні робочі площадки. Ураховуючи більш напружений режим роботи на похилій поверхні і підвищену втомлюваність оператора, для всіх машин доцільні горизонтальні робочі площадки.

Висновки

Виймально-транспортувальні машини – це клас гірничих машин, призначених для розробки й переміщення малозв'язних або добре розпушених скельних порід. До характерних особливостей ВТМ відносяться: розробка порід тонкими горизонтальними або похилими шарами; порівняно легка автоматизація машин; висока мобільність машин. При однаковій продуктивності в порівнянні з екскаваторами ВТМ мають у 3-10 разів меншу металомісткість, у 3 – 5 та більше разів меншу вартість, а також забезпечують зниження витрат на виконання робіт у 3 – 4 рази.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну класифікацію виймально-транспортувальних машин.
2. Назвіть основні складові елементи бульдозерів.
3. Назвіть основні складові елементи скреперів.
4. Наведіть призначення автогрейдера.
5. Назвіть основні складові елементи фронтального колісного навантажувача.
6. Поясніть принцип дії та призначення розпушувача.

5. ВИБІЙНІ ДРОБИЛЬНО-СОРТУВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ

Метою розділу є вивчення конструкцій сучасних самохідних дробильних агрегатів пересувних дробильно – сортувальних і сортувальних установок, що застосовуються для виробництва відкритих гірничих робіт.

З розділу студент повинний знати конструкції самохідних дробильних агрегатів пересувних дробильно – сортувальних і сортувальних установок, область їхнього застосування, властиві їм переваги і недоліки.

На підставі отриманих знань студент повинний уміти вибирати самохідні дробильні агрегати і пересувні дробильно – сортувальні й сортувальні установки для ведення відкритих гірничих робіт виходячи з гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов залягання корисної копалини.

Зростання інтенсивності виробництва відкритих гірничих робіт і збільшення за вмістом корисних копалин гірської маси потребує збільшення глибини кар'єрів. Це у свою чергу підвищує вартість транспортування видобутого матеріалу великовантажним автотранспортом і примушує розглядати можливості використання більш дешевого способу – конвеєрного. Однак використання стрічкових конвеєрів вимагає попередньої підготовки гірської маси, особливо тієї, яка була отримана шляхом підривного розпушення з одержанням зернистого матеріалу заданої грудковатості. Застосування самохідних дробильних агрегатів (СДА) з наступним безперервним транспортуванням подрібненого матеріалу стрічковими конвеєрами, у порівнянні з використанням автомобільного транспорту, дозволяє зменшити витрати до 60 %. Загальна схема вибійного комплексу для переробки гірської маси наведена на рисунку 5.1.

За останні роки широкого поширення набули, в основному, самохідні дробильні агрегати (рис. 5.2), які використовуються для подрібнення гірської маси, переробки будівельних матеріалів, будівельних і промислових відходів. Також широко застосовуються й пересувні дробильно – сортувальні установки (ПДСУ), рис. 5.3, пересувні сортувальні установки (ПСУ), рис. 5.4, і транспортні дробильно – сортувальні установки (ТДСУ), рис. 5.3 [5 – 7].

Залежно від гірничотехнічних умов, технологічних завдань пересувні дробильно – сортувальні установки класифікують за такими ознаками [5 – 7]:

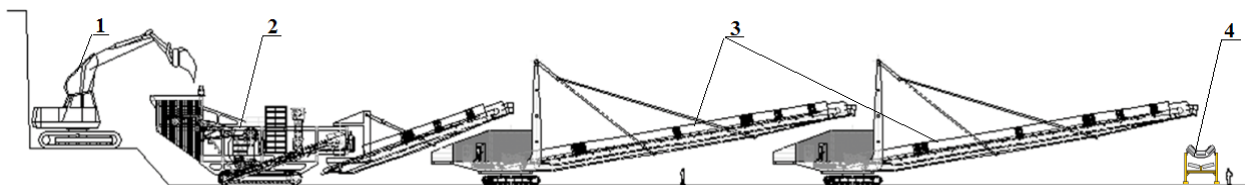


Рис. 5.1. Технологічна схема вибійного комплексу для переробки і транспортування гірської маси: 1 – виймально-навантажувальний агрегат; 2 – самохідна дробильна установка; 3 – самохідний конвеєр; 4 – напівстаціонарний або стаціонарний конвеєр

- за способом застосування – для подрібнення зруйнованої гірської маси безпосередньо у вибоях кар’єрів з пересуванням за виймально-навантажувальним пристроєм; для подрібнення зруйнованої гірської маси на перевантажувальних пунктах полустационарного (тимчасового) і стационарного типів;
- за технологічною схемою – у відкритому технологічному циклі з одною стадією подрібнення без попереднього грохотіння вихідної гірської маси, те саме, але з попереднім грохотінням вихідної гірської маси, з декількома стадіями подрібнення з попереднім грохотінням вихідної гірської маси і без нього, в замкнутому технологічному циклі з одною або декількома стадіями подрібнення з попереднім грохотінням;
- за способом завантаження – екскаваторами, скреперними установками, ківшевіми навантажувачами, автосамоскидами;
- за типом застосування дробильного агрегата – з роторними або молотковими дробарками, зі щокowymi дробарками, з конусними або щокowo-конусними дробилками, зі спеціальними типами дробарок;
- за типом ходового пристрою – гусеничні, крокуючі, пневмоколісні, залізничні, спеціальні, комбіновані;
- за розташуванням верхньої будови відносно ходового пристрою – повздовжнє, поперечне;
- за силовим обладнанням – електричні, дизель – електричні, дизельні, дизель – гідравлічні, електрогідравлічні;
- за способом розвантаження – на конвеєрний транспорт, на гідротранспорт, на пневмотранспорт, в залізничні вагони, на колісні види транспорту;
- за потужністю – малої (до 300 т/год), середньої (300 – 600 т / год), великої (600 – 2000 т / год), надпотужні (більше 2000 т / год).



Рис. 5.2. Загальний вигляд СДА, виготовленого на базі щокowoї дробарки, у вибої гранітного кар’єру

Впровадження на кар'єрах СДА і ПДСУ забезпечує [5 – 7]: застосування екологічно ощадливих технологій з використанням конвеєрного транспорту, виключає необхідність використання дорогого обладнання для провітрювання кар'єрів; суттєве зниження (до 2 – 3 разів) енерговикористання й металомісткості за рахунок заміни кар'єрних колісних транспортних засобів стрічковими конвеєрами; високий рівень автоматизації гірничого виробництва і збільшення продуктивності праці; зниження до 2 – 3 разів собівартості продукції за рахунок зниження експлуатаційних видатків і капітальних витрат.

Самохідні дробильні агрегати зазвичай використовують для подрібнення зруйнованої скельної гірської маси з метою підготовки її до крупності (кускуватості), раціональної для подальшої переробки або транспортування безперервними видами транспорту (рис. 5.2).

Самохідні дробильні агрегати для крупного подрібнення виготовляються, як правило, з відкритим технологічним циклом і з однією стадією подрібнення. Зазвичай СДА виготовляють за спрощеними схемами з метою забезпечення їх компактності, високої маневреності на складних кар'єрних шляхах, малої металомісткості та високої експлуатаційної надійності. Тому попереднє грохотіння вихідної гірничої маси вводиться до технологічних схем, тільки в тому разі, коли це викликано необхідністю збільшення пропускної здатності рухомого агрегата або коли при переробці корисна копалина переподрібнюється, внаслідок чого збільшуються її втрати і знижується якість продукції.

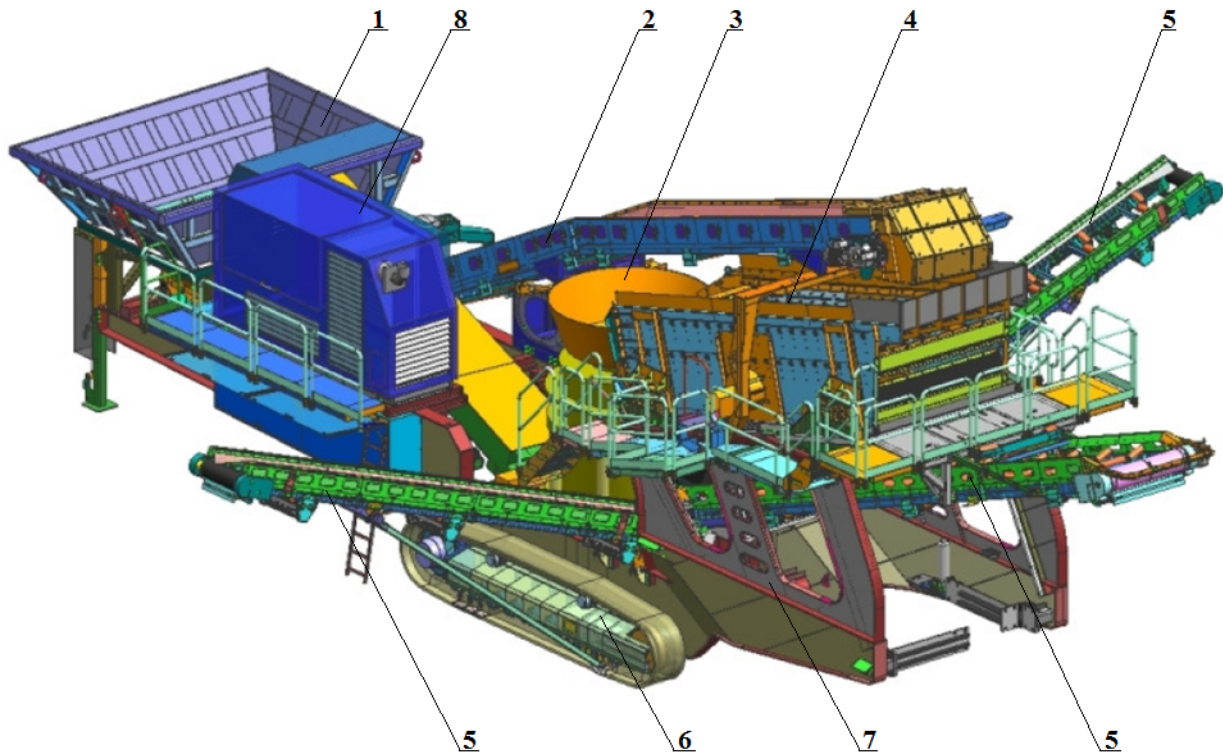


Рис. 5.3. Загальний вигляд пересувної дробильно – сортувальної установки, виготовленої на базі конусної дробарки і вібраційного грохота

Ходові механізми для СДА вибирають залежно від несучої здатності ґрунтів, складності кар'єрних шляхів, кліматичних та інших гірничотехнічних умов, а також з урахуванням типу ходових пристроїв сумісно працюючого вибійного обладнання (екскаваторів, навантажувачів) і їх характеристик. Найбільшого поширення набули гусеничні ходові пристрої, які застосовуються для СДА продуктивністю вище 200 т/год.

При подрібненні абразивних міцних порід і руд агрегати обладнують шокowymi або конусними дробарками. Для їх живлення вихідним матеріалом використовують пластинчасті живильники й значно менше – стрічкові.

Продуктивність СДА, ПДСУ, ПСУ визначається продуктивністю живильних, дробильних та класифікаційних агрегатів, якими вони обладнані. На її значення впливає ряд факторів, основними з яких є: фізико – механічні властивості вихідного матеріалу і його гранулометричний склад; наявність попереднього грохотіння і конструкція грохота; тип дробарки, яка використовується; характер завантаження приймального бункера (циклічний, безперервний) і тип виймально-навантажувальної машини. Останнім часом були розроблені відцентрово-ударні, вібраційні, інерційні, валково – конусні, валково – зубчасті та інші типи дробильних агрегатів, які разом з високою пропускною здатністю і великими розмірами приймального отвору мають менші розміри й масу та більш динамічно урівноважені. Це є цінною властивістю для їх застосування як на пересувних дробильних агрегатах, так і на напівстаціонарних перевантажувальних пунктах. Окрім цього, розробляються грохоти – живильники з великою пропускною здатністю за гірською масою при вмісті в ній шматків крупністю до 1,3 м, високою ефективністю відсіву, та які здатні сприймати великі імпульсні навантаження



Рис. 5.4. Загальний вигляд ПСУ, виготовленої на базі вібраційного грохота

від матеріалу, який на них розвантажується. На базі нових дробильних агрегатів і грохотів – живильників конструюються пересувні дробильні агрегати з високою маневреністю, меншими масою й висотою розташування приймального бункера.

Компоновку основних вузлів ПДСУ можна розглянути на прикладі дробильно – сортувальної установки, зображеної на рисунку 5.3. Система самохідних дробильних установок базується на елементах, які з'єднані таким чином, що забезпечується можливість раціональної адаптації ПДСУ до швидкості пересування фронту гірничих робіт і дальності транспортування зернистого матеріалу. Вихідна гірська маса подається виймально-навантажувальною або виймально-транспортувальною машиною в приймальний бункер 1 ПДСУ, і далі за допомогою конвеєра 2 на грохот 4 для вібраційної класифікації. Надрешітний продукт подрібнюється у дробарці 3, а підрешітний складається за допомогою відвальних стрічкових конвеєрів 5. Пересувається ПДСУ за допомогою гусеничного механізму. Обладнання монтується на рамі 7, а керування приводами відбувається із шафи керування 8.

Типорозміри й виконання елементів ПДСУ залежать від продуктивності й величини шматків породи, заданого ступеня подрібнення, форми зерна й твердості матеріалу. Подрібнювальний агрегат вибирається відповідно ряду роторних, молоткових (відцентрових–ударних), шоккових і конусних дробарок.

У конструкції рами передбачені спеціальні опірні балки для установки агрегата на опори (наприклад, бетонні) при тривалій експлуатації ПДСУ на одному місці. Електропостачання агрегатів здійснюється від кар'єрної мережі змінного струму або дизель–генераторної станції. Агрегати можна транспортувати залізничним, водним, а також автомобільним транспортом. ПДСУ різних конструкцій найбільше задіяні при порівняно невеликих обсягах готової продукції, та особливо доцільні при частих передислокаціях. Уведення в дію ПДСУ (монтаж, налагодження) не потребує значних капітальних витрат.

Висновки

Збільшення інтенсивності виробництва відкритих гірничих робіт і збіднення за вмістом корисних копалин гірської маси призводить до підвищення вартості транспортування видобутого матеріалу великовантажним автотранспортом. Альтернативним більш дешевим видом транспорту є конвеєрний. Однак використання стрічкових конвеєрів вимагає попередньої підготовки гірничої маси й отримання зернистого матеріалу заданої крупності. Застосування самохідних дробильних агрегатів (СДА) з наступним безперервним транспортуванням подрібненого матеріалу стрічковими конвеєрами, у порівнянні з використанням автомобільного транспорту, дозволяє зменшити витрати до 60 %.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну класифікацію пересувних дробильно – сортувальних установок.
2. Назвіть основні складові елементи самохідних дробильних агрегатів.
3. Назвіть основні складові елементи пересувних дробильно-сортувальних установок.
4. Наведіть призначення самохідного дробильного агрегата.
5. Назвіть основні складові елементи пересувних сортувальних установок.
6. Поясніть принцип дії та призначення пересувних дробильно-сортувальних установок.

6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ

Метою розділу є вивчення конструкцій сучасних машин для гідравлічної механізації, що застосовуються для виробництва відкритих та підводних гірничих робіт.

З розділу студент повинний знати конструкції машин для гідравлічної механізації та підводного видобутку корисних копалин, сферу їхнього застосування, властиві їм переваги і недоліки.

На підставі отриманих знань студент повинний уміти вибрати машини для гідравлічної механізації та їх механічне обладнання для ведення відкритих та підводних гірничих робіт виходячи з гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов залягання корисної копалини.

6.1. Загальні положення

Гідромеханізація – це спосіб механізації земляних і гірничих робіт, при якому всі або основна частина технологічних процесів здійснюється під дією енергії рухомого потоку води. До числа основних технологічних процесів належить: розробка порід, гідротранспортування за рахунок використання природних уклонів або штучно створюваного тиску, укладення порід у відвали та інші споруди.

З метою ефективного застосування способу гідромеханізації необхідно підібрати основне й допоміжне обладнання, яке дозволяє повністю використовувати переваги технології.

У гідромеханізації використовується обладнання різної конструкції і призначення: гідромонітори, землесосні снаряди й драги. Найчастіше в гідромеханізації використовуються: екскаватори та бульдозери, трубоукладачі й крани для пересування обладнання, переукладання трубопроводів. Обладнання для розпушення і механізації допоміжних робіт відноситься до допоміжного. У деяких технологічних процесах гідромеханізація застосовується в поєднанні з іншими засобами механізації, наприклад, гідротранспортування порід від екскаваторів до збагачувальних фабрик або хвостів до шламовідстійників.

Обладнання гідромеханізації відрізняється простотою, високою технологічністю виготовлення та ремонтпридатністю.

6.2. Гідромонітори

Гідромонітор (водомет) – пристрій для утворення й керування польотом напірних водяних струменів, які використовують для руйнування й змивання гірських порід. Струмись води з гідромонітора витікає зі швидкістю до 50 – 80 м/с (рис. 6.1) [8 – 19].

Згідно з конструкцією гідромонітори поділяють [8 – 19]:
– за способом керування – з ручним та дистанційним керуванням;



Рис. 6.1. Загальний вигляд гідромонітору у вибої

- за способом пересування – несамохідні й самохідні;
- за розташуванням у вибої – дальньої й близької дії;
- за робочим тиском – низького (0,9 – 1,2 МПа) і високого (більше 1,2 МПа).

На кар'єрах найчастіше зустрічаються гідромонітори несамохідної дії, високого тиску з ручним або дистанційним керуванням. Гідромонітори з дистанційним керуванням часто можуть виконувати окремі операції в автоматизованому режимі.

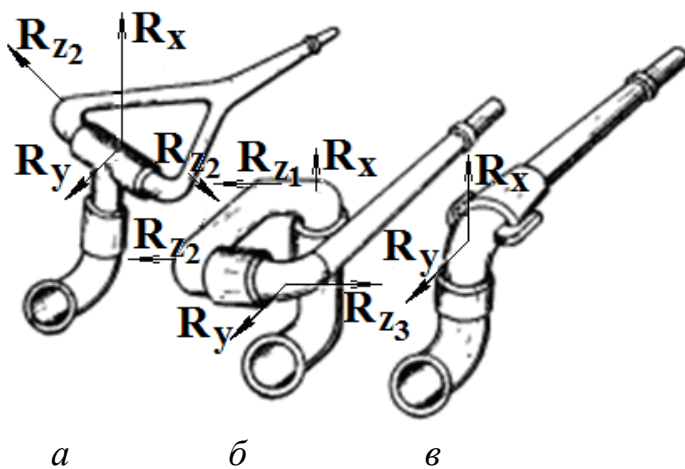


Рис. 6.2. Схеми гідромоніторів з двостороннім (а), одностороннім (б) і центральним (в) підводами води

За способом підводу води до ствола гідромонітори поділяються на три конструктивні групи: двосторонній симетричний (рис. 6.2, а), односторонній несиметричний (рис. 6.2, б), з центральним підводом води (рис. 6.2, в) [8 – 19].

Гідромонітор, зображений на рис. 6.2, а, має зрівноважений реактивний момент відносно ствола й скомпенсований момент відносно нижнього коліна. При такому виконанні ствол може повертатися у

вертикальній площині на кут 90° і більше вгору й на $60 - 90^\circ$ униз. Однак такі канали підводу води до ствола погіршують характер струменя. Гідромонітори цього типу зазвичай використовують у підземних умовах, а також як водометні пристрої для пожежогасіння та ін.

Другий тип гідромонітора (рис. 6.2, б) має незрівноважений реактивний момент відносно ствола й скомпенсований момент відносно нижнього коліна. Кут повороту ствола становить 90° вгору і до 60° униз. До гідромоніторів цього типу ставляться підвищені вимоги щодо попередження мимовільного повороту ствола в горизонтальній площині.

Третій тип гідромонітора (рис. 6.2, в) не має реактивних моментів, що утворюють умови для мимовільного обертання ствола, але й має скомпенсований момент відносно нижнього коліна. У гідромоніторах цього типу обмежений до 35° кут повороту ствола у вертикальній площині, але найкращі умови для формування струменя високої якості, що дозволяє їх застосовувати у водометних пристроях великої потужності й дальньої дії. Тому остання конструкція набула широкого поширення в гідромоніторах для відкритих робіт.

Основними елементами гідромонітора (рис. 6.3) є: нижнє 1 і верхнє 2 коліна, ствол 3, насадок (форсунка) 4, кульовий шарнір 5 повороту ствола у вертикальній площині, сальниковий шарнір 6 для повороту верхнього коліна і ствола у горизонтальній площині й системи керування [8 – 19]. У гідромоніторах з ручним керуванням для цієї мети використовуються важіль (води́ло) 7. Гідромонітор встановлюється на саях 8 або опорному брусі. До водоводу гідромонітори кріпляться за допомогою фланцевого з'єднання.

Шарнір 6 (рис. 6.3) повороту ствола в горизонтальній площині зазвичай виконується на упорному підшипнику, який сприймає вертикальні зусилля при русі потоку води верхнім і нижнім колінами. При більшій висоті шарніра іноді додатково встановлюють радіальні підшипники для центрування з'єднувальних каналів і сприйняття радіальних навантажень.

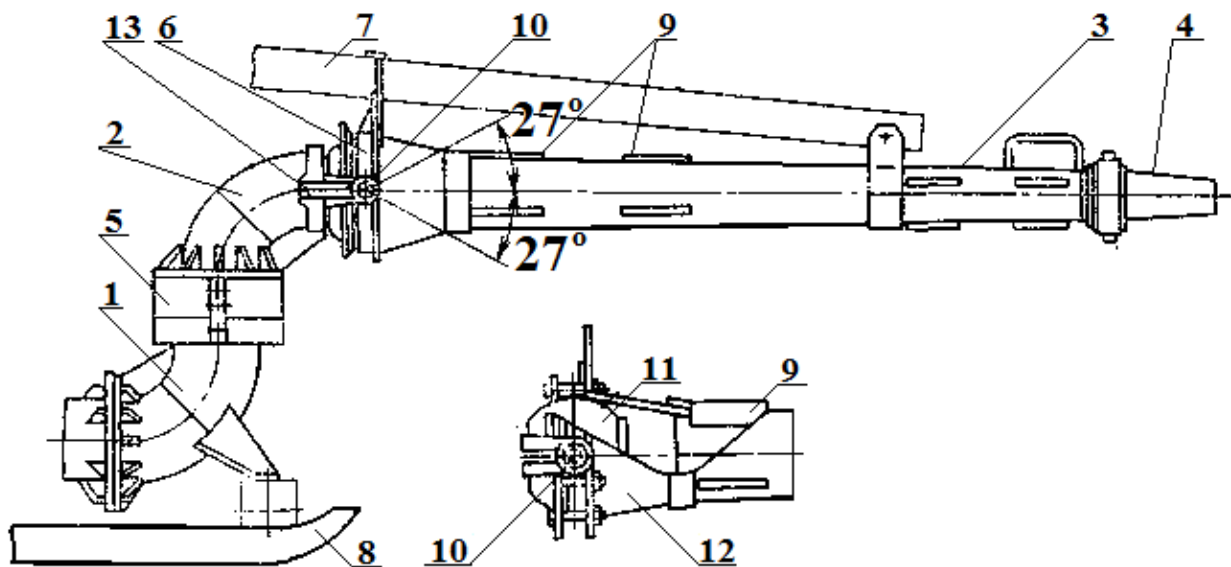


Рис. 6.3. Конструктивна схема гідромонітора

У гідромоніторів з центральним підводом води до ствола для з'єднання ствола з верхнім коліном використовуються кульові шарніри (рис. 6.3) [8 – 19]. Кульовий шарнір складається з пустотілої зрізаної кулі 12 і оголовка 10, який з'єднується з нею та має також внутрішню кульову поверхню 11. Ущільнення шарніру забезпечується манжетами й натискним кільцем. Куля кріпиться до верхнього коліна 2, яке має кронштейни 13, розташовані в горизонтальній площині. Оголовок 10 кріпиться до кронштейнів 13 двома з'єднувальними пальцями, що виконують роль розрізальної осі для повороту ствола.

Ствол гідромонітора має забезпечувати формування струменя високої якості і плавне збільшення його швидкості. Для цього ствол виконується конічним з малим кутом конусності й достатньої довжини. Для запобігання закручування струменя води в стволі по окружності встановлюються через 120° ребра-заспокоювачі 9. Вхідний кінець ствола приварюється до оголовка, а на вихідному кінці приварене кільце з різьбою для кріплення насадка.

У сучасних гідромоніторах найбільшого поширення набули насадки конічної форми з кутом конусності не більше 13°. Довжина насадки не менше 2 – 2,5 діаметра вихідного отвору. Вихідний отвір насадки переходить у циліндричну частину довжиною не менше одного діаметра. Циліндрична частина насадки служить для остаточного формування струменя та надання йому стійкої форми при виході з проточного каналу гідромонітора. Існують насадки й інших форм і параметрів.

У гідромоніторів з дистанційним керуванням (рис. 6.4) поворот ствола в горизонтальній площині виконується гідроциліндром 3, а у вертикальній площині – гідроциліндром 2. Подача команд до гідроциліндрів виконується з пульта 7 рукавами високого тиску 4 [8 – 19].

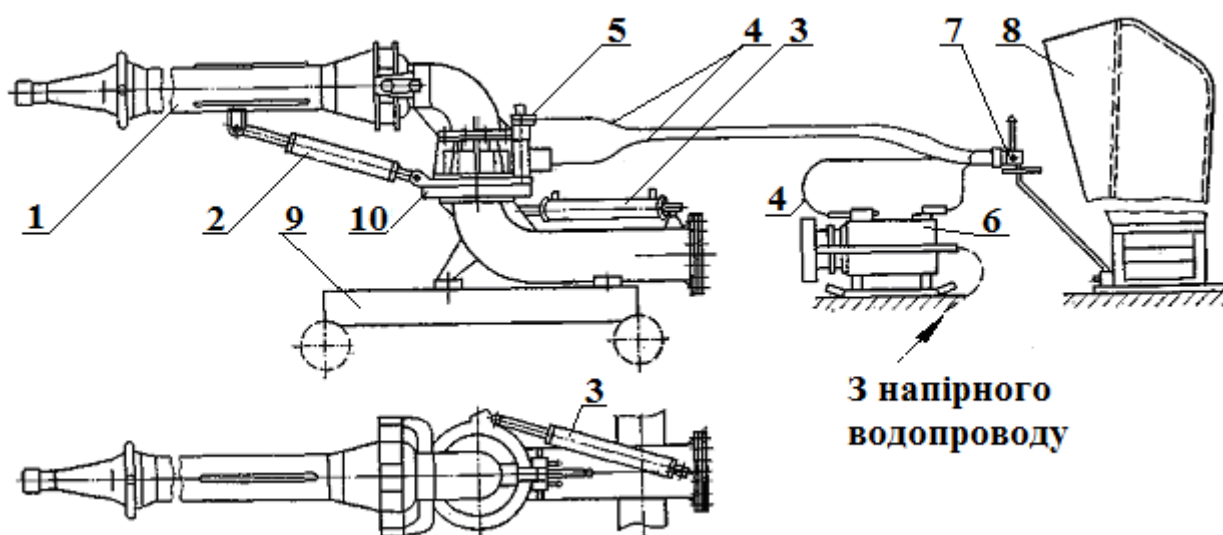


Рис. 6.4. Конструктивна схема гідромонітора з дистанційним керуванням:

- 1 – гідромонітор; 2,3 – гідроциліндри; 4 – рукава високого тиску;
- 5 – гідрозамок; 6 – насосна станція гідроприводу; 7 – переносний пульт керування; 8 – кабіна машиніста; 9 – візки; 10 – шарнір

Гідромонітор має гідравлічне дистанційне керування. Джерелом енергії для живлення гідросистеми є насосна станція гідроприводу 6.

Для дистанційного керування гідромоніторами застосовуються електромеханічні, електрогідравлічні й гідравлічні схеми. Електромеханічні схем (двигун – редуктор – виконавчий механізм) схильні до значного зносу, потребують змащення і недостатньо надійні, але прості в обслуговуванні. Електрогідравлічні схеми мають електричну систему керування гідравлічними механізмами й електропривід маслостанції. Виконавчими механізмами є гідроциліндри або гідромотори. Схеми прості, надійні, компактні, але у порівнянні з попередніми більш складні в ремонтах. Гідравлічні схеми мають гідравлічну систему керування виконавчими механізмами і тому часто потребують великої довжини високонапірних рукавів, що є основним недоліком таких схем.

Зі збільшенням водопродуктивності гідромоніторів також зростає їх маса. У зв'язку з цим з'являється необхідність виготовляти гідромонітори самохідними, для чого можуть бути використані різні ходові механізми, але основними слід вважати гусеничні і крокуючі (рис. 6.5). Для гідромоніторів

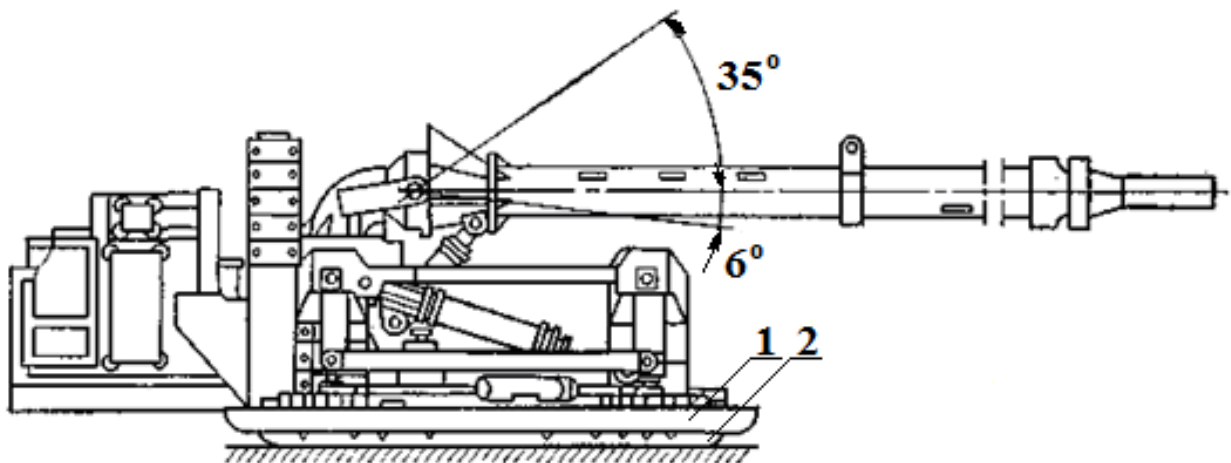


Рис. 6.5. Конструктивна схема гідромонітора з крокуючим механізмом пересування

застосовуються гусеничні візки сільськогосподарських і промислових тракторів. Привід ходового механізму – зазвичай електричний. Крокуючий хід конструктивно аналогічний крокуючому ходу драглайнів. Однак можуть бути й істотні відмінності. Так, для гідромоніторів більш доцільно виконувати крокування з повним відривом бази.

Спеціалізованим обладнанням для гідромеханізації є гідромоніторний комбайн (рис. 6.6), базою якого є екскаватор ЕКГ-8 або ЕКГ-4,6 [8 – 19]. Склад робочого обладнання: ходовий пристрій 1; поворотний пристрій 2; верхня будова з кабіною машиніста 3; стріла 4; верхній гідромонітор 5; гідромонітор 6; фреза 7; привід розпушувача 8. Замість стандартної стріли з рукояттю і ковшем на поворотній платформі встановлена полегшена стріла 4, головна частина якої має фрезу 7. На стрілі розташовані два бокових гідромонітори 6 і один верхній 5. Трубопроводом через шарнір вода подається до гідромоніторів.

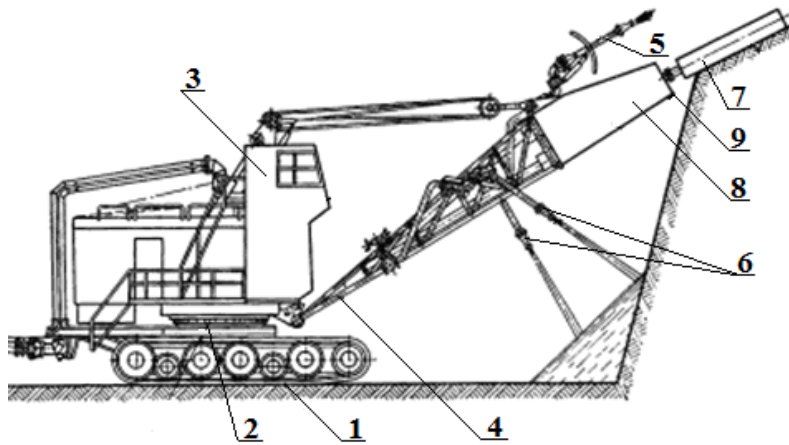


Рис. 6.6. Загальний вигляд гідромоніторного комбайна, виготовленого на базі екскаватора ЕКГ-8І

Гідромоніторний комбайн призначений для розробки порід до 4-ї категорії включно. Гідромоніторами можна розробляти нижню частину вибою і змивати зруйновані фрезою породи. Верхній гідромонітор служить для руйнування верхньої частини вибою, очищення фрези і змивання породи. До вибійного водоводу комбайн приєднується за

допомогою шарнірно з'єднаних секцій труб. Рухомі секції мають опорні пневмокатки.

6.3. Технологічний розрахунок гідромоніторів

Ефективність руйнування гірських порід напірним гідромоніторним струменем води залежить від характеристики струменя гідромонітора, фізико-механічних властивостей порід, які розробляються, організації й послідовності гідравлічного руйнування порід [8 – 19].

Технічна годинна продуктивність гідромонітора за породою визначається за формулою

$$Q_T = \frac{Q_1 k_c i}{q_v}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де Q_1 – водопродуктивність гідромонітора, $\text{м}^3/\text{год}$;

$k_c = 0,95$ – коефіцієнт, який урахує наявність додаткових насосних станцій;

i – кількість додаткових насосних станцій;

q_v – питома витрата води для розмивання порід, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Річна продуктивність гідромонітора розраховується так:

$$Q_p = Q_T T_p k_e, \text{ м}^3/\text{рік},$$

де T_p – річний фонд робочого часу, годин;

k_e – коефіцієнт використання гідромонітора у часі.

6.4. Машини для підводного видобутку корисних копалин

До сучасних механізмів для виконання підводних гірничих робіт слід віднести гідравлічні: землесосні ерліфтні та ежекторні снаряди (рис. 6.7, *а*), механічні: багаточерпакові снаряди і драги (рис. 6.7, *б*), грейферні (рис. 6.7, *в*), штангові снаряди (рис. 6.7, *г*), менш розповсюджені екскаватори-драглайни, скреперні драги, скреперні канатні установки та ін. Серед такої техніки у відкритому морі найбільше використовуються кілеві плавзасоби, на яких монтують обладнання. При роботі в кар'єрах, на внутрішніх водоймах, а також на захищених від хвилювань ділянках моря задіяні плавзасоби понтонного типу.

Серед усіх перелічених видів видобувних машин найбільшого поширення набули землесосні снаряди, які за типом гідротранспортної системи поділяють на гідравлічні, ежекторні й ерліфтні. Землесосними снарядами називають плавучі землерийні машини, які витягають ґрунт з води у вигляді водогрунтової суміші-пульпи і транспортують цю суміш пульпопроводами. Найбільш масовий клас – земснаряди з відцентровими ґрунтовими насосами. В їх класифікації враховують [8 – 19]:

- спосіб ґрунтозабору: усмоктування ґрунту без попереднього розпушення або з попереднім механічним, або гідравлічним розпушенням вибою;
- спосіб транспортування ґрунту: плавучим рефулерним, підвісним, стаціонарним донним, напівзануреним пульпопроводом;
- спосіб керування: ручне, полуавтоматичне й автоматичне;
- спосіб енергопостачання: автономний (частіше використовують при

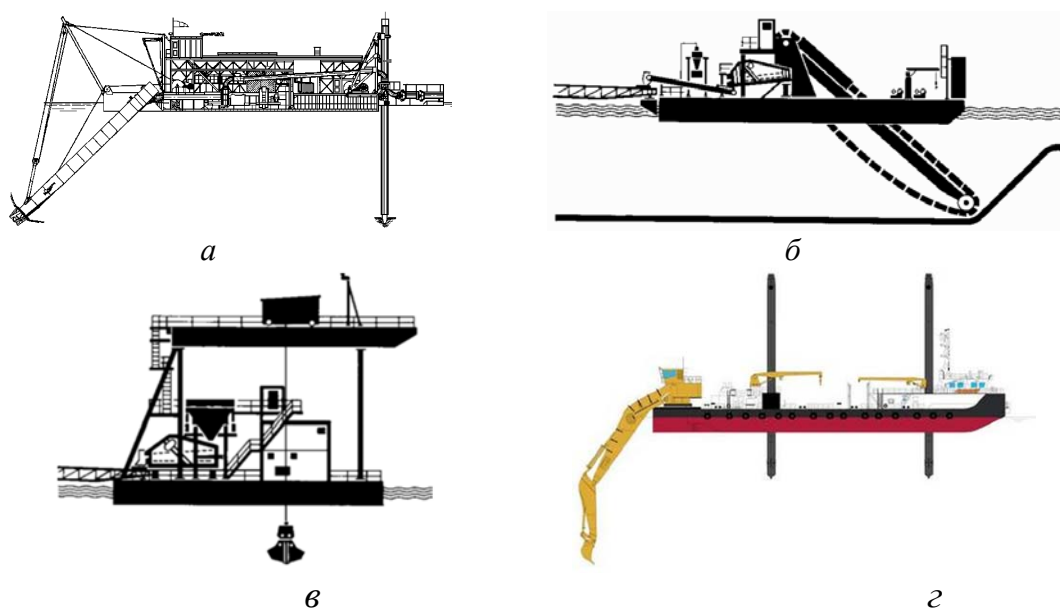


Рис. 6.7. Загальний вигляд основних машин для виконання підводних гірничих робіт

роботах у відкритих водоймах) та із живленням від зовнішніх джерел (розповсюджений при розробці обводнених континентальних родовищ);

– спосіб робочих переміщень: траншейне, паралельне, віялове, ямкове;

– розташування основного насосного обладнання: палубне, трюмне, погрузне, полупогружене;

– кількість видобувних насосів: однонасосні, двонасосні при послідовній або паралельній установці.

Серед відомих виробників техніки для підводних видобувних і гідротехнічних робіт – фірми IHC Holland (Голандія), Appeledore Ferguson Shipyard (Велика Британія), Merre (Франція), Wartsila (Фінляндія), Ellicott Dredge (США), Heinrich Dopke, HABERMANN (Німеччина).

Землесосний снаряд – земснаряд (рис. 6.8, 6.9), який являє собою плавучу землерийно-транспортувальну машину безперервної дії. Все обладнання земснаряда – ґрунтовий насос, двигун, усмоктувальний і напірний трубопроводи, механізми переміщення, а також допоміжне обладнання – монтується на понтонах.

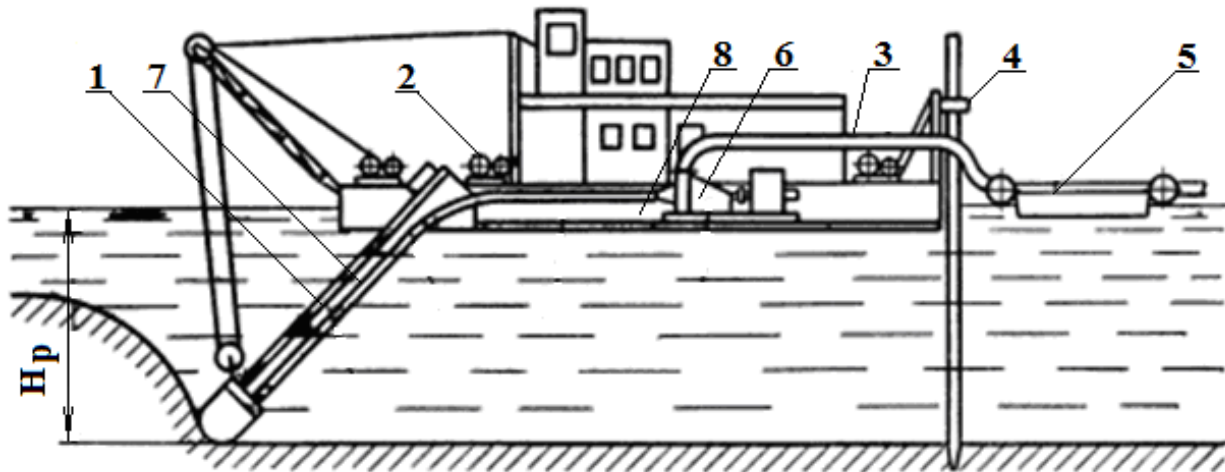


Рис. 6.8. Конструктивна схема землесосного снаряда: 1 – ґрунтозаборний пристрій; 2 – лебідка; 3 – напірний пульпопровід; 4 – пальовий хід; 5 – плавучий пульпопровід; 6 – ґрунтовий насос; 7 – всмоктувальний трубопровід; 8 – понтон

Ґрунтові насоси мають обмежену висоту всмоктування, і тому при збільшенні глибини розробки часто використовуються занурювальні ґрунтові насоси, які розташовуються в спеціальному герметичному корпусі разом з електродвигунами. Іноді ґрунтові насоси опускають нижче рівня води, а двигуни залишаються на понтоні і з'єднуються з ґрунтовими насосами передавальними валами з карданними шарнірами. Часто на всмоктувальній трубі встановлюються інжекторні пристрої з насосами струминного типу.

Руйнування порід і відділення їх від масиву може здійснюватися під дією енергії потоку води, яка всмоктується насосом, а також гідравлічних, механічних фрезерних, роторно-ківшевих, гвинтових, ківшевих, ланцюгових, вібраційних та інших розпушувачів.



Рис. 6.9. Загальний вигляд землесосного снаряда виробництва ІНС Holland серії Beaver

При розпушенні нев'язких ґрунтів часто використовують гідравлічні розпушувачі. Такі розпушувачі відрізняються простотою конструкції й технологічністю.

Однак у підводних вибоях можуть зустрічатися великі валуни, в'язкі щільні глини, прошарки піщаників і сланців. Тому деякі земснаряди обладнують фрезерними розпушувачами (рис. 6.9) або роторно-ківшевіми пристроями, які встановлюють на всмоктувальному патрубку. Порода, яка руйнується фрезами, засмоктується через усмоктувальну трубу. Фрези можуть мати різне конструктивне виконання і залежно від фізико-механічних властивостей породи обладнуються знімними зубцями.

Земснаряди виготовляються двох типів: самохідні й несамохідні.

Самохідними зазвичай бувають морські земснаряди. Земснаряди річкового й озерного типів виготовляються несамохідними.

У зв'язку з тим, що при розробці породи необхідно переміщувати робочий орган уздовж вибою, то несамохідні земснаряди оснащуються простими механізмами переміщення, такими як канатний, пальово-канатний, пальовий.

При канатному способі переміщення з носової і кормової частин заводяться канати на берег або встановлюються якоря. Змінюючи довжину носових канатів при постійній довжині кормових, можна заставити земснаряд рухатися за дугою. Після відпрацювання одного проходу (дуги) послабляють натяг кормових канатів і підтягують носові, виводячи земснаряд на нову ділянку. Потім повторюють операції рухів носової частини земснаряда за дугою, змінюючи довжину носових канатів. Ці рухи земснаряда називаються папільонуванням.

Канатна система є простою, але не забезпечує точності виводу земснаряда на потрібну точку вибою і достатньо трудомістка. Часта зміна точок кріплення канатів знижує загальну продуктивність земснаряда.

Пальово-канатний механізм пересування має таку конструкцію. Окрім земснаряда на невеликій відстані одна від одної встановлюються дві опорних палі. Опустивши одну з паль і використавши носові канати, можна заставити земснаряд переміщуватися за дугою постійного радіуса. Закінчивши рух в одному напрямку, опускають другу палю і підіймають першу – отримують нову точку опори, зміщену вперед відносно попередньої опорної точки. Періодично

мінняючи палі, земснаряд можна подавати вперед або назад крокуванням. При цьому способі трудомісткість пересування значно зменшується, прості скорочуються, зростають точність руху вибоєм і продуктивність. Але віялові дуги, за якими рухається всмоктувач земснаряда, мають форму зигзагу, і розходження дуг у кінці руху тим більше, чим більше крок руху. В цьому випадку раціонально використовувати пальовий механізм руху з примусовим переміщенням палі по осі снаряда. Для цього на палубі встановлюється спеціальна ходова рама та увесь пальовий механізм монтується на візку. Поздовжнє переміщення візка може досягати величини 2,5 – 4 м, забезпечуючи такий самий процес подачі земснаряда на вибій. Палі при цьому можуть переміщуватися як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку, а також можуть встановлюватися у похилому положенні. При цьому способі дуги становляться паралельними і пропусків у вибої не спостерігається.

Пальовий спосіб з примусовою подачею земснаряда за його поздовжньою віссю припускає відпрацювання вузьких траншей, але при цьому необхідно забезпечити поперечне переміщення всмоктувача земснаряда.

У самохідних земснарядів переміщення робочого органа (всмоктувача та ін.) здійснюється при русі усього судна за рахунок його рушіїв або канатним підтягуванням.

6.5. Розрахунок продуктивності землесосних снарядів

Землесосні снаряди є машинами, які призначені як для видобутку, так і для транспортування корисної копалини пульпопроводами. Тому продуктивність землесосних снарядів залежить від умов гідротранспортування, які враховують глибину видобутку, висоту підняття пульпи, довжину пульпопроводу, величину опору руху пульпи, матеріал виготовлення і стан пульпопроводу, фізико-механічні властивості гірської породи, концентрацію пульпи та ін. У зв'язку з цим розрахунок реальної експлуатаційної продуктивності земснарядів сильно ускладнений і виконується зазвичай спеціалізованою проектною організацією. Однак для орієнтовного розрахунку продуктивності землесосних снарядів, які працюють у номінальному режимі, можна використовувати такі формули [8 – 19].

Годинна технічна продуктивність земснаряда по ґрунту

$$Q_T = \frac{Q_{\Pi} K_3}{[q_{\text{в}} + (1 - m)]},$$

де Q_{Π} – годинна продуктивність ґрунтового насоса земснаряда за гідросумішшю, м³/год; $K_3 = 0,9$ – коефіцієнт, який урахує зменшення технічної продуктивності земснаряда при великій висоті уступу.

Годинна продуктивність ґрунтового насоса земснаряда за гідросумішшю

$$Q_{\Pi} = \frac{Q_{з.в} \rho_{в}}{\rho_{\Pi}},$$

де $Q_{з.в}$ – продуктивність землесоса за водою (визначається за технічною характеристикою і відповідає номінальному режиму роботи землесоса), м³/год; $\rho_{в}$ – щільність води, кг/м³; ρ_{Π} – щільність пульпи, кг/м³, яка розраховується так:

$$\rho_{\Pi} = \frac{q_{в} \rho_{в} + \rho_{Г}(1 - m)}{q_{в} + 1 - m},$$

де $q_{в}$ – питомий видаток води на розробку й транспортування 1 м³ породи, м³/м³; $\rho_{Г}$ – щільність скелета ґрунту, кг/м³; m – пористість породи.

Річна продуктивність земснаряда, м³/рік,

$$Q_{р} = Q_{Т} T_{рік} K_{в.з},$$

де $T_{рік}$ – річний фонд календарного часу, год; $K_{в.з}$ – коефіцієнт використання земснаряда у часі.

6.6. Драги

Драга – плавучий комплексно-механізований агрегат, який призначений для розробки розсипних родовищ корисних копалин, вилучення корисних мінералів і видалення пустих порід (хвостів) у відвали.

Зазвичай драги застосовуються при освоєнні обводнених розсипних родовищ корисних копалин (золота, платини, олова, алмазів та ін.), рис. 6.10. Застосовуються драги переважно на алювіальних, елювіальних, делювіальних, прибережно-морських і глибинно-морських розсипних і осадових родовищах за виключенням валунистих, міцно зцементованих гірськими породами і в'язкими глинами.

За класифікаційними ознаками драги поділяють на два види [8 – 19]:

– континентальні (для розробки материкових розсипів), які, як правило, монтуються на плоскодонному понтоні (судні), що забезпечує їх плавучість і експлуатацію в замкнутій водоймі відповідно до вимог річкового реєстру;



Рис. 6.10. Загальний вигляд драги 250ДМ для видобутку розсипного золота

– морські, призначені для розробки розсипних і осадових родовищ, які залягають у прибережній зоні і в глибинній частині акваторії великих озер, морів та океанів. Ці драги зазвичай монтуються на кілевих самохідних або буксирюємих судах, які забезпечують їх плавучість і експлуатацію у відкритому морі при штормовому хвилюванні згідно з вимогами реєстру.

Драги можуть оснащатися стаціонарним промивально-збагачувальним обладнанням, яке встановлене на судні, або працювати за роздільною схемою «видобуток-збагачення» у комплексі з відособленими плаваючими або береговими збагачувальними установками.

Морські й континентальні драги поділяються за такими основними ознаками [8 – 19]:

- родом енергії – електричні, дизель-електричні, дизельні, парові;
- способом пересування (маневрування) – канатно-пальові, канатно-якірні;
- глибиною розробки порід (нижче ватерлінії) – малої глибини (до 6 м), середньої (до 18 м), глибокі (до 50 м), надглибокі (вище 50 м);
- принципом дії видобувного апарата – одночерпакові (з ковшем типу механічної лопати, грейферним ковшем, ковшем драглайна або канатного скрепера) і багаточерпакові (з переривним черпаковим ланцюгом, із суцільним черпаковим ланцюгом, з роторним колесом і канатно-ланцюгові); гідро- і пневмовсмоктувальні – землесосні з механічними або гідравлічними розпушувачами або без них, ежекторні, ерліфтні й землесосні із занурювальними насосами. Багаточерпакові драги в свою чергу поділяються за місткістю черпака на малолітражні (до 100 л), середньолітражні (до 250 л) і великолітражні (більше 250 л).

Для розробки континентальних розсипних родовищ, а іноді й інших видів корисних копалин найчастіше використовують багаточерпакові драги і земснаряди драгоподібного типу.

Багаточерпакова драга (рис. 6.11) складається з робочого, збагачувально-сортувального й відвалоутворювального обладнання, опорної

металоконструкції, понтона, механізмів пересування й маневрування; систем тепло- й водопостачання, життєзабезпечення, систем керування і автоматичного контролю.

Робоче обладнання багаточерпакових драг складається з черпакової рами із підчерпаковими роликами, нижнього черпакового барабана, верхнього ведучого барабана, черпакового ланцюга з черпаками, підвісу черпакової рами й головного приводу.

Принцип дії та конструкція збагачувального обладнання драг вивчаються на спеціальних курсах і в даному посібнику не розглядаються.

Відвалоутворююче обладнання складається зі скидних лотків для видалення пустих порід у забортний простір і конвеєрного відвалоутворювача (стакера). Останній складається з ферми, конвеєрного ставу, приводу конвеєра, підвіски з приводом.

Для обладнання стакера часто використовується тонкостінна несуча труба великого діаметра, всередину якої встановлюється стрічковий конвеєр, будуються ходові трапи й площадки для ремонту. Привід конвеєра виконується за традиційною схемою: привідна секція – головна й натяжна секції – нижня секція. Підвіска виконується як і підвіска черпакової рами.

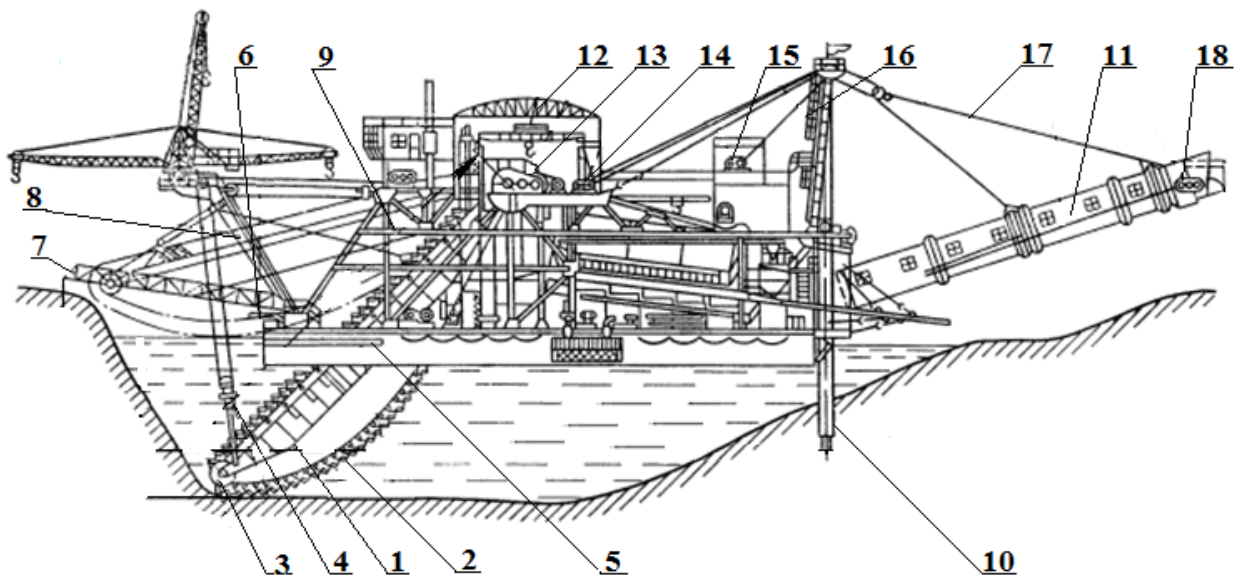


Рис. 6.11. Конструктивна схема багаточерпакової драги: 1 – черпакова рама; 2 – черпаковий ланцюг; 3 – нижній черпаковий барабан; 4 – підвіс черпакової рами; 5 – понтон; 6 – носовий гідромонітор; 7 – береговий місток; 8 – передня щогла; 9 – суперструктура; 10 – паля; 11 – відвалоутворювач (стакер); 12 – мостовий кран; 13 – головний привід черпакового ланцюга); 14 – лебідка; 15 – лебідка підняття стакера; 16 – задня щогла; 17 – підвіс стакера; 18 – привід конвеєра стакера

Усі основні механізми, що встановлюються на драги, як несучу базу використовують понтон і металоконструкцію верхньої будови (суперструктуру).

Металоконструкція верхньої будови забезпечує необхідну жорсткість і міцність усієї споруди і являє собою просторову ферму багатофункціонального призначення. На ній розташовують більшу частину технологічного обладнання, кранове й інше вантажопідіймальне обладнання, обшивку й ін. Металоконструкція виконана з просторових розкісних ферм, для яких використовується стандартний прокатний профіль. До металоконструкції відносяться також передня й задня щогли для підвішування робочого і відвального обладнання.

Понтон є плоскодонним судном зварної конструкції з водонепроникними переборками і призначений для утримання драги на плаву. Для виготовлення понтонів використовується сталь, яка застосовується в будівництві суден.

Міцна водонепроникна конструкція і достатня водотоннажність понтона забезпечують довголітню експлуатацію драг у найбільш важких умовах гірничих робіт.

Як механізми пересування на драгах використовуються канатні й пальово-канатні пристрої. Спосіб переміщення драг в акваторіях аналогічний способам переміщення земснарядів. На драгах з пальово-канатним переміщенням при одній спущеній палі і дії носових лебідок при підтягуванні до одного або другого берега відбувається поворот драги й відпрацювання підводного або надводного вибою. Як канати використовуються металеві троси діаметром до 50 мм і більше. Кріплення тросів на берегах або в акваторії здійснюється якорями.

На драгах застосовують також системи водо- і теплозабезпечення. Вода використовується переважно для технологічного процесу й теплопостачання. Зазвичай вода для цих цілей береться із забортного простору. Щодо технологічного водопостачання, то застосовують відцентрові насоси, а іноді й ґрунтонасоси. У ряді випадків на драгах ґрунтонасоси використовуються для гідротранспортування пульпи.

Теплопостачання на драгах використовується для утворення нормальних умов виконання технологічного процесу, комфортності обслуговуючого персоналу, обігріву робочого обладнання, відтавання льоду та ін.

Для забезпечення нормальної роботи драги у вибої необхідно визначити потужність головного приводу.

6.7. Розрахунок продуктивності багаточерпакових драг

Продуктивність багаточерпакової драги залежить від об'ємів черпаків, конструкції маневрового пристрою, властивостей порід, гірничо-геологічних і кліматичних умов, організації робіт, стану підготованості розсипів до розробки [8 – 19]. Технічна годинна продуктивність багаточерпакової драги визначається за формулою

$$Q_d = \frac{60E_q n_{cn} k_n}{k_p}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де E_q – об'єм черпака, м^3 ;

$n_{cn} = 20 - 35$ – кількість спорожнень черпаків за хвилину;

k_n – коефіцієнт наповнення черпаків;

k_p – коефіцієнт розпушення гірської породи.

Добова продуктивність драг визначається так:

$$Q_{д.д} = 24k_{\partial.ч} Q_d, \text{ м}^3/\text{добу},$$

де $k_{\partial.ч}$ – коефіцієнт використання драги у часі.

Тоді сезонна (річна) продуктивність драг

$$Q_{д.с} = Q_{д.д} T_{сез}, \text{ м}^3/\text{сезон},$$

де $T_{сез}$ – тривалість дражного сезону, діб.

Висновки

Гідромеханізація – спосіб механізації земляних і гірничих робіт, при якому всі або основна частина технологічних процесів здійснюється під дією енергії рухомого потоку води. До числа основних технологічних процесів гідромеханізації відносяться: розробка порід, гідротранспортування за рахунок використання природних уклонів або штучно створюваного тиску, укладка порід до відвалів та інших споруд.

У гідромеханізації використовується обладнання різних конструкцій і призначення: гідромонітори, землесосні снаряди й драги. У деяких технологічних процесах гідромеханізація застосовується в поєднанні з іншими засобами механізації, наприклад, гідротранспортування порід від екскаваторів до збагачувальних фабрик або хвостів до шламовідстійників.

Обладнання гідромеханізації відрізняється простотою, високою технологічністю виготовлення та ремонтпридатністю.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну класифікацію землесосних снарядів.
2. Назвіть основні складові елементи гідромоніторів.
3. Назвіть основні складові елементи землесосних снарядів.
4. Наведіть призначення драг.
5. Назвіть основні складові елементи драг.
6. Опишіть принцип дії та призначення землесосних снарядів.

7. КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ГЛИБОКОВОДНИХ РОДОВИЩ

Метою розділу є вивчення конструкції, принципу дії пристроїв для видобутку твердих корисних копалин із глибоководних родовищ Світового океану.

У результаті вивчення матеріалу розділу студент повинний знати конструкцію, принцип дії, переваги і недоліки гідравлічної, канатно-черпакової і автономної модульної видобувних систем; основні конструктивні схеми агрегатів збирання конкрецій.

На підставі отриманих знань студент повинен уміти виконувати вибір типу видобувного комплексу й агрегату збирання для глибоководного видобутку ЗМК, основного і допоміжного обладнання.

7.1. Комплекси для глибоководного видобутку залізомарганцевих конкрецій

У результаті більш ніж 50-літньої діяльності з вивчення можливостей освоєння мінеральних ресурсів Світового океану найбільш розвіданими є глибоководні родовища залізомарганцевих конкрецій (ЗМК). Наприкінці 70-х років були створені і випробувані перші зразки технологічного видобувного обладнання різних масштабів, що довело технічну здійсненість глибоководного видобутку конкрецій [8, 11, 20].

На сьогодні існує три основних схеми глибоководного видобувного обладнання: гідравлічна система з ерліфтним чи насосним підняттям і різними (самохідний або той, що буксирується) варіантами агрегата збирання; канатно-черпакова система; автономна система видобутку. Нині міжнародні консорціуми, що орієнтуються на промисловий видобуток конкрецій, в основу своїх проектів заклали концепцію гідравлічної системи, однак у рамках національної програми Японії також проводяться дослідження з розробки канатно-черпакової видобувної системи, а національна програма Франції передбачає продовження досліджень з розробки автономної концепції видобутку. Глибоководні видобувні комплекси є складовою частиною гірничого підприємства, що здійснює безпосередньо видобувні роботи і металургійну переробку добутої сировини з метою одержання заліза, марганцю, нікелю, кобальту, міді й інших супутніх металів. Загальна схема гірничого підприємства зображена на рис. 7.1.

7.1.1. Гідравлічна система. За оцінками фахівців найбільш перспективною для глибоководного видобутку конкрецій є гідравлічна система з ерліфтним чи насосним підняттям. На рис. 7.2 зображена схема гідравлічної насосної видобувної системи. Складається вона з базового судна 1, що укомплектоване обладнанням для спускання-підняття робочої колони 2. Підняття конкрецій у вигляді пульпи здійснюється за допомогою заглибних

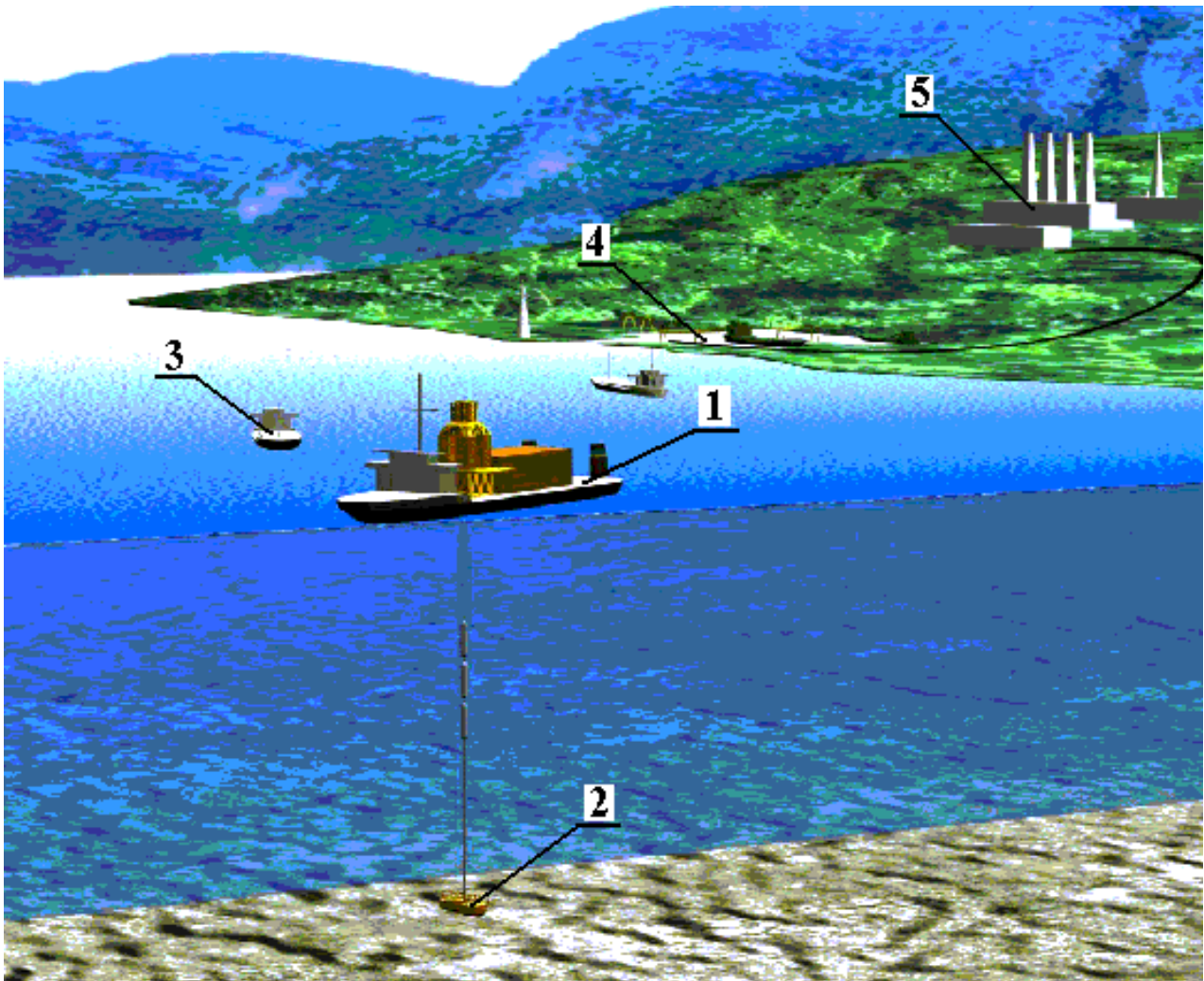


Рис. 7.1. Загальний вигляд гірничого підприємства з видобутку і переробки ЗМК: 1 – судновидобувний комплекс; 2 – агрегат збирання конкрецій; 3 – транспортне судно; 4 – портовий комплекс; 5 – комплекс металургійної переробки

насосів 3 з бункера 4. Збирання конкрецій зі дна і первинна підготовка їх до транспортування виконується агрегатом збирання 5. По гнучкому трубопроводу 6 конкреції транспортуються в бункер 4. Енергія до агрегатів подається по підводних кабелях 7, злив відпрацьованої води здійснюється через зливальний патрубок 8 [8, 11, 20].

7.1.2. Канатно-черпакова система. Найбільш традиційним рішенням проблеми видобутку твердих корисних копалин із глибоководних родовищ є застосування канатно-черпакових систем, що драгують. Японський офіцер Іото Масуда розробив схему такої багаточерпакової системи CLB з нескінченним кільцевим тяговим канатом (рис. 7.3, а) [8, 11, 20]. Видобувна драга складається із судна 1, петлі поліпропіленового каната 2, до якого кріпляться на канатах малої довжини ковші 3 через 25 – 50 м, підйимального пристосування на судні (лебідки) 4, що дозволяє рухати кабель таким чином, щоб ковші опускалися на дно океану з однієї сторони петлі, проходили по дну океану на нижній частині

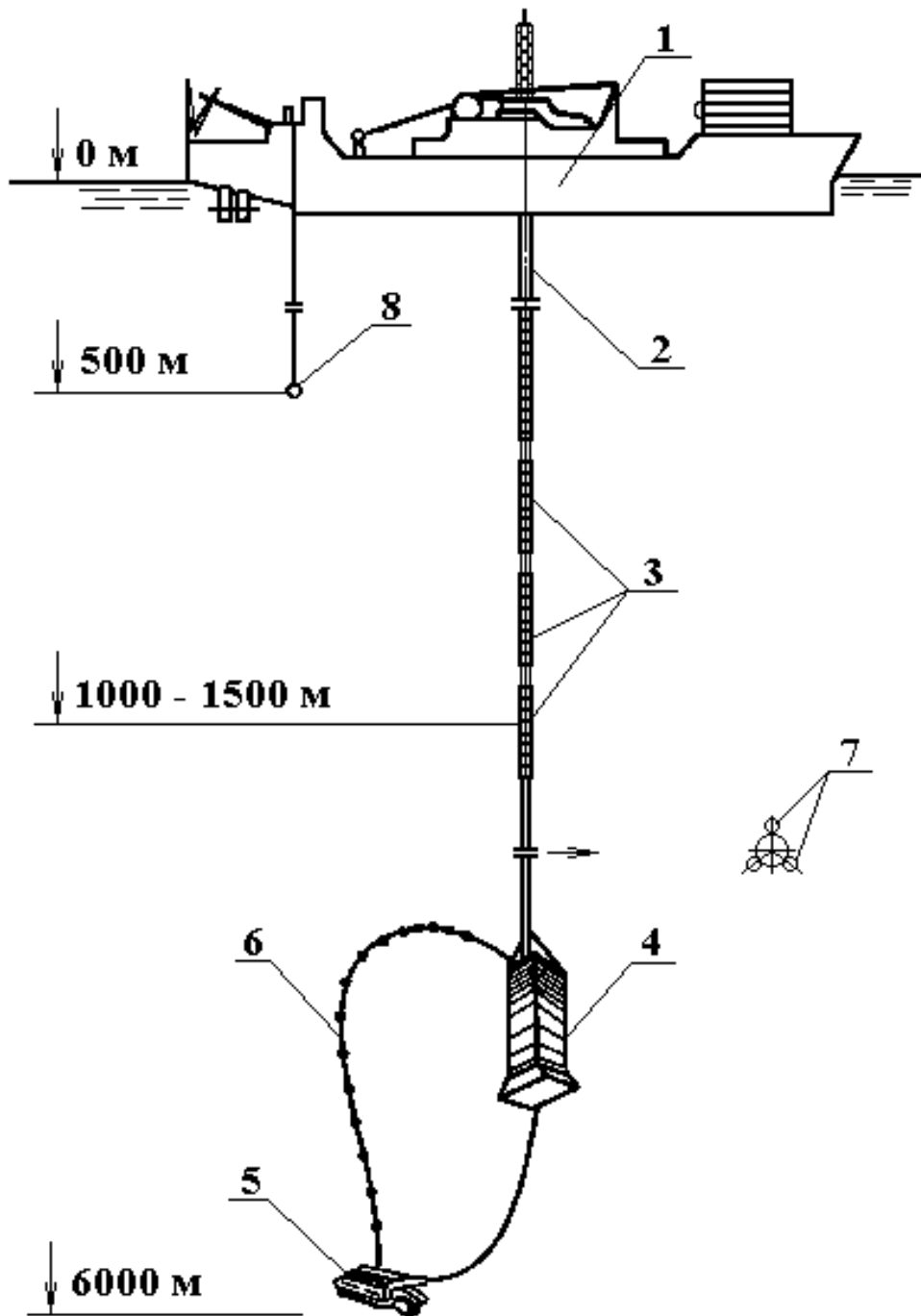


Рис. 7.2. Конструктивна схема автоматизованого комплексу для глибоководного видобутку конкрецій

петлі для збирання конкрецій і поверталися на поверхню з третьої сторони петлі. У процесі роботи системи лебідки безупинно переміщують канат, робоча петля якого пересувається по ґрунту. У той самий час судно рухається в бічному напрямку за допомогою маневрових двигунів. Порода з ковшів, піднятих на палубу, надходить у приймальний бункер. Така система була випробувана в серії експериментів, спочатку на глибині 1500 м у 1968 р., потім на 3600 м у 1970 р. і наприкінці 1972 р. на глибині 4700 м.

Принциповим недоліком установок з нескінченним канатом є неможливість контролювати процес видобутку і керування ним, а також складність проведення робіт при значному хвилюванні, тому, у міру накопичення досвіду підводних робіт і розширення їхніх обсягів подібні системи будуть замінені на більш надійні.

7.1.3. Автономна модульна система. Автономна система видобутку корисних копалин (рис. 7.3,б) запропонована французькими розробниками та є одним із варіантів глибоководного видобувного комплексу; можливості його розробки і використання для видобутку твердих корисних копалин зі дна морів і океанів вивчаються й аналізуються в даний час [8, 11, 20].

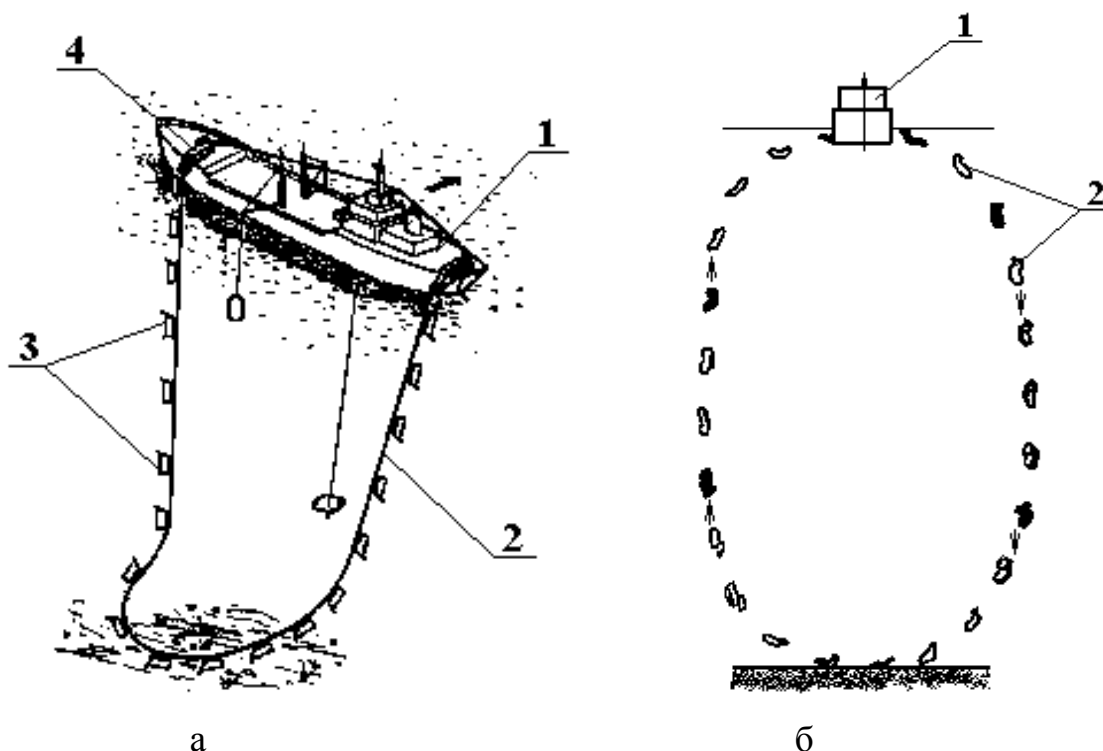


Рис. 7.3. Конструктивні схеми канатно-черпакової (а) та автономно-модульної (б) систем видобутку ЗМК

Автономна видобувна система (рис. 7.3, б) складається, як правило, з надводного забезпечувального плавзасобу 1 і видобувних агрегатів 2, що являють собою самохідні підводні апарати, призначені для роботи на великих глибинах і здійснювання човникових рейсів: опускання під воду, проведення видобувних робіт до повного завантаження бункерів, підняття до надводного плавзасобу, стикування і вивантаження руди. При такому способі видобувний агрегат автономної системи видобутку сполучає в собі функції збирання і підняття корисної копалини.

7.1.4. Порівняльна характеристика глибоководних видобувних комплексів. З метою більш детального ознайомлення з усіма описаними видобувними системами зробимо аналіз їхніх переваг і недоліків (табл. 7.1) [8, 11, 20].

Порівняльна характеристика глибоководних видобувних комплексів

Тип комплексу	Переваги	Недоліки
1	2	3
1.Канатно-черпакова система	<p>Простота конструкції.</p> <p>Мінімальні капіталовкладення на створення.</p> <p>Низька собівартість видобувних робіт.</p> <p>Незалежність процесу підняття сировини від хвилювання на поверхні океану.</p> <p>Простота ремонтних робіт при пошкодженні троса чи при заміні черпаків</p>	<p>Значні втрати руди (до 60 %).</p> <p>Можливість заплутування канатів.</p> <p>Забруднення океанської води в процесі підняття ЗМК за рахунок беззупинного відмивання їх від донних відкладень.</p> <p>Складність виготовлення необхідного каната одночасно міцного, легкого і стійкого до агресивного середовища.</p> <p>Низька якість відпрацьовування родовищ і незаповнення ковшів, отже, малий ККД.</p> <p>Складність контролю і керування процесом видобутку.</p> <p>Велика ймовірність зачеплення ковшів за перешкоду на дні</p>
2.Гідравлічна ерліфтна система	<p>Конструктивна надійність і простота через відсутність механічних частин, що рухаються на глибині.</p> <p>Простота обслуговування і ремонту основного устаткування, розміщеного на судні</p>	<p>Найбільша енергоємність (у порівнянні з пунктами 1 і 3).</p> <p>Низький ККД через малий ККД компресорів.</p> <p>Обмежена глибина розташування змішувальної камери ерліфтного гідропідйому</p>

1	2	3
Гідравлічна система з використанням занурених насосів	<p>Менша енергоємність (у порівнянні з ерліфтною системою).</p> <p>Більш високий ККД (у порівнянні з ерліфтною системою)</p>	Складність обслуговування і ремонту пристроїв, розташованих на глибині
3. Автономна модульна система	<p>Забезпечення практично будь-якої продуктивності за рахунок відповідної кількості апаратів.</p> <p>Сталість продуктивності при аварії одного з човників.</p> <p>Зручність обслуговування і ремонту кожного з апаратів.</p> <p>Незалежність працездатності комплексу від метеоумов.</p> <p>Використання нетоксичних відходів переробки ЗМК як баласту для опускання апаратів</p>	<p>Складність конструкції апаратів.</p> <p>Висока вартість систем керування та контролю.</p> <p>Можливість утрати човників при аваріях</p>

7.2. Агрегати збирання конкрецій

Промислово розвинені країни, починаючи з 60-х років, ведуть інтенсивні роботи з підготовки та освоєння родовищ корисних копалин Світового океану. Проблеми, що при цьому виникають, вимагають створення спеціальних технічних засобів, здатних працювати при значних гідростатичних тисках у складних рельєфних умовах дна. Великі труднощі виникають при створенні глибоководного агрегата збирання (АЗ) твердих корисних копалин. У більшості випадків агрегат збирання має включати обладнання, що забезпечує виконання таких технологічних операцій: видобування твердої корисної копалини зі дна океану; відділення від мулу; сортування і подачу корисної копалини необхідного розміру в систему підняття. Можливо також включення в технологічний ланцюжок подрібнювального обладнання.

Різноманітні конструкції агрегатів збирання можуть бути систематизовані за способом руху і за методом збирання мінеральної сировини. Класифікаційно агрегати збирання можна поділити за способом руху (взаємодії з донним ґрунтом) на: зважені (пелагічні); донні; комбіновані, що мають ознаки перших і других.

Зважені АЗ поділяються за принципами створення горизонтальної тяги і зважування. Горизонтальна тяга може створюватися гвинтами, водометними і

спеціальними типами рушіїв. В АЗ реалізовані принципи статичного і динамічного зважування та їх сполучення. Статичне зважування створюється за рахунок позитивної плавучості міцних корпусів, легких рідин у легкому корпусі, легких полімерів, що витримують високий тиск. Динамічне зважування створюється гвинтами, водяними подушками під агрегатом збирання чи за рахунок екранного ефекту, що виникає при русі агрегата поблизу дна.

Агрегати збирання, що спираються на дно, можуть мати регульовану чи нерегульовану негативну плавучість. Частково розвантаження ходової частини (регулювання) забезпечується статичним або динамічним зважуванням, а також їхнім з'єднанням. АЗ можуть буксируватися або мати свій привід горизонтального переміщення. Конструктивні схеми спирання АЗ на дно такі: лижі; колісні шасі; комбіновані. Класифікація АЗ за способом руху та їх порівняльний аналіз наведено в табл. 7.2 [8, 11, 20].

Таблиця 7.2

Класифікація агрегатів збирання за способом руху

Зважені						Що спираються на дно					
Зі статичним зважуванням			З динамічним зважуванням			З регульованою негативною плавучістю			З нерегульованою негативною плавучістю		
Міцний корпус	Легка рідина	Полімери	Повітряна подушка	Гвинти	Ефективний екран	Що буксируються					
						Колісні			На лижах		
						Самохідні					
Що буксируються						Колісні	Гусеничні	Шнекові	Крокуючі	Комбіновані	Спеціальні
Самохідні											
Гвинтові	Водометні	Спеціальні	Гайдропні								

Головні елементи будь-якого агрегата збирання – забірно-завантажувальний пристрій (ЗЗУ) і рушій. Варіанти класифікації забірно-завантажувальних пристроїв за способом дії і показники зіставлення їхніх робочих характеристик наведені в табл. 7.3 [8, 11, 20]. Рушії для агрегатів збирання об'єднані в такі групи: колісні, гусеничні, шнекові, крокуючі, спеціальні і комбіновані. Агрегати збирання працюють на слабонесучих ґрунтах, тому головна функція рушіїв – забезпечення переміщення – має виконуватися в широкому діапазоні умов взаємодії рушіїв з поверхнею.

Це визначається різноманітністю рельєфу, характеристиками донних опадів, а також перерозподілом нормальних і тангенціальних навантажень на елементах рушія під дією реактивних моментів, які виникають при роботі. Крім того, рушій повинний передавати нормальні і поперечні навантаження від корпусу на ґрунт, демпфувати динамічні впливи і задавати траєкторію руху.

Таблиця 7.3

Класифікація забірно-завантажувальних пристроїв за способом дії

Із суміщеним породовідділенням та первинним транспортуванням				Розпушувачі		З розділеним породовідділенням та первинним транспортуванням											
Роторні		Конвеєрні		Гидравлічні	Механічні	Вид породозабірної органи			Подача до бункера								
Породозабірні органи						Що розмивають	Дифузійні	Роторні	Що копають	Без приводу		З приводом		Гідровсмоктування	Самопливом	Шнек	Конвеєр
Ковші	Ножі	Гребінки	Скребки	Ножі	Вили					Роторні	Що копають	Скребкові					
				Гідравлічні													

У зв'язку з обмеженістю енергопостачання та простору для розміщення технологічного обладнання і необхідністю використання обладнання з максимальною ефективністю кращим є варіант об'єднання виконання більшої кількості технологічних операцій в одному механізмі. Такої концепції значною мірою задовольняє вібраційний принцип видобутку твердих корисних копалин, що реалізується на вібраційному похилому лотку, частково зануреному в поверхню дна океану. При спрямованій вібрації і переміщенні лотка по дну під дією вібраційних і контактних сил тверді корисні копалини відокремлюються від дна океану, витягаються з донного мулу і вібротранспортуються нагору по вібраційному лотку до системи підняття.

В Інституті гео-технічної механіки (ІГТМ НАН України) розроблений ряд структурних і компоновочних схем розміщення віброобладнання на робочому органі, що відрізняються: шириною захоплення оброблювальної смуги збирання; різним ступенем динамічного врівноважування коливних мас, можливістю подолання перешкод, функціональним призначенням вібромашин [8, 11, 20].

Створено макет вібраційного робочого органа (рис. 7.4), дослідження якого були проведені в 1987 – 1988 рр. на Нижньо-Чурбашському

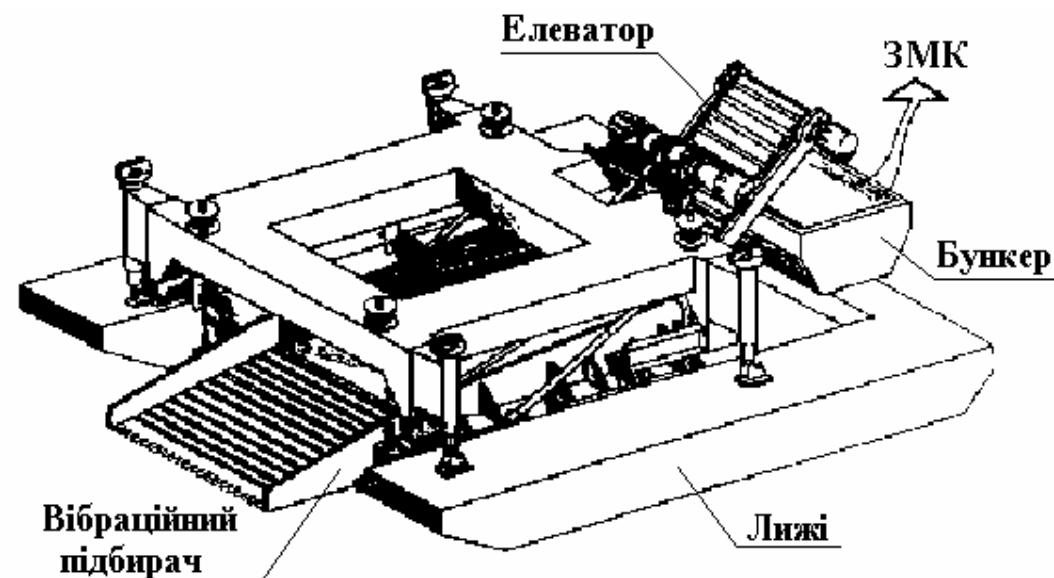


Рис. 7.4. Макет вібраційного виконавчого органа для видобутку розсипних корисних копалин з морського дна

шламовідстійнику Камиш-Бурунського залізрудного комбінату в м. Керчі [8, 11, 20].

У результаті встановлено, що вібраційний робочий орган забезпечує: ефективне збирання твердих корисних копалин при русі агрегата видобутку зі швидкістю до 0,1 м/с; обробку шару донного мулу товщиною до 0,35 м з регулюванням товщини оброблюваного шару; повне відділення корисної копалини від мулу; вібротранспортування частинок корисної копалини при унікальній здатності не транспортувати відмиті частинки донного мулу; об'єднання в часі і просторі процесів збирання, відділення від мулу, поділ за крупністю і транспортування; питому продуктивність збирання на одиницю довжини фронту робочого органа до 50,0 т/год м, при цьому вилучається до 95 % корисних копалин.

На базі отриманих результатів створений експериментальний вібраційний робочий орган видобутку твердих корисних копалин зі дна океану (рис. 7.5).

Досліджено робочий орган при моделюванні процесу збирання імітаторів розсипних корисних копалин. Підтверджено працездатність конструкції, високу ефективність виконання технологічної операції зі збирання імітаторів залізомарганцевих конкрецій. Визначено напрямки удосконалення вузлів, механізмів і систем робочого органа.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що агрегат збирання з вібраційним робочим органом має істотні технічні й екологічні переваги, знаходиться на рівні світових досягнень у цій області і може розглядатися як основа перспективного напрямку створення технічних засобів глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану.

У НДП «Океанмаш» запропонована конструкція агрегата збирання (рис. 7.6), технологія видобутку корисних копалин, що передбачає подачу

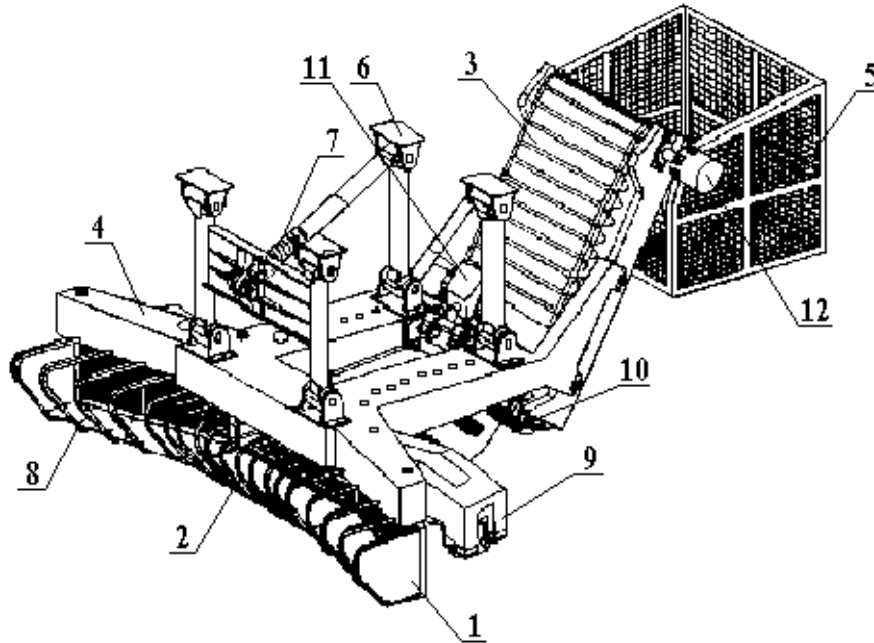


Рис. 7.5. Конструктивна схема експериментального вібраційного робочого органа видобутку розсипних корисних копалин зі дна океану:

- 1 – віброрешітка; 2 – вібрелоток; 3 – елеватор; 4 – рама; 5 – приймальний бункер; 6 – шарнірні стояки; 7 – гідроциліндр; 8 – забірник; 9, 11 – електрогідравлічні віброприводи; 10 – пружні зв'язки; 12 – гідродвигун

конкрецій у дробарку, де вони подрібнюються до фракції, оптимальної для гідротранспортування, всмоктуються в трубопровід і транспортуються на базове судно.

Видалення глинистих фракцій з розробленої маси здійснюють шляхом промивання конкрецій за допомогою роторного робочого органа з ковшами і форсунками. Ковші 1, встановлені в роторі 2, мають сітчасте або кольчужне днище 3, а форсунки 4 з'єднані з напірною магістраллю 5. У валкову дробарку 6 і бункер трубопроводу 7 попадають конкреції, відмиті потоком води з форсунок [8, 11, 20].

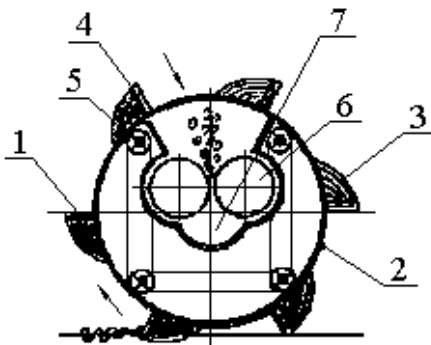


Рис. 7.6. Конструктивна схема агрегата збирання конкрецій конструкторії НДПІ «Океанмаш»

Значний обсяг науково-дослідних робіт виконано фірмою «Rauma-Repola». Досліджувалися три механічні системи збирання з додатковими гідравлічними пристроями: похилий скреперний конвеєр з додатковим гідравлічним ґрунтозабором для вилучення конкрецій; вертикальний голчастий конвеєр для збирання і транспортування ЗМК і контрротаційне колесо для їхнього вилучення; скреперне ротаційне колесо для відриву, збирання і часткового транспортування.

Висновки

На сьогодні існує три основних схеми обладнання для глибоководного видобутку ЗМК: гідравлічна з ерліфтним або насосним підняттям сировини; канатно-черпакова; автономна. Вважається, що найбільш прийнятним варіантом для промислового видобутку конкрецій є гідравлічна система.

Контрольні питання

1. Назвіть основні елементи гідравлічної видобувної системи з насосним підняттям сировини.
2. Назвіть основні елементи гідравлічної видобувної системи з ерліфтним підняттям сировини.
3. Опишіть принцип дії гідравлічної видобувної системи.
4. Назвіть основні елементи й опишіть принцип дії канатно-черпакової видобувної системи.
5. Назвіть основні елементи й опишіть принцип дії автономної видобувної системи.
6. Що являє собою агрегат збирання конкрецій?

8. СВЕРДЛОВИНИЙ ГІДРОВИДОБУТОК КОРИСНИХ КОПАЛИН

Метою розділу є вивчення принципу і технології свердловинного гідровидобутку корисних копалин.

У результаті вивчення матеріалу розділу студент повинний знати принцип свердловинного гідровидобутку корисних копалин, склад обладнання, необхідного при видобутку корисної копалини, що залягає на суші і під водою, свердловинним методом.

На підставі отриманих знань студент повинний уміти вибирати обладнання для розробки сухопутних і підводних родовищ корисних копалин свердловинним методом.

Спосіб свердловинного гідровидобутку корисних копалин оснований на перетворенні розроблювальної гірничої маси в гідросуміш на місці залягання шляхом гідромеханічного впливу і транспортування її у вигляді гідросуміші на поверхню по трубах [8, 13] (рис.8.1). Цей спосіб дозволяє розробляти глибокі і

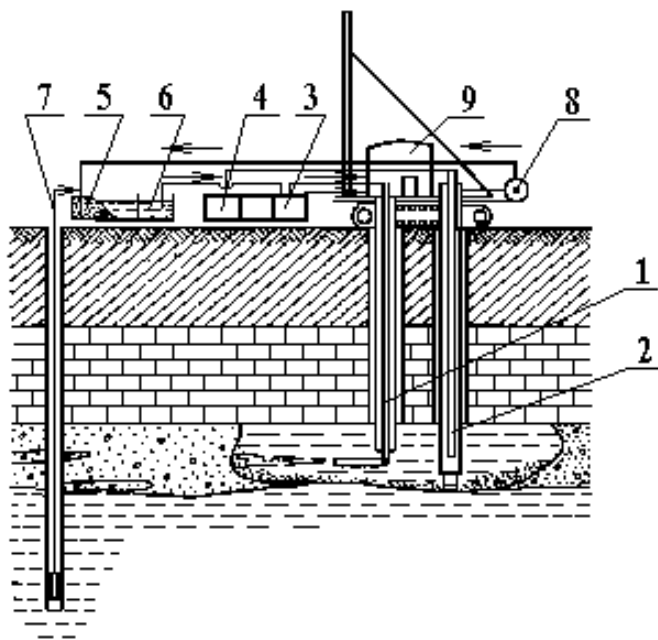


Рис. 8.1. Конструктивна схема установки для свердловинного видобутку корисних копалин: 1 – гідромонітор; 2 – ерліфт; 3 – насосна станція; 4 – компресорна станція; 5 – бункер; 6 – ємність для освітлення води; 7 – водозабірна свердловина; 8 – ґрунтовий насос; 9 – підйомно-транспортний агрегат

тиском і рекультивацію поверхні. Розкриття родовища здійснюється вертикальними або похилими свердловинами при міцних і стійких породах

дуже обводнені родовища з обмеженими запасами, експлуатація яких відкритим або підземним способом економічно недоцільна або практично утруднена.

Технологія свердловинного гідровидобутку (рис.8.1) передбачає розкриття покладу буровленням видобувних свердловин до порід, що підстилають, виконання підготовчих робіт, у результаті яких стає можливою подача агентів (води, стиснутого повітря й ін.) і електроенергії на видобувний полігон, руйнування покладу з утворенням гідросуміші та її доставлення до засобів гідропідйому, підняття на поверхню, гідротранспортування на збагачувальну фабрику або гідровідвал, керування гірським

покрівлі і при невеликій глибині. При глибокому заляганні в умовах діючого рудника розкривною виробкою служить шахта. В умовах водяної поверхні і при нестійких породах покрівлі розкриття і видобуток здійснюють за допомогою плавучих установок (рис.8.2) [8, 13].

З моменту появи перших пропозицій щодо свердловинного гідровидобутку корисних копалин (40 – ві роки) і до нашого часу проведені великомасштабні випробування на базі цього методу в багатьох країнах з урахуванням різних гірничо-геологічних умов.

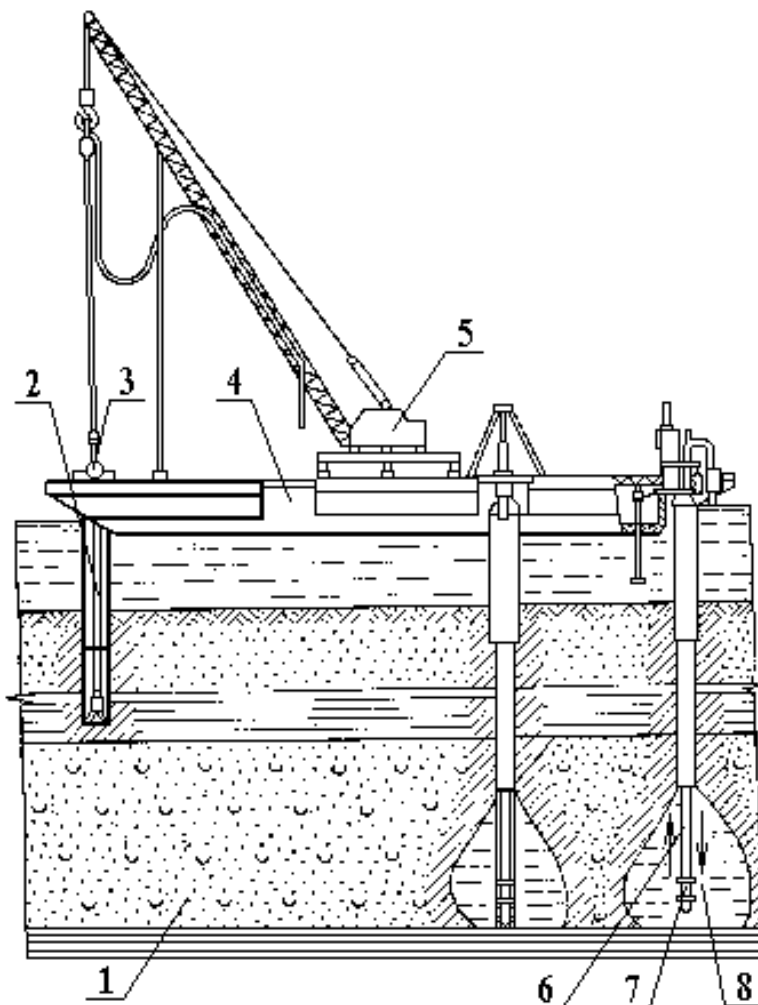


Рис. 8.2. Схема свердловинного видобутку руди з використанням плавучої установки: 1 – рудний шар; 2 – свердловина; 3 – буровий верстат; 4 – баржа; 5 – кран; 6 – гідромонітор; 7 – ерліфт; 8 – видобувна камера

Одним із яскравих прикладів успішного застосування свердловинної технології є видобуток сірки в Мексиканській затоці [8, 13]. Розроблювальне родовище “Гранд Ісл” (рис. 8.3) відноситься до соляних куполів у крейдових і третинних відкладеннях. Над рудним тілом знаходиться шар води висотою до 15,5 м і водопроникні порожні породи потужністю близько 30 м. Потужність

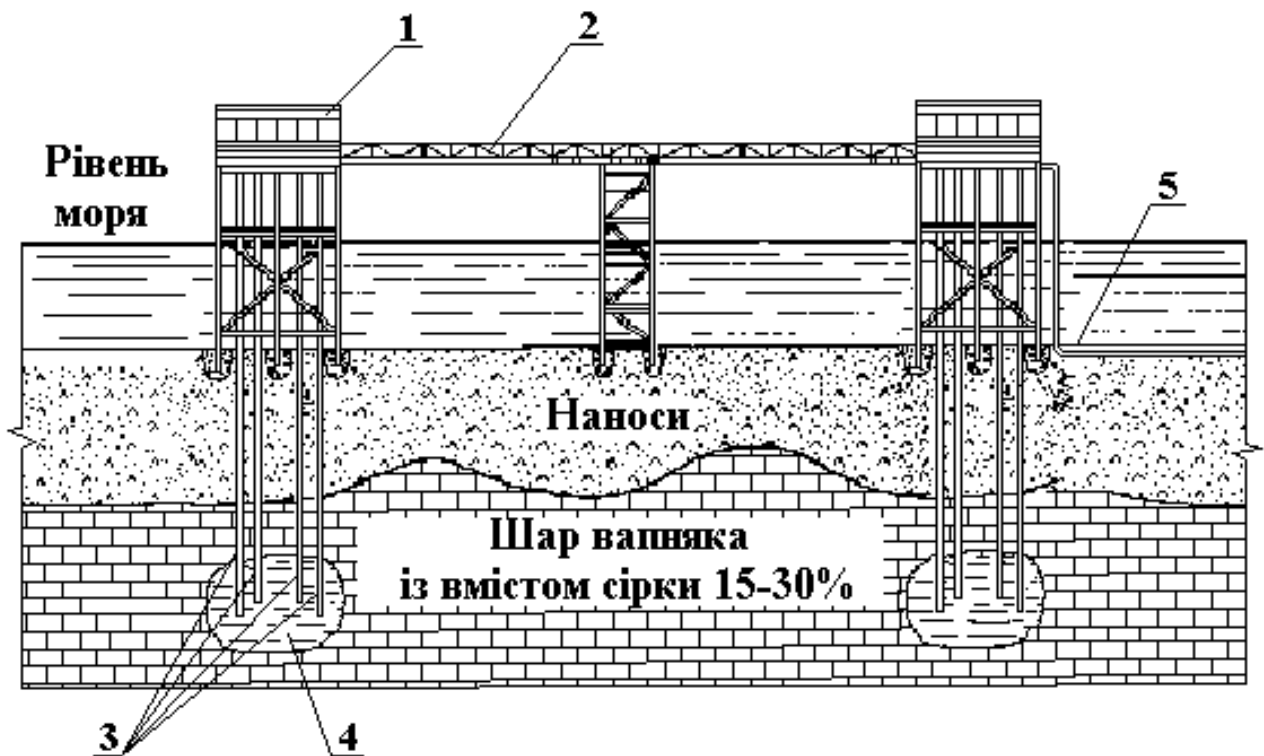


Рис. 8.3. Схема свердловинного видобутку сірки в Мексиканській затоці

рудного покладу коливається від 510 до 750 м, але найбільш багатий сіркою шар, що складає в середньому 15 – 30 %, має потужність 66 – 140 м. Родовище розкриті окремими свердловинами, пробуреними зі спеціальних платформ 1, з'єднаних містками 2, відпрацьовується за методом Фраша. По свердловинах 3 нагнітається гаряча вода з температурою 163 °С, що виплавляє сірку з вапняку з утворенням видобувної камери 4. Сірка стікає до устя свердловини і за допомогою ерліфтів видається для первинної обробки. Основна переробка здійснюється на березі, куди розплав сірки подається по спеціальному підводному трубопроводу 5, прокладеному в траншеї глибиною 1,5 м на дні моря.

Спеціальні платформи розташовуються на відстані 61 м одна від іншої і утворюють 10 000-тонний металевий острів довжиною до 1,5 км, що спирається на палі і підіймається над поверхнею моря на 18 м. На цих платформах змонтовані три бурові установки, електростанція, резервуари для збирання сірки, службові і житлові приміщення, майстерні, майданчики для вертольотів. Така конструкція платформ забезпечує роботу рудника поза залежністю від стану моря. Мінімальна продуктивність установки – 4080 т за добу. Обсяг видобутку досягає 7 млн т за рік. На руднику працюють біля 250 робітників.

Висновки

Спосіб свердловинного гідровидобутку корисних копалин оснований на перетворенні гірської маси в гідросуміш і транспортуванні її на поверхню, що дозволяє розробляти глибокі і сильнообводнені родовища з обмеженими запасами, експлуатація яких відкритим або підземним способом економічно недоцільна або практично ускладнена.

Контрольні питання

1. Назвіть основні складові установки для свердловинного видобутку корисних копалин на суші.
2. Назвіть основні складові установки для свердловинного видобутку корисних копалин в умовах водяної поверхні.
3. Опишіть принцип дії установки для свердловинного видобутку корисних копалин.
4. З якою метою при свердловинному видобутку застосовується гідромонітор?
5. Що являє собою видобувна камера?
6. У якому вигляді корисну копалину транспортують на поверхню?

ВИСНОВОК

Матеріал, викладений у навчальному посібнику “Гірничі машини для відкритих гірничих робіт” дозволяє студентам набути теоретичних знань і практичних навичок (при виконанні лабораторних робіт) за такими основними напрямками: конструкції бурових верстатів, одно- і багатоківшевих екскаваторів, виймально-транспортувальних машин, гідромоніторів, землесосних снарядів і драг; конструкції, принцип дії, сфера застосування різних типів робочого обладнання гірничих машин; конструкції і технології використання видобувних комплексів для глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану і свердловинного гідровидобутку корисних копалин; виконання розрахунку технологічних параметрів гірничовидобувних машин.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Бритарев В.А. Горные машины и комплексы / В.А. Бритарев, В.Ф. Замышляев. – М. : Недра, 1984. – 288 с.
2. Кантович Л.И. Горные машины / Л.И. Кантович, В.Н. Гетопанов. – М. : Недра, 1989. – 304 с.
3. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: учеб. для вузов. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2007. – 680 с.
4. Гетопанов В.Н. Горные и транспортные машины и комплексы: учеб. для вузов / В.Н. Гетопанов, Н.С. Гудилин, Л.И. Чугреев. – М.: Недра, 1991. – 304 с.
5. Блохин В.С. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов: учеб. пособие. Ч.1. / В.С. Блохин, В.И. Большаков, Н.Г. Малич. – Д. : ИМА–Пресс, 2006.– 404 с.
6. Горная техника 2006. Каталог–справочник. – С. Пб. : НП – Принт, 2006.
7. Дробильное оборудование нового поколения // Горная промышленность. – С. Пб., 2005. – №1.
8. Бондаренко А.О. Гірничі машини для підводних гірничих робіт: навч. посіб. / А.О. Бондаренко. – Д.: НГУ, 2003. – 90 с.
9. Бондаренко А.А. Совершенствование размывающих систем землесосных снарядов: монография / А.А. Бондаренко. – Д.: НГУ, 2012. – 105 с.
10. Добрецов В.Б. Освоение минеральных ресурсов шельфа / В.Б. Добрецов. – Л.: Недра, 1980. – 272 с.
11. Технология добычи полезных ископаемых со дна озер, морей и океанов / под ред. В.В. Ржевского, Г.А. Нурока. – М.: Недра, 1979. – 381 с.
12. Ялтанец И.М. Проектирование открытых гидромеханизированных и дражных разработок месторождений : учеб. пособие / И.М. Ялтанец. – М.: Недра, 1984. – 230 с.
13. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ : учеб. для вузов / Г.А. Нурок. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 471 с.
14. Ялтанец И.М. Проектирование гидромеханизации открытых горных работ: учеб. пособие / И.М. Ялтанец. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 1994. – 430 с.
15. Ялтанец И.М. Гидромеханизация открытых горных работ / И.М. Ялтанец, В.И. Кулигин. – М.: Изд-во МГГУ, 1996.
16. Ялтанец И.М. Гидромеханизация / И.М. Ялтанец, В.К. Егоров. – М. : МГГУ, 1999.
17. Ялтанец И.М. Проектирование открытых гидромеханизированных работ и дражных разработок месторождений / И.М. Ялтанец. – М. : Изд-во МГГУ, 2003.
18. Ялтанец, И.М. Справочник по гидромеханизации / И.М. Ялтанец, Н.И. Леванов; под ред. И. М. Ялтанца. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Мир горной книги : МГГУ Горная книга, 2008. – 673 с.

19. Бессонов Е.А. Технология и механизация гидромеханизированных работ: справ. пособие для инженеров и техников / Е.А. Бессонов. – М.: Центр, 1999. – 543 с.

20. Железамарганцевые конкреции Индийского океана / [Е.Ф. Шнюков и др.]. – К, 2001. – 329 с.

Навчальне видання

Бондаренко Андрій Олексійович

**ГІРНИЧІ МАШИНИ
ДЛЯ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ**

Навчальний посібник

Редактор Л.О. Чуїщева.

Підписано до друку 28.05.2017. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 6,8.
Обл.-вид. арк. 6,8. Тираж 100 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.

49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.