

крутного моменту, тобто потужності двигуна, під час початку роботи на низькій швидкості. Для компенсації цих втрат встановлюються більш потужні електродвигуни (35 кВт). Використання установок з інвертором не тільки збільшує витрати електроенергії при запуску та при роботі, але й збільшує витрати, пов'язані з обслуговуванням електронних пристроїв в умовах кар'єра.

Усі моделі канатних установок фірми Magini мають електронний пристрій для регулювання швидкості відходу установки назад залежно від споживання енергії, величина якого попередньо встановлюється таким чином, щоб установка та головний маховик могли зупинитися у разі поломки чи обриву каната. Допоміжні двигуни уможливають швидке переміщення установки по колії, поворот основного маховика на 360 градусів та бокове переміщення на 500 мм.

До алмазно-канатних установок високої потужності фірми Pellegrini належать установки типу TELEDIAM 80 super (рис. 48) TELEDIAM 120 super (рис. 49).



Рис. 48. Алмазно-канатна установка фірми Pellegrini модель TELEDIAM 80 super



Рис. 49. Алмазно-канатна установка фірми Pellegrini модель TELEDIAM 120 super

Модель TELEDIAM 80 super має потужність 55 кВт, двигун 8-полюсний, оснащений температурним детектором і відповідним захистом від перенагріву.

Блок "двигун-колесо" обертається на 360° і переміщується у сторону на 500 мм, що дозволяє здійснювати паралельні різні від 900 до 1900 мм без переміщення машини.

Привід машини – трифазний електродвигун з контролем частоти і системою зворотної подачі. Для підвищення ККД ведуче колесо діаметром 1020 мм встановлено безпосередньо на валу головного двигуна.

Варіант машини TDI застосовується для різання граніту, бетону і інших матеріалів. За бажанням оснащується інвектором лінійної швидкості алмазного каната в межах 0–40 м/с.

Модель TELEDIAM 120 super має потужність 89 кВт, двигун чотирициліндровий з повітряним охолодженням.

Привідне (ведуче) колесо діаметром 1002 мм обертається за від гідравлічного конвектора і системи редукторів, розташованих під кутом 90° до пари високоефективних приладів Gleason зі змінною швидкістю різання граніту 22–28 м/с.

Механізм має два регульовані напрямні колеса діаметром 38 см і може повертатися на 360° для різання під будь-яким кутом. Зміщення привідного колеса по двох рейках дає можливість здійснювати два паралельні різи на відстані від 1 до 2 м один від одного. Механізми приводяться в рух за допомогою електроприладів. Двигун використовується також як генератор струму потужністю 6,5 кВт, який живить усі електричні системи, призначені для забезпечення переміщення і автоматичного електронного регулювання натягу каната.

4.3. Технологія застосування алмазно-канатних установок

4.3.1. Попереднє буріння

При випилюванні монолітів алмазно-канатною машиною обов'язковою умовою є наявність не менше двох оголених поверхонь масиву, наприклад, однієї горизонтальної і однієї вертикальної. На кожній з поверхонь бурять свердловини, які обов'язково мають перетнутися і через них вводять алмазний канат. Потім його пропускають через привідний шків установки і з'єднують за допомогою обтискувальних елементів. Залежно від умов розробки ці свердловини бурять в горизонтальній, вертикальній або похилій площині. У тій площині, в якій пробурені свердловини, виконують різи.

До початку використання алмазно-канатних установок необхідно виконати підготовчі роботи, а саме, пробурити свердловини для введення алмазного каната. Ця операція називається бурінням зустрічних свердловин. Метою операції є буріння однієї або двох

свердловин залежно від умов використання алмазно-канатної установки.

При використанні алмазно-канатної установки в комплексі з баровими пилками, в умовах мармурових кар'єрів або інших подібних неабразивних гірських порід, де підготовчі роботи які до нарізання підшви, виконані за допомогою барової пилки. Досить виконати буріння однієї вертикальної або субвертикальної свердловини до зустрічі з площиною різку. Такі підготовчі роботи щодо буріння зустрічної свердловини особливих труднощів не викликають.

У кар'єрах з більш абразивними і твердими гірськими породами, або тоді, коли де не використовуються барові пилки, потрібно бурити дві зустрічні свердловини так, щоб вони сходилися в одній точці (рис. 50). В такому разі буріння може відбуватися в горизонтальній і вертикальній площині при розпилюванні у вертикальній площині або дві свердловини в горизонтальній площині при розпилюванні в горизонтальній площині.

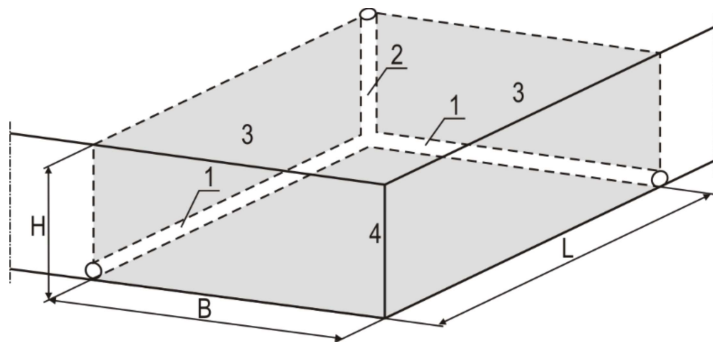


Рис. 50. Схема буріння зустрічних свердловин

L – довжина моноліту; *B* – ширина моноліту; *H* – висота моноліту;
1 – горизонтальна свердловина; *2* – вертикальна свердловина;
3 – вертикальна площина різання;
4 – горизонтальна площина різання

Пристрої, які найчастіше використовуються для попереднього буріння, є гідравлічні бурові верстати або верстати з занурювальними пневмоударниками (рис. 51), і в окремих випадках – прості ручні бурильні перфоратори.

Однією з основних проблем при використанні верстатів попереднього буріння є затискання коронки і диспергування води.

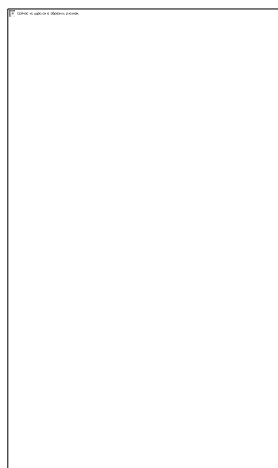


Рис. 51. Занурювальний пневмоударник Slim Driller фірми Pellegrini

Таблиця 16

Технічні характеристики занурювальних пневмоударників

Характеристика	Фірма-виробник, модель занурювальних пневмоударників			
	Pellegrini	Dazzini		Marini
	Slim Driller	HDM 024	HDM 025	Driller
Діаметр бурової коронки, мм	88	75–150	90, 150, 205	50
Діаметр бура, мм	76	55	80	–
Довжина бура (кожної штанги), м	1,8	1,25	1,25	1 або 1,5
Довжина ходу, м	1,6	–	–	–
Вага, кг	120	300	430	145
Витрати повітря, л/хв	5 000			7000–8000

Коронка може бути затиснена у зв'язку з: недостатньою подачею води до вибою; надмірно високим тиском у трубопроводах, що проходять в коронці; наявністю сторонніх предметів між стінкою свердловини і штангою; втратою руйнуючої здатності коронки (затупленість робочого інструменту). В останньому випадку існує ризик повного руйнування коронки, якщо робота не буде припинена негайно. Визначити факт затиснення коронки досить складно і нині не існує такого способу визначення. Факт затиснення може визначити досвідчений оператор, покладаючись на свою інтуїцію і тонкий слух, в мить, коли із вибою свердловини можна почути достатньо непримний шум.

При виявленні затиснення бурової коронки необхідно зупинити роботу і перевірити, якщо можливо, вибій свердловини на предмет відсутності уламків будь-якого типу. Якщо проблема викликана через недостатню подачу води, тоді необхідно збільшити її подачу. Якщо є металеві уламки або шматки бурової коронки, необхідно прикласти всі зусилля для вилучення цих частинок за допомогою металевого прута, який має форму ложки з одного кінця. Якщо є уламки породи, достатньо підвести до свердловини трубопровід, і подачею води видалити їх.

Якщо в свердловині відбувається диспергування води, через тонке подрібнення гірської породи, необхідно цементувати свердловину. Для цього бурові штанги витягують з свердловини і нагнітають в неї шлам з розпушеного цементу, або гіпсу з піском, для блокування яких-небудь подрібнених частинок породи. Через дві години після нагнітання шламу свердловину перевіряють на водонепроникність. Якщо свердловина буде зацементована, бурові роботи продовжують. У разі, коли цементування не дає позитивного результату, необхідно цю свердловину залишити і почати буріння нової.

На практиці буває, що дві свердловини не потрапляють одна в одну. Відхилення трапляються через неправильну установку верстата. Помилка в декілька градусів призводить до неспівпадіння свердловин. Серед причин, які спричиняють неточність в бурінні можна виділити наступні:

- неточна установка верстата бурової установки;
- неточне завдання напрямку свердловини;
- відхилення бурового інструменту в процесі буріння свердловини через затиснення бурового інструменту або інших чинників.

Тому нерідко доводиться виконувати корекцію попереднього буріння за допомогою теодолітів, лазерних коліматорів і т.п. Новим пристроєм для корекції попереднього буріння є *шукач отворів*.

За кордоном з метою визначення місцеположення двох свердловин застосовують спеціальний прилад MG 77 Hole-Seeker фірми Nicola Vianini&Co. Основні технічні характеристики приладу: дає можливість вимірювати максимальні відстані між свердловинами (а отже, незбіжність) в 120 см; незалежне джерело енергії зі змінними батареями; діаметр зонда – 35 мм (мінімальний діаметр свердловин 40 мм); діапазон робочих температур – від –10 до +40 °С.

За допомогою *шукача отворів* можна виконати наступні роботи:

- визначити, чи є факт неперетину двох свердловин наслідком недостатньої глибини буріння;
- визначити відхилення свердловин від теоретично заданого напрямку з вказівкою відхилення свердловини вправо або вліво;
- визначити мінімальну відстань між двома свердловинами, які "не зустрілися".

Особливістю *шукача отворів* є те, що він дає результат тільки після проведення буріння, тобто можливість коректувати фактично зроблені помилки.

4.3.2. Заведення алмазного троса

Після закінчення буріння переходять до операції заведення троса. Ця операція виконується в дві стадії: перша – закладання тонкого металевго троса в свердловини; друга – заведення алмазного троса шляхом протягування його в отвори пробурених свердловин за допомогою тонкого металевго троса.

Першу стадію виконують таким чином: у пробурену свердловину запускають "*мишку*" (шматок паралона який по діаметру приблизно рівний діаметру свердловини), до якої прив'язують капронову нитку і подають стиснене повітря до моменту виходу "*мишки*" з іншого кінця зустрічних свердловин. Потім до капронової нитки прикріплюють тонкий металевий трос, і протягують його через зустрічні свердловини.

На другій стадії до кінця троса прикріплюють алмазний канат і за допомогою металевго троса протягую канат через зустрічні свердловини.

Перед з'єднанням трос готують до початку різання, особливо при різанні твердих і абразивних порід. В процесі різання трос окрім лінійних переміщень уздовж вибою різання здійснює й обертальні – навколо своєї осі симетрії, тим самим забезпечуючи рівномірний знос алмазоносних втулок. Під час експлуатації троса, внаслідок

деформацій, втрачає свої пружні властивості, і його обертальні рухи слабшають, що сприяє появі одностороннього зносу алмазозносних втулок і передчасному їх виходу з ладу. Для запобігання одностороннього зносу, перед скріплюванням троса, йому частково відновлюють пружні властивості – шляхом "накручування" у напрямі звивання каната. Як правило, трос "накручують" від 0,5 до 1,5 іноді до 2,0 витків на погонний метр каната. Для виконання цієї операції рекомендується згорнути вузлом відрізані кінці каната (рис. 52).

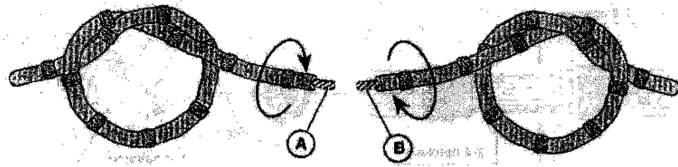


Рис. 52. Надання канату авторотації для майбутнього процесу різання

A і B – кінці троса підготовлені для з'єднання

Порядок з'єднання кінців троса в замкнутий контур описаний раніше.

4.3.3. Технологія застосування установок

Як наголошувалося вище, при використанні алмазно-канатних установок, видобування блочного каменя виконується за двостадійною схемою, при якій на першій стадії при підготовці до відокремлення моноліту великого об'єму за допомогою алмазно-канатних установок виконують первинний різ – створюючи тим самим додаткову штучну площину оголення.

Залежно від способу застосування алмазно-канатних установок виділяють наступні методи виконання первинного різ:

- вертикальні різ з нижнього уступу;
- вертикальні різ з верхнього уступу;
- вертикальні різ з тильного боку;
- горизонтальні різ.

Вертикальні різ з нижнього уступу це найбільш розповсюджений метод різання. Каменерізальна машина встановлюється на підшві уступу, який різеться (рис. 53). В цьому разі при використанні алмазно-канатної установки верхня частина уступу не обов'язково має рівну або плоску поверхню, найчастіше вертикальні різ роблять при відкритті кар'єру, коли нарізують перший уступ. При використанні такого методу

для троса створюються сприятливі форми різання без гострокутних перегинів. Даний метод може використовуватися не тільки для вертикальних пропилів, але і для похилих.

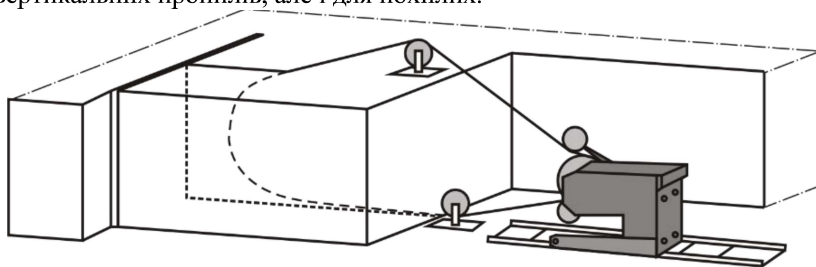


Рис. 53. Вертикальне різання з розміщенням канатної машини на нижньому уступі

Окремим випадком виконання вертикального різання є різання під кутом 90° . Так фірма Marini пропонує комплект устаткування для виконання вертикального різання під кутом 90° , до складу якого входять чотири маховики діаметром 400 мм, супорт, ланцюги, пристосуваннями натягу і фіксації. Схема різання під кутом 90° використовується для вирізання першого моноліту з масиву за стиснених умов (рис. 54) та наступного за ним (рис. 55).

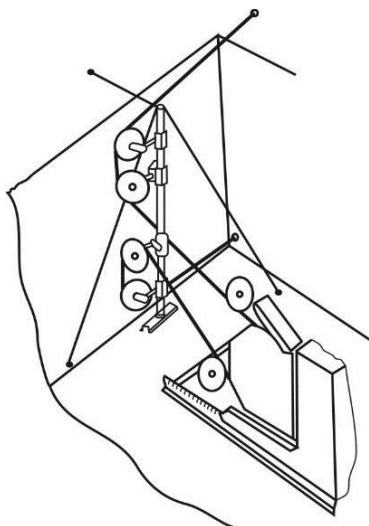


Рис. 54. Схема вертикального різання під кутом 90° для вирізання першого моноліту з масиву за стиснених умов

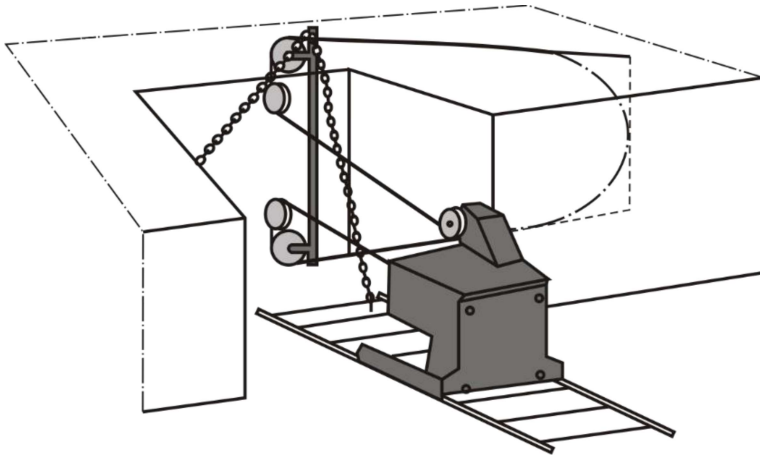


Рис. 55. Схема вертикального різання під кутом 90° для вирізання другого моноліту з масиву

Вертикальні різні з верхнього уступу використовують у разі, коли каменерізну машину неможливо розмістити на нижньому уступі з деяких причин. Використання вертикального різання з верхнього уступу можливе у разі, коли верхній майданчик має вже сформовану геометрію уступу з достатньо рівними поверхнями. За методом умови роботи алмазного каната гірші через наявність гострих граней по ходу різання канатом. В цьому випадку використовують додаткові блоки.

Вертикальні різні з тильного боку. Цей метод використовується дуже рідко і, як правило, досвідченими операторами. Такий метод найчастіше використовується при проходженні "піонерних" або розрізних траншей для забезпечення цілісності масиву гірських порід. Вибій різання при такому способі формується за допомогою двох вертикально проникаючих шківів (рис. 56), які встановлюються в заздалегідь пробурені свердловини діаметром 240–320 мм.

Геометрія різання при такому методі повністю відрізняється від двох описаних раніше: по-перше, трос не зазнає значного натягу, а штовхається на вибій; крім того, він примусово прямує по траєкторіях, які різко змінюють свій напрям, а саме два напрями в 180° (знизу шківів на 90° у поворотних маховиків). Крім того для досягнення проектної глибини різання тросом необхідно, щоб напрямні блоки опустити нижче за проектну глибину різання. Через те, що напрямні блоки не створюють великих зусиль, швидкість різання при використанні даного методу на 30–40% нижче, ніж за попередніми методами. З

іншого боку, циркуляція води полегшена, оскільки вона тече вниз. Все це призводить до зменшення швидкості різання, але тут є одна перевага – отримання можливості працювати з так званими сліпими різаними.

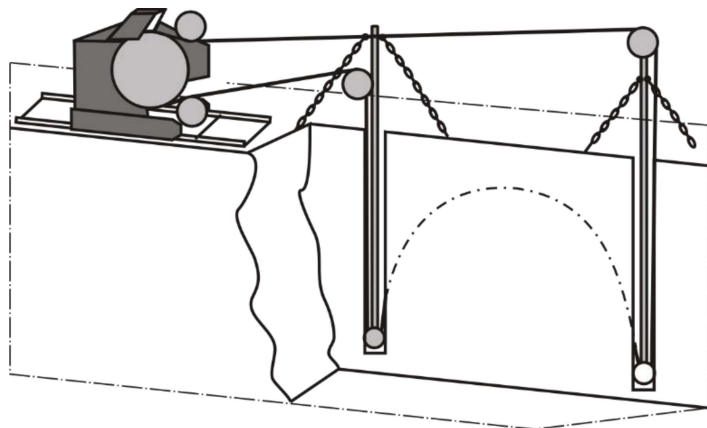


Рис. 56. Вертикальний різ з тильної сторони

За цим методом є можливість проводити різання породи тільки з однієї вільної поверхні. Це звільняє оператора від необхідності виконання буріння двох зустрічних свердловин, буріння яких іноді викликає деякі проблеми.

Горизонтальний різ формує правильну геометрію вибою, але разом з тим він є одним з важких методів виконання (рис. 57). По-перше, попереднє буріння виконується двома горизонтальними свердловинами, при бурінні яких важко витримати напрям горизонтального отвору. Це пояснюється тим, що під час поглиблення при бурінні свердловини, штанги від власної ваги можуть прогинатися, що приводить до відхилення від напрямку буріння. І чим більше глибина буріння тим більше величина прогинання. По-друге, під час виконання пропилю маси вище розміщеного уступу завжди несе загрозу для алмазного троса. Будь-який чинник, який може викликати навіть невеликі зрушення в гірському масиві, внаслідок великої ваги масиву, веде до затискання алмазного троса під уступом, що підрізають, який як правило, звільнити вже неможливо.

І по третє при горизонтальному різі складно забезпечити однорідний потік води у вибій алмазного каната оскільки площина є горизонтальною або субгоризонтальною – що ще гірше.

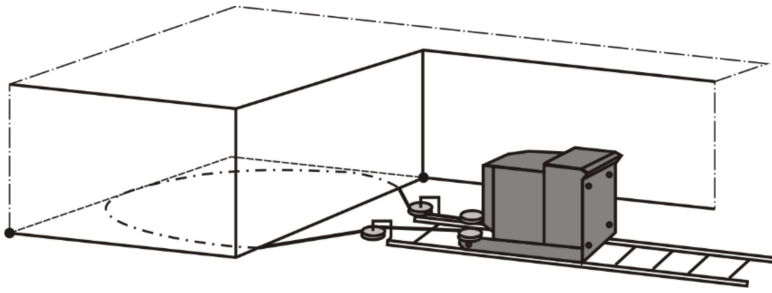


Рис. 57. Схема здійснення горизонтального різку алмазною канатною машиною

Для досягнення високої ефективності експлуатації алмазних канатопильних машин необхідно враховувати ряд чинників, які мають значний вплив на процес різання каменю. Серед цих чинників можна виділити наступні.

Встановлення напрямних рейок канатної машини – це відповідальний процес, від якого залежить площинність різання масиву природного каменю. Площинність різання алмазним канатом забезпечує точність встановлення напрямних рейок відносно отвору, в який вставляють алмазний канат. Відхилення напрямних рейок *1* від лінії отвору *2* (рис. 58), в який заводиться канат, допускається не більше 10 см вправо чи вліво.

При висоті уступу до 6 м напрямні рейки розміщують на відстані 2–3 м від моноліту, який буде випилюватись. При висоті уступу 8–9 м на відстані – 3–4 м.

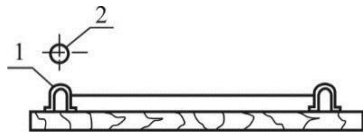


Рис. 58. Розміщення напрямних рейок канатної машини відносно отвору, в який просовується канат

Направні рейки кладуть на дошки так, щоб попередити прогин рейок під вагою канатної машини (рис. 59). При цьому звертають увагу лише на паралельність напрямних рейок канатної машини відносно лінії отвору різання. Горизонтальність рейок може не

забезпечуватись, оскільки її можна корегувати маховиком канатної машини.

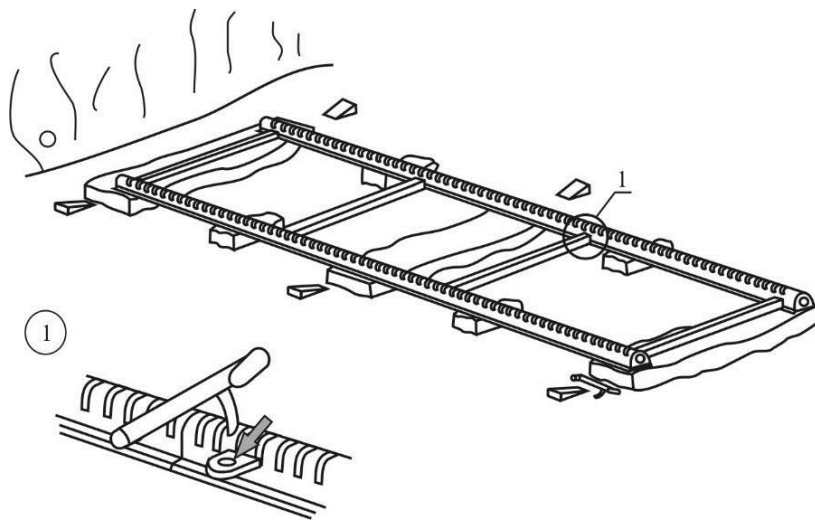


Рис. 59. Схема встановлення рейкової колії для канатної машини

Паралельність рейок забезпечується спеціальними з'єднувальними металевими профілями однакової довжини, які мають на свої кінцях спеціальні крюки (вузол 1, рис. 59). Однакова довжини профілей забезпечує однакову відстань між напрямними рейками канатної машини.

Сила натягу алмазного каната (рис. 60, поз. А). Під час різання необхідно дотримуватись певного зусилля натягу алмазного каната, яке створюється каменерізною машиною завдяки пересуванню по направляючій рамі. Залежно від фази різання зусилля натягу каната має змінюватись. Так на початковій фазі різання канат ні в якому разі не потрібно натягувати, він має бути ослаблений для того, щоб можна було зрізати гострі кути в масиві (рис. 60, поз. Е) і сформувати пропили алмазного каната. В деяких випадках рекомендується перед запуском каменерізальної машини декілька обертів каната провести вручну для запобігання пошкодженню алмазних втулок. Після того, як будуть згладжені кути і сформована канавка пропили, зусилля натягу каната збільшують для виходу на оптимальні режимні параметри різання.

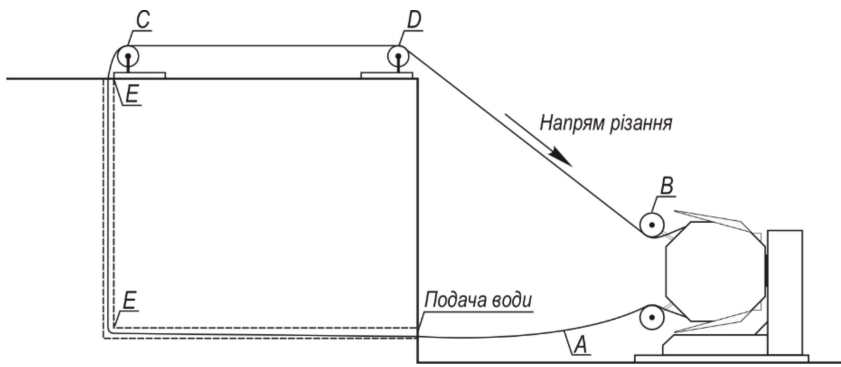


Рис. 60. Схема організації процесу різання алмазної канатопилної установки

Напряг різання – рекомендується організувати від низу до верху, це сприяє тому, що канат захоплює за собою воду і тим поліпшуються умови різання. Подачу води в цьому випадку організують біля нижньої свердловини. Особливу увагу слід звертати на кількість води, яка подається: дуже велика кількість води призводить до підвищення навантаження на каменерізну машину, погіршує різальну здатність алмазного каната, а інколи може бути причиною його заклинювання.

Геометрія вибою. На початковій стадії різання форма вибою має зазвичай форму багатокутника з гострими кутами (рис. 60, поз. E). Наявність гострих кутів або кутів близьких до 90° спричиняє збільшення навантаження на двигун, передчасний знос гуми на маховику, руйнування алмазозносних втулок і передчасний знос самого алмазного каната. Тому для поліпшення процесу різання рекомендується використовувати спеціальні маховики (рис. 60 поз. C D), які встановлюють біля гострих кутів, що зменшує тертя між гірською породою і канатом. Порядок установки маховиків показаний на рис. 61.

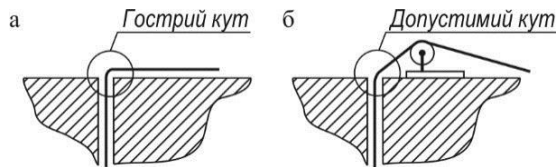


Рис. 61. Схема установки маховика

Обхват маховика алмазним канатом. На каменерізальній машині за допомогою маховиків *B* (рис. 62) можна регулювати обхват маховика алмазним тросом. При недостатньому обхваті маховика алмазний канат може не зачіплятися або ковзати по його гумі, внаслідок чого гума може згоріти. Варіанти обхвату маховика алмазним тросом показані на рис. 62.

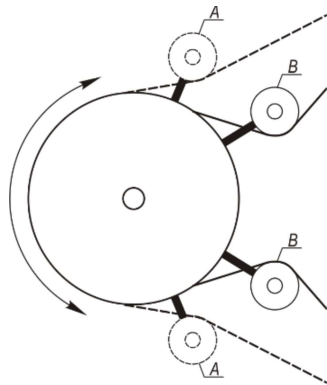


Рис. 62. Варіанти обхвату маховика алмазним тросом
 позиція *A* – положення при якому маховик занадто відкритий –
 неправильне положення;
 позиція *B* – положення при якому маховик достатньо обхвачений –
 правильне положення

Порядок організації процесу різання представлений на рис. 63. На початку різання, для того, щоб зрізати гострі кути і сформувати зону пропилу, встановлюють допоміжні маховики (рис. 63, *a*), що дає можливість збільшити кут різання канатом в місцях його перегину. Детальна схема розміщення маховиків для вертикального різання показана на рис. 64, а для горизонтального – рис. 65. Перед запуском верстата алмазний канат протягують вручну за напрямом різання, це затушує гострі краї каменю в пропилі. На цій стадії для запобігання руйнуванню алмазних втулок і каната швидкість різання є невисокою.

Після того, як будуть згладжені гострі кути масиву і буде сформована зона пропилу, допоміжні маховики знімають, і швидкість різання може бути підвищена до робочого значення (рис. 63, *b*). На цій стадії проходить основний процес різання, який має найвищу продуктивність.

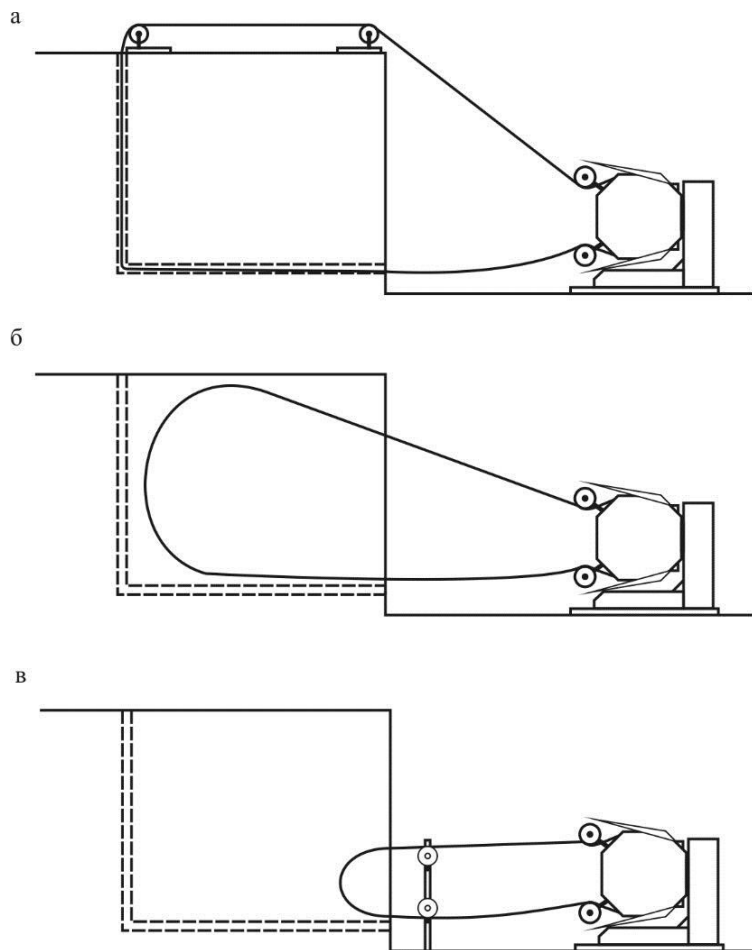


Рис. 63. Схема різання моноліту за допомогою алмазно-канатної установки

Стадія допилювання (рис. 62, в) характеризується несприятливими умовами роботи канатного інструменту, оскільки утворюється малий радіус різання внаслідок значного перегину каната. На цій стадії швидкість різання понижують для запобігання руйнуванню каната.

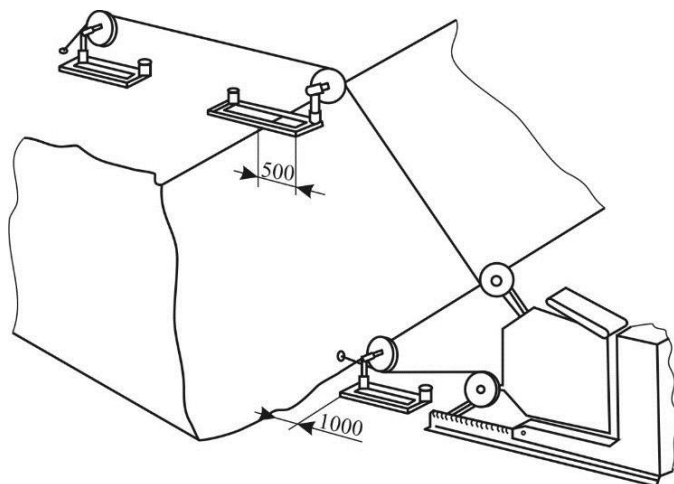


Рис. 64. Схема розміщення допоміжних блоків при вертикальному різанні масиву природного каменю канатною машиною, яка розміщена на підшві уступу

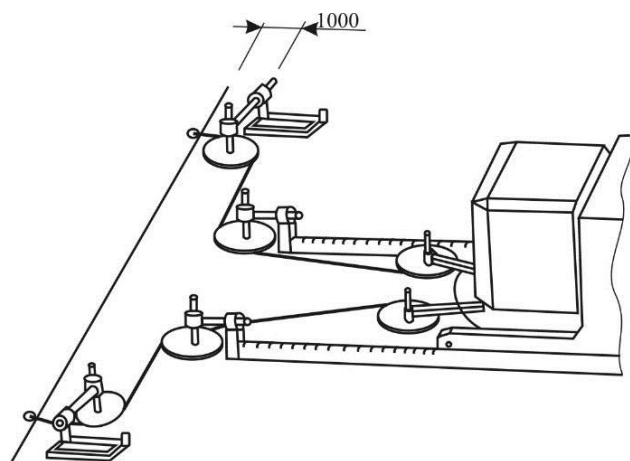


Рис. 65. Схема розміщення допоміжних блоків при горизонтальному різанні масиву природного каменю канатною машиною

Також використовують допоміжні напрямні маховики, на стійці, які дозволяють збільшити радіус різання. В деяких випадках рекомендується на стадії допилювання основний робочий канат

замінювати на старий канат, який майже відпрацював свій ресурс, завдяки чому робочий ресурс основного каната зростає.

За допомогою алмазно-канатної установки можна розпилювати і окремі блоки. Процес різання потрібно організувати таким чином, щоб алмазний канат в процесі різання мав по можливості більший радіус обхвату. Це можна досягнути за рахунок розташуванням блока, який випилюється, під деяким кутом до робочої площадки. Схема різання блока за допомогою алмазно-канатної установки показана на рис. 66.

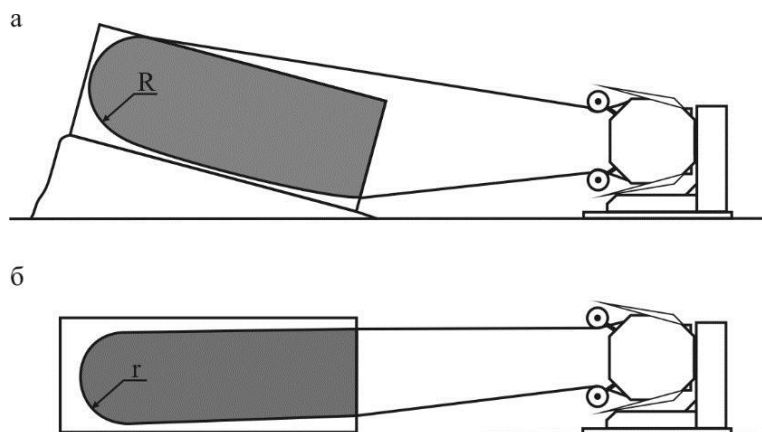


Рис. 66. Схема різання блока за допомогою алмазно-канатної установки
а – правильний варіант;
б – неправильний варіант

5. Відокремлення первинного моноліту від масиву водоструминною технологією

Навчальна мета розділу полягає в наданні студенту базових понять і знань про різання гідроструминними установками; вимоги до якості води; будову водоструминних машин.

З початку 70-х років XX ст. вдосконалення водоструминної технології стає багатообіцяючим напрямом при розробці недорогих, екологічно чистих і ефективних способів видобування каменю. Є

підстави вважати, що широке впровадження такої технології в промисловість – питання часу. Вже існують декілька кар'єрів, які застосовують водоструминну технологію, і безліч експериментаторських в цьому напрямі. В майбутньому прогнозується значне збільшення об'ємів видобування каменю за допомогою водоструминної технології.

Перевагами технології різання каменю водою, яка подається під тиском, є простота використання, висока продуктивність і мінімальний об'єм відходів. Водоструминна технологія незамінна для фірм, які мають непогане родовище і прагнуть видобувати блоки при мініальному об'ємі відходів.

Водоструминна технологія екологічно нешкідлива. Серед переваг водоструминного різання слід зазначити виключення шумових ефектів, що дає можливість вести роботи поблизу житлових масивів, запобігання підвищеному пиловиділенню, яке представляє небезпеку для працівників кар'єру і навколишнього середовища. Усувається необхідність використання всіх видів ВР, що виключає пов'язані з їх використанням небезпеки і необхідність дотримувати особливі вимоги при використанні і зберіганні ВР.

Водоструминна технологія підвищує вихід блоків. Нагрів і охолодження при використанні терморізаків викликає появу тріщин, які знижують вихід товарної продукції. Водоструминна технологія позбавлена цих недоліків.

Нині відомі три основні виробники гідроструминних установок: "Pellegrini" (Італія) випускає установки марки "PelJet", "WaterJet s.r.l." (Італія) – "QuarryJet", "NED corp." (США) – "Ned-Jet 2000".

Технічні характеристики установок наведені в *табл. 17*.

Розглянемо будову водоструминних машин на прикладі QJ-100 фірми WaterJet s.r.l. Ця машина складається з таких частин:

- портална рама;
- насос високого тиску (4130 атм. – 75 кВ – 100 к.с.);
- рейки;
- довга самоналагодувана різальна головка;
- панель керування;
- система очищення і зм'якшення води.

Технічні характеристики водоструминних установок

Технічні характеристики	Марка установки		
	"Ned-Jet 2000"	"QuarryJet"	"PelJet"
Витрата води, л/хв.	23–27	7,2	18–22
Тиск подачі води, МПа	276	–	220
Потужність дизельного двигуна, кВт	150	110	118
Ширина різку, мм	44–76	60	44–64
Глибина різку, м	4,6	4	3,6
Довжина різку без переміщення установки, м	6,1	7	9
Габарити, м	2,5×2,5×1,85	2,5×2,0×2,2	–
Маса, кг	3175	4000	–

Насос високого тиску (рис. 67) має технічні характеристики, які наведені в табл. 18.

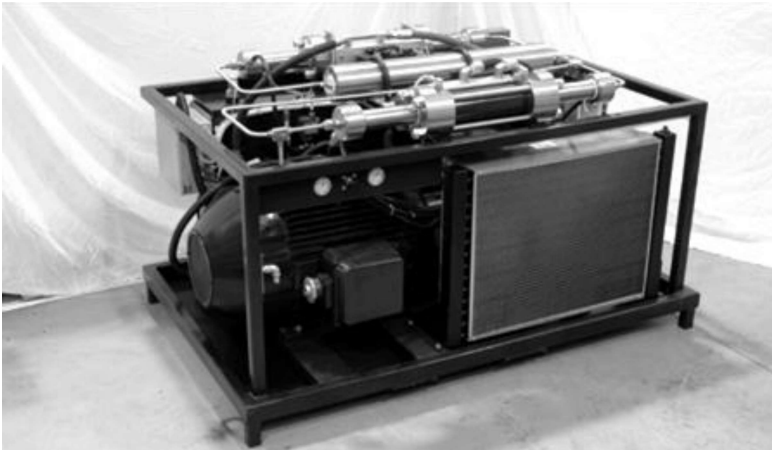


Рис. 67. Насос високого тиску E-100

Технічні характеристики насоса високого тиску

Назва показника	Значення показника
Модель	Е-100
Кількість підсиловачів	2
Максимальний робочий тиск, атм.	4130
Потужність двигуна, кВт(к.с.)	75(100)
Споживання води, л/хв	9,4

Конструкція насоса високого тиску включає в себе:

- електричну панель потужностей (в діапазоні від 220 до 550 В);
- амортизатор удару (1,2 літра);
- програмувальний контролер для регулювання: температури масла, рівня масла, тиску води в разі сигналу про наближення його значення до критичного;
- 2 манометри для вимірювання низького водяного тиску;
- автоматичний клапан безпеки зниження тиску;
- високовольтний електродвигун (220÷550 В / 50–60 Гц);
- радіально-поршневий гідронасос (220 атм.);
- набір трубопроводів високого тиску ($L = 10$ м).

Рейки (рис. 68) мають регулювальні гвинти, за допомогою яких здійснюється регулювання горизонтальності руху машини. Стандартна довжина рейок – 3000 мм. Водоструминне устаткування рухається по рейках за допомогою зубчастих коліс, що дає змогу рухатись машині по рейках на схилах.



Рис. 68. Розміщення рейок водоструминної машини

Довга самоналагодувана різальна головка (рис. 69) складається з квадратної труби, на кінці якої розміщена різальна головка. Труба з різальною головкою розміщується в захисному корпусі.

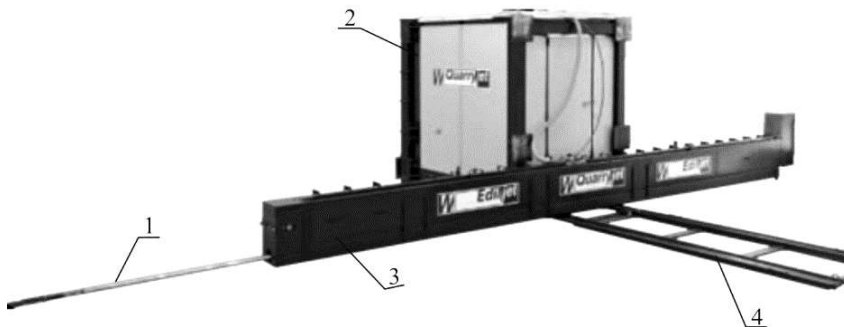


Рис. 69. Водоструминна машина QJ-100 фірми WaterJet s.r.l.
*1 – квадратна труба з різальною головкою; 2 – корпус машини;
3 – захисний корпус; 4 – рейки*

Панель керування (рис. 70). розміщена в рамі, має кнопки керування, LCD дисплей, за допомогою її задаються параметри різання, крім робочої швидкості різання, яка є автоматичною. Робота системи зліва направо або у зворотному напрямі може бути вибрана перемикачем, змонтованим на панелі керування.



Рис. 70. Панель керування

Система очищення і з'якшення води включає в себе автоматичний магнітний пом'якшувач, механічні фільтри 100–20–5–1 мікрон.

Вимоги, які ставляться щодо хімічного складу води, якою проводиться різання каменю, вказані в табл. 19.

**Вимоги, які ставляться щодо хімічного складу води,
якою проводиться різання каменю**

Назва показника	Значення показника
Наявність заліза	0,2 мг/літр
Наявність марганцю	0,1 мг/літр
Наявність магнію	0,5 мг/літр
Наявність натрію	50 мг/літр
Наявність вільного хлору	1,0 мг/літр
Жорсткість води	20 одиниць
Загальна кількість домішок	60 мг/літр
Рівень лужності (РН)	6,5–8,5

Технологія різання каменю. Система, обслуговується однією людиною, дозволяється при рівні шуму 100 дБ. Всі операції повністю автоматизовані, тому машина фірми WaterJet s.r.l. (рис. 71) може працювати 24 години за добу без присутності оператора.

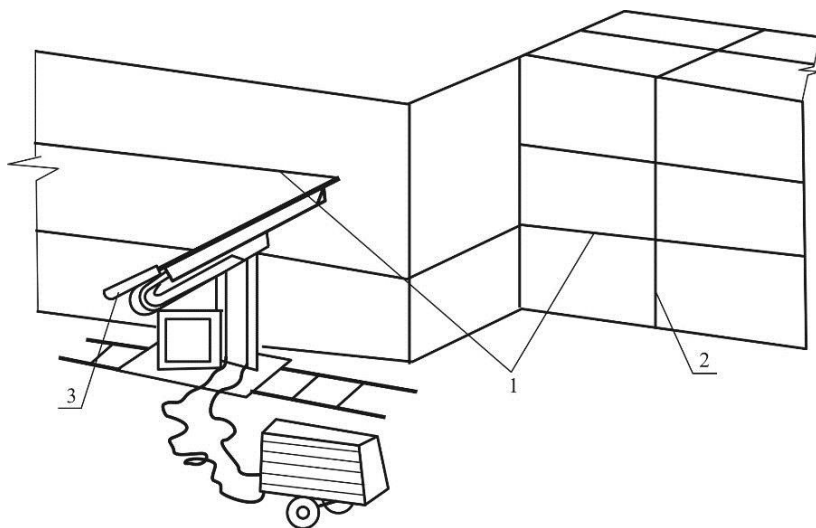


Рис. 71. Схема нарізання горизонтальних пропилів за допомогою водоструминної машини:

1 – горизонтальна щілина, вирізана водоструминною машиною;
2 – вертикальна щілина, вирізана алмазним канатом; 3 – гідромонітор

У разі порушення режиму експлуатації зупинка проводиться автоматично, і робота не поновлюється до тих пір, поки поломка не буде усунена. Відключення подачі води і енергії також спричиняє за собою зупинку машини. У разі різання каменю, який має різні щільність і твердість, машина автоматично адаптується до нових умов роботи.

Водоструминна стріла переміщується вертикально чи горизонтально, та рухається в процесі різання по човниковій траєкторії з поступовим проникненням в масив породи (рис. 72). Мінімальна висота різальної головки над підшвою при горизонтальному різанні уступу – 100–150 мм. За необхідності водоструминна головка може вирізати колову щілину. В цьому разі різальний інструмент переміщається по півколу, діаметр якого 12 м. Це робить можливим розкривати і проходити тунелі круглої форми. Поверхня розпилу злегка шорстка. Також різальний інструмент може виконувати косий пропиіл за напрямом природної жили або тріщини.

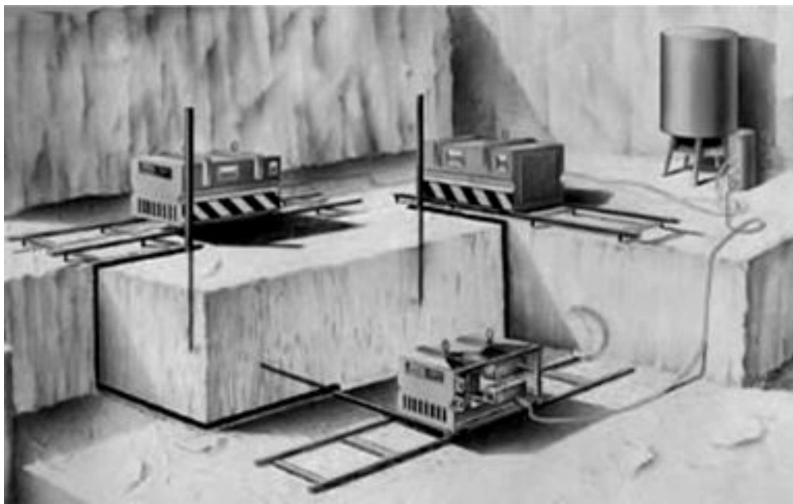


Рис. 72. Схема виконання пропилів гідроструминними установками

Внаслідок дії високонапірного струменю води, стріла може коливатись з невеликою амплітудою, що призводить до розширення пропилу. Для ліквідації цього процесу застосовують спеціальний стабілізуювальний пристрій, який уможливорює скоротити ширину

щілини з 7 до 5 см. Для безпечного, безперервного і автоматичного процесу різання установка комплектується комп'ютером і панеллю керування, за допомогою якої задаються всі параметри.

Як робоча суміш може використовуватися або чиста вода, або вода з добавками абразиву. У разі використання суміші води з абразивом процес стає дорожчим, оскільки збільшується зношування насадки та витрачається сам абразив, але разом з цим підвищується продуктивність різання. Доведено, що струмінь води високого тиску, який проходить через сопло малого діаметра, набуває властивості, які значно відрізняються від властивостей звичайної води. Такий струмінь має схильність до завихрення, що призводить до погіршення його різальної здатності. Для уникнення цього негативного явища в струмінь робочого потоку води доцільно додавати нерозчинну у воді добавку (абразив), яка посилює дію різання. Крім того в робочий струмінь можуть вводиться повністю чи частково розчинні у воді добавки, які протидіють завихренню і тимчасовому розбуханню струменя.

Установки американського виробництва "Ned-Jet 2000" при відокремленні гранітних блоків на одному з італійських кар'єрів ("Sardinian granite") показали продуктивність близько 1,85 м²/год, виробничі витрати при цьому склали 29 доларів/м² без врахування вартості робочої сили. На інших кар'єрах в США така установка працювала з продуктивністю в межах 1,30–1,75 м²/год, залежно від розмірів зерен вмісних мінералів – крупнозернисті граніти ріжуться більш ефективно, ніж дрібнозернисті. Американська корпорація "NED corp.", провівши промислові дослідження цих установок на декількох гранітних кар'єрах, стверджує, що загальні витрати (амортизаційні відрахування, робоча сила, виробничі витрати) складають не більше 70 дол/м².

Продуктивність установок "QuarryJet 100" італійської компанії "WaterJet s.r.l." складає 1–1,2 м²/год для граніту із вмістом кварцу 30% і більше. При вмісті кварцу 1–2% продуктивність зростає в 1,5–2 рази. Отже, ефективність різання залежить не лише від зернистості граніту, але й від вмісту в ньому кварцу.

Отже, застосування способу руйнування каменю струменем води високого тиску при видобуванні блоків має наступні переваги порівняно з існуючими традиційними методами руйнування гірських порід.

1. Технологічність процесу:

– відсутність високої температури нагріву в зоні пропили, що виключає термічні порушення і негативні явища в приповерхневій зоні

каменю, які можуть вплинути на його декоративні властивості та якість подальшої обробки;

- виключення утворення макро- і мікротріщин, що підвищує вихід блоків;

- дія струменя води не залежить від характеристики породи на відміну від термічних, електричних та хімічних методів руйнування каменю, тобто можливість різання будь-якого природного каменю незалежно від його фізико-механічних властивостей;

- забезпечення високої швидкості руйнування завдяки прикладенню дуже великої енергії на одиницю площі оброблюваної поверхні.

2. Екологічність процесу:

- зменшення рівня запиленості та виключення впливу шкідливих викидів на здоров'я працівників;

- шум залежно від глибини різання складає 90–107 дБ, тоді як при термогазоструминній проходці щілини – 114–127 дБ.

3. Автоматизація процесу:

- для обслуговування гідроструминної установки необхідна одна людина, яка за допомогою вбудованого програмного контролера виставляє технологічні параметри різання і запускає установку, після чого процес повністю керується програмою;

- разі порушення режиму експлуатації (відключення подачі води чи енергії) зупинка здійснюється автоматично;

- при різанні матеріалу, який має різну щільність і твердість, установка автоматично адаптується до нових умов роботи – змінюється подача води, потужність двигуна та інші параметри.

4. Безпечність процесу:

- відсутність вибухонебезпечних речовин, на відміну від термічного обладнання;

- відсутність конструкційних елементів, які могли б розриватись або вибухати і наносити ушкодження працівникам;

- в процесі роботи установки оператор може знаходитись на значній відстані від неї.

До недоліків слід віднести:

- велику ширину пропилу, порівняно з алмазно-канатним випилюванням;

- низький ресурс водоструминої насадки, термін служби якої складає в середньому 24 години при її вартості 150 євро;

- підвищенні вимоги щодо хімічного складу та якості води (жорсткість води 20 од., РН середовище 6,5–8,5, загальна кількість домішок 60 мг/літр), необхідність фільтрації та очищення води;

– висока вартість обладнання, що відображається на собівартості видобутої продукції.

Технологія водоструминного різання поки не виходить за рамки передового експерименту. Донині метод довів свою ефективність перш за все при різанні граніту, тоді як результати експериментів на мармурі не представляють інтересу.

6. Відокремлення первинного моноліту від масиву термогазоструминною технологією

Навчальна мета розділу полягає в наданні студенту базових понять і знань про технологічний процес проходки щілинних виробок у гранітному масиві за допомогою газоструминної технології.

6.1. Технологічний процес проходки щілинних виробок у гранітному масиві

На ряді гранітних кар'єрів України (Омельянівському, Янцівському, Покостівському та ін.) успішно застосовують газоструминне різання безпосередньо в масиві ручними терморізаками (рис. 73).



Рис. 73. Використання термогазоструминної технології на Покостівському гранітному кар'єрі

Технологічний процес проходки щілинних виробок у гранітному масиві можна поділити на два етапи: початковий (процес різання ще не встановився) і основний (процес різання встановився).

На початковому етапі при переміщенні газового струменю по поверхні масиву відбувається процес формування щілинної виробки, визначається її ширина і форма вибою (рис. 74).



Рис. 74. Процес проходки щілини за допомогою терморізака "Тайфун"

Профіль виробки визначається характером розподілення питомих теплових потоків у зоні гальмування струменю. З поглибленням профіль виробки змінюється і її форма починає впливати на розподілення питомих теплових потоків у вибої. Теплове навантаження по ширині щілини вирівнюється, а коефіцієнт корисної дії зменшується.

В значній мірі ефективність термогазоструминного різання визначається конструкцією пальників.

6.2. Конструкції пальників, які працюють на хімічному паливі

Пальники, в яких теплоносієм є хімічне паливо, найбільш розповсюджені у практиці термічного руйнування гірських порід. Аналіз нині використовуваних пальників показує, що їх конструкція залежить від багатьох факторів, які наведені на *рис. 75*.

Відповідно до геометричних розмірів розрізняють пальники для буріння свердловин, які мають діаметр 100–160 мм і висоту 400–800 мм, і пальники для буріння шпурів, які мають діаметр 20–50 мм і висоту 150–250 мм.

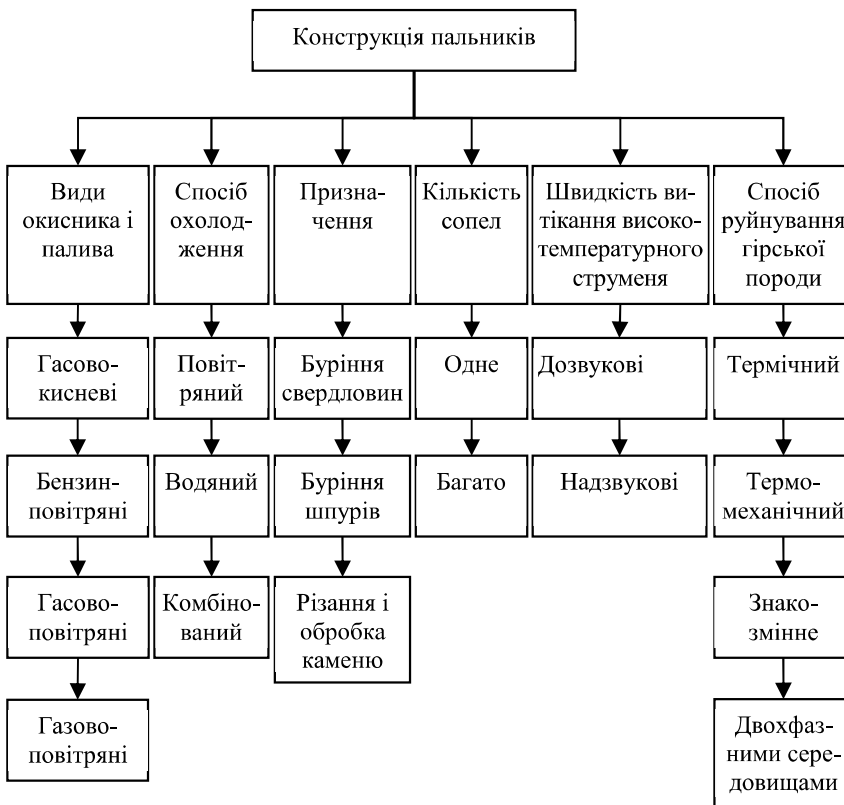


Рис. 75. Класифікація пальників за конструкційними ознаками

Охолодження пальників буває водяне, повітряне або комбіноване. Водяне охолодження застосовують як для кисневих пальників, так і для пальників, які використовують окисник повітря. Вода при цьому виконує ще одну дуже важливу роль: після використання її як охолоджувального агента вона використовується для подавлення пилу, який виникає в наслідок термічного руйнування породи. Повітряне і комбіноване охолодження застосовується для пальників з повітряним окисником. При повітряному охолодженні застосовують методи сухого пилоподавлення з допомогою спеціальних засобів.

Порівнявши конструкції пальників з водяним і повітряним охолодженням можна дійти наступних висновків:

- використання повітря для охолодження пальників сприяє спрощенню їх конструкцій і підвищенню надійності роботи;
- при використанні повітря як окисник повітря виконує подвійну функцію – окисника й охолоджувального агента, причому таке поєднання функцій сприяє поліпшенню процесу горіння.

Залежно від виду окисника, який використовується для окиснення палива, можна виділити пальники з повітряним і кисневим окисниками. Порівнявши ці конструкції пальників можна дійти таких висновків:

- при використанні в якості окисника повітря спрощується конструкція пальника через те, що повітря подається по корпусу штанги і перехідника, а потім надходить через отвори в тарілці в камеру згорання;
- в пальниках з повітряним окисненням окисник перед надходженням в камеру згорання може бути попередньо підігрітий.

За кількістю сопел пальники поділяються на одно- та багатосоплові.

В односоплових пальниках сопло може розташовуватись по центру соплового апарата і під кутом до нього. В багатосоплових пальниках сопла розташовуються тільки під кутом до осі соплового апарата. Конструкцію багатосоплових пальників розглянемо на прикладі газово-кисневого пальника М-2, який має три сопла, два з яких мають критичний діаметр $d_{\text{ср}} = 10$ мм, одне – $d_{\text{ср}} = 5$ мм. В пальнику М-2 камера і сопловий апарат при з'єднанні утворюють камеру згорання, в якій попередньо здійснюється утворення паливної суміші. Перехідник, чохол і башмак слугують для запобігання механічних пошкоджень пальника і щільного з'єднання частини камери згорання з форсункою. Пальник охолоджується водою, яка подається по корпусу штанги, омиваючи при цьому магістралі з паливом і киснем, що запобігає

з'єднанню кисню з паливом і утворенню вибухонебезпечної суміші при випадкових витіканнях компонентів пального.

Доцільність вибору того чи іншого варіанту розташування сопел вибирається залежно від ступеня термобуримості гірських порід і від тріщинуватості масиву. З погіршенням термобуримості порід і підвищеної тріщинуватості масиву доцільно використовувати багатосопельні пальники з більшими кутами нахилу сопел.

За швидкістю витікання високотемпературного газового струменя пальники бувають з надзвуковою і дозвуковою швидкістю витікання газового струменя. Найбільш поширеними є пальники з надзвуковою швидкістю витікання газового струменя, які використовуються для буріння шпурів, свердловин, різання і обробки природного каменю. Пальники з дозвуковою швидкістю витіканням високотемпературного газового струменя застосовуються для поліпшення процесу термообробки. Пальники, розроблені італійською фірмою "Пелігріні", працюють на суміші пропану і кисню, не мають спеціального сопла Лавала і забезпечують низькошвидкісні газові потоки. В загальному технологічному процесі обробки гранітів вони відіграють допоміжну роль, оскільки мають низьку продуктивність і використовуються лише для зняття тонкого поверхневого шару товщиною 1–2 мм при зачищенні виробів після штрипсового розпилювання. В Казанському політехнічному інституті (Росія) були проведені дослідні роботи по створенню низькошвидкісних пальників, які працюють на пропані і стиснутому повітрі. Випробовування показали, що розроблені конструкції забезпечують досить велику продуктивність при низькому рівні шуму. Розробка і вдосконалення таких пальників досить перспективні для каменеобробної промисловості, що уможливило вирішити ряд серйозних проблем, пов'язаних із використанням термоінструменту.

Конструкція пальників у значній мірі залежить від того, для якого способу руйнування гірських порід застосовується пальник.

Розглянемо конструкції і технічні характеристики термоінструменту для каменедобувної і каменеобробної галузей промисловості і перспективи його використання на діючих кар'єрах.

Найбільш широке розповсюдження в каменедобувній і каменеобробній промисловості знайшли термоінструменти, розроблені Казахському політехнічному інституті (ТР-14/22-5М, ТУБР-1М, ТР-35, БВР-60, ТРВ-12, МТР-1) і Харківському авіаційному інституті (Т-3, Т-5, ТРВ-1).

Термоінструмент ТР-14/22-5М є універсальним портативним ручним пристроєм, який призначений для різання і обробки

декоративного каменю (рис. 76). Він складається з пальника, з'єднувальної трубки, ручки з пусковим механізмом і блока для регулювання витрати компонентів пального.

Пальник є основною робочою частиною інструмента і призначений для спалювання і направленої викиду високотемпературних газів з надзвуковою швидкістю. Пальник складається з камери згорання 2 з соплом 1, кожуха 3 і розподільної головки. Камера згорання виготовлена з червоної міді. На зовнішній її частині для проходження води і більш ефективного її охолодження нарізана спіральна канавка 4 перерізом 0,5×0,5 мм. Передня частина камери згорання закінчується сопловим апаратом у вигляді сопла Лавалю.

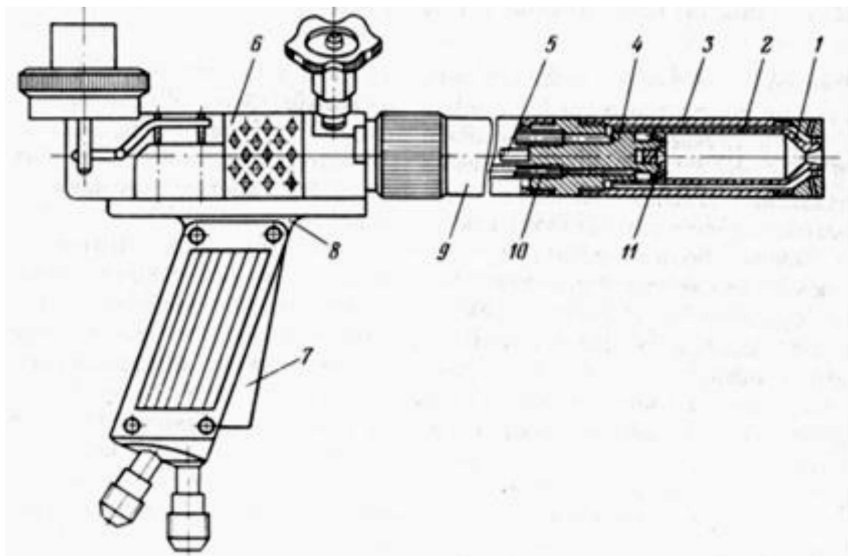


Рис. 76. Конструкція терморізака ТР-14/22-5М:

1 – сопло Лавалю, 2 – камера згорання, 3 – кожух, 4 – спіральна канавка для охолодження; 5 – мідна трубка для підведення газу; 6 – запобіжний пристрій;

7 – важіль для запуску пальника; 8 – ручка; 9 – з'єднувальна трубка;

10 – трубка для підведення кисню; 11 – газова форсунка

Внутрішня сторона камери згорання виготовлена з жаростійкої сталі з різьбою для герметичного її закріплення на розподільній головці, яка складається з корпусу, до якого припаюють мідні трубки

5, 10 для підведення газу і кисню. Всередині головки розміщується відцентрова форсунка 11 для газу й фільтр. Трубка 9 використовується для з'єднання пальника з ручкою 8, за допомогою якої терморізок утримується у необхідному положенні. На рукоятці змонтований важіль 7 для запуску пальника в роботу, запобіжний пристрій 6 для захисту від обернених ударів і штуцери для під'єднання шлангів газу, кисню і води. Вода і газ подаються за допомогою насоса. Для створення тонкого розпилювання пального у форсунці виконані спеціальні тангенційні отвори, які забезпечують інтенсивне завихрювання газу в камері форсунки і досить мілке його подрібнення при витіканні. Кисень подається в камеру згорання по спіральних каналах, що створює умови для доброго перемішування палива і забезпечує стійке його згорання навіть у камері з об'ємом меншим розрахункового.

Технічні характеристики терморізка ТР-14/22-5М наведені у табл. 20.

Таблиця 20

Технічні характеристики терморізка ТР-14/22-5М

Назва показника	Значення показника
Діаметр перерізу сопла, мм	4–5
Діаметр камери згорання, мм	14
Діаметр пальника, мм	22
Маса, кг	2,3
Витрата паливних компонентів: кисню при тиску 1,2–1,5 МПа, м ³ /год	15–18
газу при тиску 1,3–1,5 МПа, м ³ /год	10–12
води при тиску 0,3–0,4 МПа, м ³ /год	150–200
Температура газового струменю, К	2800–3000
Швидкість газового струменя, м/с	2200–2600

На базі терморізка ТР-14/22-5М був створений терморізок ТР-35. Він складається з двох основних частин: штанги з пальником і дросельної коробки. Штанга залежно від глибини щілин, що прорізаються, може бути виготовлена довжиною від 0,5 до 4 м. Різак розрахований на ручне керування. Дросельна коробка складається з двох вентилів керування витратою газу й кисню. Пальник терморізка виконано спільно зі штангою (рис. 77) і він складається з камери згорання 3, зовнішнього кожуха 2, калібратора з сопловою частиною 1,

форсунки 4 і розподільної головки 5, на якій монтується всі деталі пальника. До розподільної головки з однієї сторони приєднується штанга 7, яка служить каналом для підводу охолоджувальної рідини (води).

Усередині штанги проходять дві трубки 6 для подачі гасу і кисню. Така система підводу паливних компонентів забезпечує підвищену безпеку у випадку порушення герметичності магістралей, оскільки вода перешкоджає їх безпосередньому змішуванню. Форсунка відцентрового типу кріпиться на розподільній головці накладною гайкою, яка на зовнішній поверхні має гвинтові канали для завихрення потоку кисню, що сприяє ліпшому змішуванню його з гасом. Камера охолоджується водою по гвинтових каналах.

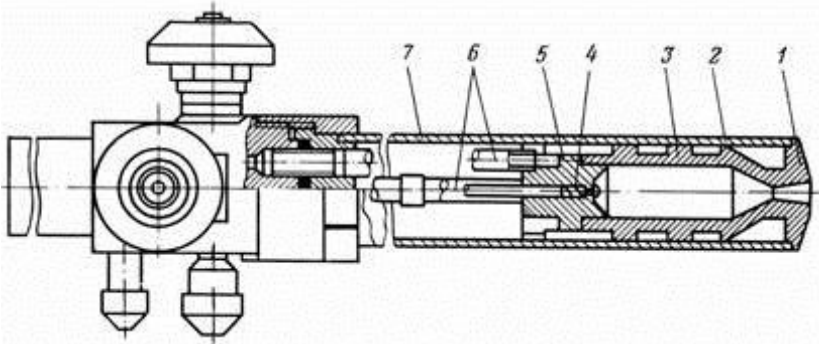


Рис. 77. Конструкція терморізака ТР-35

1 – сопло, 2 – зовнішній кожух, 3 – камера згорання, 4 – форсунка,
5 – розподільна головка, 6 – трубки для підведення гасу і кисню, 7 –
штанга

Терморізак ТР-16 розроблений "КРАМС-НЕДРА" призначений для термічного проходження щілин на глибину до 6 м в кварцевміних породах. Терморізак ТР-16 (рис. 78) складається з двох основних частин: дросельної коробки і пальника. Вентилі 1, 2 дросельної коробки використовуються для керування витратою стиснутого повітря і палива. Пальник складається з розподільної головки 5, форсунки 6, камери згорання 7, зовнішнього кожуха 8 і сопла 9. Дросельна коробка і пальник з'єднуються штангою 3 довжиною 2–2,5 м, всередині якої проходить трубка 4 для подачі палива. Терморізак працює на гасі або на суміші дизельного палива і бензину у

співвідношенні 1:1. Підведення стиснутого повітря і палива здійснюється по гнучких шлангах високого тиску.

Технічні характеристики терморізака ТР-35 наведені у *табл. 21*.

Таблиця 21

Технічні характеристики терморізака ТР-35

Назва показника	Значення показника
Діаметр перерізу сопла, мм	5
Діаметр камери згорання, мм	18
Діаметр пальника, мм	35
Маса, кг	8
Витрата паливних компонентів:	
кисню при тиску 1,2–1,5 МПа, м ³ /год	30–35
газу при тиску 1,3–1,5 МПа, м ³ /год	14–18
води при тиску 0,3–0,4 МПа, м ³ /год	300
Температура газового струменю, К	2800–3000
Швидкість газового струменя, м/с	2200–2600

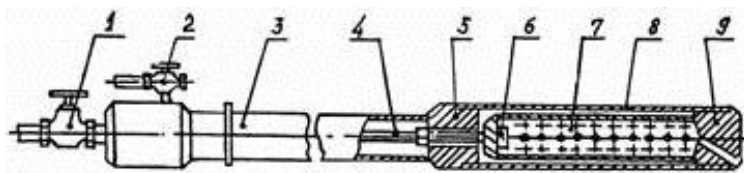


Рис. 78. Конструкція терморізака ТР-16

1 – вентиль дросельної коробки для керування витратою стиснутого повітря; 2 – вентиль дросельної коробки для керування витратою палива; 3 – штанга, 4 – трубка подачі палива; 5 – розподільна головка пальника; 6 – форсунка; 7 – камера згорання; 8 – зовнішній кожух; 9 – сопло

Технічні характеристики терморізака ТР-16 наведені у *табл. 22*.

Від попередніх термоінструментів терморізак відрізняється простотою конструкції і системою живлення.

Терморізак БВР-60 (*рис. 79*) на відміну від вище описаних термоінструментів працює на бензоповітряній суміші і використовується для буріння шпурів і різання гірських порід при проходці щілин. Він складається з пальника 6, камери згорання 2 з соплом 1, які розташовані у зовнішньому кожусі 4. Між камерою

згорання і зовнішнім кожухом знаходиться проміжний кожух 3, який слугує для завихрення повітря і кращого охолодження сопла. Перехідник 5 з'єднується з завихрювачем 7, який складається з каналів 6 для подачі гарячого повітря в камеру згорання і відводу холодного повітря в кільцевий зазор між зовнішнім і проміжним кожухом. Завихрювач з'єднується з головкою 8, яка має канали для проходження повітря і бензину. Головка 8 з'єднана з дросельною коробкою 12 за допомогою штанги 10 і бензинової трубки 9. Дросельна коробка обладнана вентилям 11 для регулювання подачі пального, яке надходить по штуцеру до термоінструмента. Вентиль 13 забезпечує подачу повітря в процесі роботи пальника.

Таблиця 22

Технічні характеристики терморізака ТР-16

Назва показника	Значення показника
Витрата стисненого повітря, м ³ /хв	3,5–4
Витрата палива, кг/год	19
Тиск в паливній і повітряній магістралях, МПа	0,5–0,6
Діаметр критичного перерізу сопла, мм	16
Ширина щілини, мм	80–120
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2000–6000
діаметр пальника	74
Маса (при довжині 2 м), кг	9,5
Продуктивність проходки щілинних виробок, м ² /год	0,6–0,8

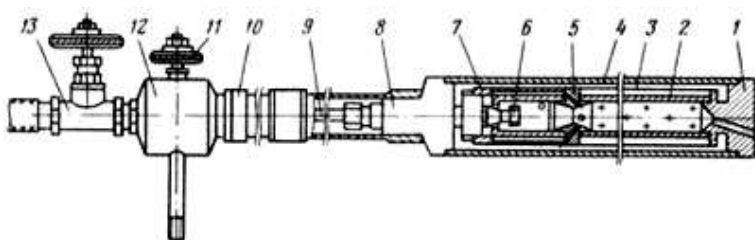


Рис. 79. Конструкція терморізака БВР-60

1 – сопло; 2 – камера згорання; 3 – проміжний кожух; 4 – зовнішній кожух; 5 – перехідник; 6 – канали для подачі гарячого повітря в камеру згорання і відводу холодного повітря; 7 – завихрювач; 8 – з'єднувальна головка; 9 – трубка для подачі палива; 10 – штанга;

11 – вентиль дросельної коробки; 12 – дросельна коробка;

13 – вентиль подачі повітря

Особливістю цієї конструкції є використання вихрового енергорозподільника. У разі випадку повітря, проходячи через отвори в розподільній головці, надходить до енергорозподільника, де ділиться на два потоки. У периферійній частині камери енергорозподільника збирається холодний потік, в центральній – потік з більш високою температурою. Перепад температур між двома потоками складає 30–60 °С. Повітря з більш високою температурою надходить в камеру згорання і змішується з бензином, утворюючи паливну суміш. Холодне повітря проходить по каналу між зовнішнім і проміжним кожухами і надходить до сопла – найбільш теплонапруженої частини пальника. Охолодивши сопло, повітря надходить у кільцевий зазор між проміжним кожухом і камерою згорання, а потім через отвори, в камеру згорання.

Технічні характеристики терморізака БВР-60 наведені у *табл. 23*.

Таблиця 23

Технічні характеристики терморізака БВР-60

Назва показника	Значення показника
Діаметр перерізу сопла, мм	12,5
Діаметр камери згорання, мм	34
Діаметр пальника, мм	60
Маса, кг	14
Витрата паливних компонентів: повітря, м ³ /хв	15–18
бензину, м ³ /год	10–12

Терморізак МТР-1 за своєю конструкцією аналогічний БВР-60 (*рис. 79*), але має у два рази більшу потужність.

Технічні характеристики терморізака МТР-1 наведені у *табл. 24*.

Таблиця 24

Технічні характеристики терморізака МТР-1

Назва показника	Значення показника
Діаметр перерізу сопла, мм	16
Діаметр камери згорання, мм	46
Діаметр пальника, мм	80
Маса, кг	4
Витрата паливних компонентів при тиску 0,6–0,7 МПа:	

повітря, м ³ /хв	16–18
бензину, м ³ /год	25–30

Характеристики, терморізаків італійської фірми Pellegrini представлені в *табл. 25*.

Таблиця 25

Технічні характеристики терморізаків Pellegrini

Характеристика	Модель	
	FA-150	FA-300
Витрата повітря при тиску 0,7 МПа, м ³ /хв	4,2	8,4
Витрата дизельного палива, л/год	30–35	60–70
Продуктивність по граніту, м ² /год	1,5–2	1,5–2,5
Діаметр пальника, мм	54	77
Ширина щілини, що випалюється, мм	70	110
Глибина щілини, м	4,5	4,5
Тиск повітря в терморізаку, МПа	0,6–0,7	0,6–0,7
Тиск дизельного палива на виході, МПа	0,6	0,6

В останні роки в науково-дослідній лабораторії енергії при Національному аерокосмічному університеті ім. Н. С. Жуковського "ХАІ" було розроблено нову термогазоструминну установку "Тайфун" (*рис. 80*)



Рис. 80. Загальний вигляд термогазоструминної установки "Тайфун"

Технічні характеристики установки наведені у *табл. 26*.

Таблиця 26

Технічні характеристики термогазоструминної установки "Тайфун"

Назва показника	Значення показника
Тиск стиснутого повітря	0,4–0,7 МПа
Витрата повітря	5–8 м ³ /хв
Тип палива	Дизельне
Витрата палива	30–32 л/год
Ширина щілини	до 120 мм
Глибина щілини	до 8 м
Продуктивність	0,8–1,5 м ² /год

Внаслідок аналізу технічних характеристик вогнеструминного інструмента можна дійти таких висновків:

1. Підігрів окиснювача перед надходженням його в камеру згорання підвищує термодинамічні параметри газового струменя і робить пальник більш економічним.

2. Підвищення термогазодинамічних параметрів газового струменя досягається також завдяки застосуванню сопла з криволінійним

розширенням, що уможливило створити більш концентрований і далекобійний струмінь газів.

3. Швидке стикування і герметизацію основних елементів пальника при ремонті, виконанні профілактичних оглядів і регламентних робіт можна досягнути при застосуванні функціонально-блочної схеми.

При термомеханічному способі руйнування гірських порід пальники використовують як джерело теплового впливу для зниження опору гірських порід механічному руйнуванню, а також як генератори високотемпературних газових струменів. Існує термомеханічний буровий інструмент з використанням парогазового носія, де пальник використовується як парогазовий генератор. Досвід використання термошарошкового буріння свідчить про зростання швидкості буріння порівняно з шарошечним бурінням на 31–80 %.

Особливої уваги заслуговує спосіб руйнування порід двофазними потоками. Його ефективність визначається інтенсивністю теплообміну і механічним впливом частинок твердої фази. При термічному руйнуванні порід має місце низьке використання енергії газового струменя. Ежектування твердих частинок у струмінь термобура уможливило збільшити ККД використання газового струменя завдяки покращенню його теплопередаючих властивостей (ежектування твердих частинок у газовий струмінь термобура дозволило збільшити значення питомого теплового потоку в 2–2,5 рази) і більш раціонального використання кінетичної енергії, яка витрачається на розгін твердих часток, які здійснюють динамічне навантаження вибою. В результаті експериментального буріння двофазними потоками вдалось збільшити продуктивність по граніту в 3,2 рази, по кварциту в 2,3 рази. При термічному різанні з врахуванням того, що питомий тепловий потік збільшується в 2–2,5 рази, можна прогнозувати збільшення продуктивності руйнування породи як мінімум в 2 рази. В цьому можна перекопатись проаналізувавши нижче наведену формулу для визначення об'ємної продуктивності проходки щілин:

$$W = 0,5q_{\max} lbc_i, \text{ м}^3/\text{год} \quad (44)$$

де q_{\max} – максимальний питомий тепловий потік, Вт/м²;

l – довжина активної зони прогріву вздовж щілини, м;

c_i – показник ефективності руйнування;

b – ширина щілини, м.

Крім того для руйнування двофазними потоками можна переобладнати існуючі конструкції терморізаків, просвердливши в соплі пальника отвори під певним кутом.

6.3. Визначення продуктивності термогазоструминних пальників

На продуктивність будь-якого термоінструмента крім газодинамічних параметрів реактивного пальника і властивостей породи, яка руйнується, в значній мірі впливають технологічні параметри процесу різання. Основними з яких є кут зустрічі струменя з породою і швидкість переміщення термоінструмента відносно поверхні. Очевидно, що забезпечення оптимальних технологічних параметрів можливе лише при механізації і автоматизації процесу різання природного каменю в масиві. Задача повинна розв'язуватися шляхом створення пристрою подачі, на якому розміщений інструмент, основні робочі рухи якому задаються автоматичними циклами. Щоб визначити ці рухи, розглянемо технологію утворення щілини в масиві ручним терморізаком (рис. 81). Сопло реактивного пальника виконано під кутом β до поздовжньої осі терморізака, завдяки чому площа взаємодії газового струменя з породою має форму витягнутого вздовж щілини еліпса, що відповідає більшій продуктивності інструмента. Продукти руйнування викидаються газовим струменем у напрямку відкритого торця щілини. Основне призначення косоного сопла пальника – отримання щілини шириною, необхідною для вільного переміщення інструмента в його площині. Процес різання виконується горизонтальними проходками з напрямком газового струменя в сторону відкритого торця щілини. Після кожного проходу терморізак знімає шар породи товщиною h .

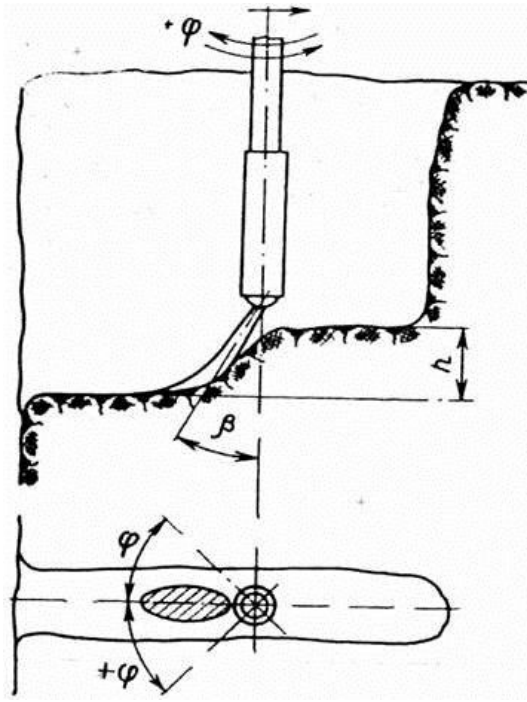


Рис. 81. Технологія проходки щілини терморізаком

Технологічний процес проходки щілинних виробок у гранітному масиві можна поділити на два етапи: початковий (процес різання ще не почався) і основний (процес різання почався).

На початковому етапі відбувається процес формування щілинної виробки, визначається її ширина і форма вибою. При переміщенні газового струменю по поверхні масиву залишається борозна. Профіль борозни визначається характером розподілення питомих теплових потоків у зоні гальмування струменю. З поглибленням щілини профіль борозни змінюється і її форма починає впливати на розподілення питомих теплових потоків у вибої. Теплове навантаження по ширині щілини вирівнюється, а ККД знижується.

Ефективність проходження щілинних виробок, як правило, оцінюється продуктивністю утворення щілинної виробки по її площині й об'ємною продуктивністю, які є взаємозалежними величинами:

$$P_o = P_n v_{щ}. \quad (45)$$

де P_o – об’ємна продуктивність утворення щілини, м³/год;
 P_n – продуктивність утворення щілини по її площині, м²/год;
 $b_{щ}$ – ширина щілинної виробки, м.

Багато авторів робили спроби визначити параметри, від яких залежать ці величини. Так Березовський Б. Г. експериментально встановив залежність об’ємної продуктивності руйнування породи від витратних характеристик і критичного перерізу сопла термоінструмента, яка має вигляд:

$$V_o = S_{\hat{e}D} \cdot (k \cdot \lg \frac{\Sigma G}{S_{\hat{e}D}} + c) \quad (46)$$

де $S_{\hat{e}D}$ – критичний переріз сопла, м²;
 \hat{e} , c – коефіцієнти, які залежать від розмірів зерен, що складають породу;

ΣG – сумарна витрата палива, кг/год.

Дягтеренко отримав залежність об’ємної продуктивності руйнування від мінерального складу і фізико-механічних властивостей породи, яка має вигляд:

$$\Pi_{\hat{O}H D} = 1055,5947 - 91,46 \cdot X_1 + 258,2684 \cdot X_2 + 0,01406 \cdot X_3, \text{ см}^3/\text{хв.} \quad (47)$$

де X_1 – вміст темноколірних мінералів, %

X_2 – коефіцієнт рівномірності розподілення мінералів;

X_3 – межа міцності породи при стиску, МПа.

Продуктивність утворення щілинної виробки по її площині можна визначити за формулою

$$\dot{V}_l = u \cdot h = u \cdot \frac{2 \cdot \alpha \cdot R_\delta}{\tilde{N} \cdot x \cdot \left(\frac{\bar{\Theta}}{T_p} - 1 \right) \cdot u} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot R_\delta}{C \cdot x \cdot \left(\frac{\bar{\Theta}}{T_\delta} - 1 \right)}, \quad (48)$$

де u – швидкість пересування пальника, м/с

h – товщина шару породи, що знімається за один прохід інструмента, м;

α – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт/(м²·град);

R_{δ} – радіус плями розтікання газового струменя, м;

\tilde{N} – об'ємна теплоємність гірської породи, Дж/(м³ · °С) ;

x – розв'язок трансцендентного рівняння;

T_{δ} – температура руйнування породи, °С;

$\bar{\Theta}$ – температура газового струменя, °С .

Продуктивність гасово-кисневих терморізаків при проходці щілини середньої ширини 100 мм змінюється в межах 2,4–4,1 см²/с або 22–45 см³/с, а бензино-повітряних – 1,6–1,8 см²/с або 17–20 см³/с. Глибина щілини зазвичай досягає 6–8 м.

6.4. Термогазоструминні каменерізальні машини

Дослідження можливості автоматизації і механізації процесу газоструминного різання порід проводилось в Харківському авіаційному інституті (ХАІ) і Казахському політехнічному інституті (КазПТІ).

Механізація проходки щілин ускладнюється тим, що продуктивність вогнеструминних робочих органів залежить від властивостей породи, які можуть змінюватись по лінії проходки щілини. Це може бути викликано включеннями інших вмисних порід у гранітному масиві, а також різним ступенем тріщинуватості. Неоднорідність масиву вздовж лінії проходки щілин призводить до нерівномірного поглиблення щілини.

Проходження щілин у гранітному масиві уможливило виявити, що неоднорідність породи і тріщинуватість масиву в місцях різання менше впливають на нерівномірність виробки по глибині при кутах атаки струменя 30–60°, при цьому різання повинно здійснюватись при русі пальника в сторону гострого кута. Слід зазначити, що на стійкість процесу виробки щілини впливає швидкість робочого ходу пальника. Оптимальна швидкість переміщення термоінструмента, як свідчать дані практичних випробувань, складає 0,6–0,8 м/хв.

Спочатку проходку щілин в гранітних масивах здійснювали механізованими пристроями, в яких у якості робочих органів використовувались гасово-кисневі пальники.

Один з таких пристроїв для проходки вертикальних врубових щілин випробовувався на Янцівському кар'єрі. Рама пристрою мала напрямні, по яких пересувалась каретка з робочим органом і механізмом подачі його на глибину. Як робочий орган використовувався терморізак ТР-35. В місці кріплення пальника була

передбачена зміна його орієнтації відносно вибою. Кут атаки газового струменя був заданий в межах 35–90°, довжина рами визначала довжину щілини. Швидкість переміщення пальника вздовж щілини регулювалась в межах 0,2–2 см/с.

Різання здійснювалось від оголеної частини уступу в сторону масиву. Після завершення робочого ходу пальник повертався у вихідне положення і подавався на глибину попередньої проходки.

Слід зазначити, що основні зусилля при розробці каменерізальних машин були спрямовані на використання як робочі органи бензоповітряні пальники. Не дивлячись на те, що конструкції машин з бензоповітряним робочим органом ускладнюються порівнянно з гасовокисневими пальниками, каменедобувні підприємства надають перевагу першим, що пояснюється тим, що термоінструменти, в яких як окисник використовується повітря, широко застосовуються при видобуванні гранітних блоків. На більшості гранітних кар'єрів налагоджена система живлення цих пальників і кар'єри мають підготовлений персонал для роботи з бензоповітряними пальниками.

У розробці механізованих пристроїв для проходки щілинних виробок у гранітних масивах можна виділити два напрямки. Перший з них, якого притримується ХАІ, полягає у створенні високопродуктивного механізованого обладнання, де нарощування продуктивності здійснюється шляхом одночасної роботи групи пальників. Другий напрямок – створення механізованої системи проходки щілин одним пальником підвищеної потужності (КазПТІ).

ХАІ створена дослідна установка газоструминного різання гірських порід УГР-1. Вона являє собою возик поздовжнього ходу, який рухається по рамі. На возику змонтовані супорт вертикальної подачі з трьома шпинделями, в яких за допомогою зажимних патронів закріплені термоінструменти, механізми для здійснення необхідних робочих рухів термоінструментів, гідравлічна система приводу цих механізмів, система живлення інструментів стисненим повітрям і пальним, агрегати гідро- і електроавтоматики, система запуску, а також пульт керування з приладами контролю за режимом роботи пристрою.

Повністю автоматизовані наступні робочі рухи термоінструментів: рівномірний поздовжній хід возика, обертальний рух шпинделя на 180°, реверс поздовжнього ходу возика. Вертикальна подача супорта зміщення термоінструментів здійснюється шляхом ручного керування гідро- і електроагрегатами. Гідросистема пристрою забезпечує широке (десятикратне) безступеневе регулювання швидкостей робочих рухів і їх постійність. Різання щілини довжиною 5 м і глибиною 3,5 м

проводилось в основному поздовжніми ходами з перервно-обертальним рухом термоінструментів з різними швидкостями робочих рухів. Вертикальна подача здійснювалась на початку кожного поздовжнього ходу.

На базі дослідів, які були виконані з допомогою УГР-1, ХАІ була створена установка УГР-2. Установка УГР-2 – це самохідний агрегат з автономним блоком паливостачання. Складається з таких основних елементів: каменерізальної машини, самохідного шасі і закріпленої на ньому рами. Машина оснащена трьома терморізаками типу ТРВ-1-65М і механізмами для забезпечення їхніх робочих рухів: поздовжньої подачі завдяки переміщенню каменерізальної машини по їздовій рамі, обертального руху терморізаків і установки для зміни відстані від зрізу сопла до вибою.

На каменерізальній машині змонтовані системи: гідравлічна, електроавтоматична, запуску і регулювання режиму експлуатації терморізаків. А також пульт керування і контролю роботи терморізаків і механізмів їх робочих рухів. Привід робочого органу – гідравлічний з безступеневим регулюванням швидкості руху. В якості ходової частини установки використано шасі на гусеничному ході промислового бурового верстата СБМК-5М. Швидкість пересування машини по рамі регулюється в широкому діапазоні.

Технічні характеристики терморізака установки УГР-2 наведені у табл. 27.

Відмінністю УГР-2 від попередніх машин є наявність електроавтоматики запуску і регулювання режиму експлуатації терморізаків, використання в якості ходової частини шасі на гусеничному ході, а також наявність у рами консольного вильоту, що дає змогу машині в початковий момент різання знаходитись за межами уступу.

Таблиця 27

Технічні характеристики установки УГР-2

Назва показника	Значення показника
Швидкість пересування самохідного агрегату, км/год	до 5
Швидкість робочого ходу каменерізальної машини, м/хв	0–1,3
Тиск подачі палива і повітря, МПа	0,4–0,6
Витрата рідкого палива, л/год	60–90
Витрата повітря за нормальних умов, м ³ /хв	20–30

Розміри щілини, що прорізається:	
довжина, м	до 7,1
глибина, м	до 5
ширина, м	0,1–0,15
Маса, т	3,5

ХАІ розроблені також каменерізальні машини УГР-3 і УГР-4. Конструкційно УГР-4 складається з одного терморізака, возика на якому кріпиться терморізак, колії і блоку паливоживильника, маніпулятора. Колія має просту конструкцію і являє собою ферму прямокутного перерізу, яка обладнана двома колесами, які регулюються по висоті за допомогою опор. Маніпулятор складається з двох телескопічно з'єднаних труб, оснащених храповим механізмом, затискними кулачковими патронами для кріплення штанги терморізака, важелями підняття-опускання і повороту терморізака, який кріпиться до візка за допомогою горизонтального вала, шарнірно закріпленого в опорах, що дає змогу встановити терморізак як вертикально, так і під кутом до вертикалі.

З допомогою маніпулятора забезпечується ручне встановлення терморізака за глибиною. Крім того, поворотом терморізака регулюється кут відхилення газового струменя від площини щілини, яка прорізається поздовжніми ходами візка по колії.

УГР-4 характеризується меншою витратою стиснутого повітря, простішою конструкцією, меншими габаритними розмірами, високою мобільністю і можливістю роботи від пересувного компресора.

Установки ВВ-1 (рис. 82) і ГПКМ-1 розроблені в КазПТІ. ВВ-1 виконана на транспортному візку, який переміщується вздовж лінії різку по коліях. Привід робочого органа і візка електромеханічний. Уся система приводу встановлена на візку. На ньому ж встановлюється і система живлення пальника паливом. До візка підводиться кабель для живлення приводу енергією і гнучкі рукави для подачі повітря і бензину до пальника. Каменерізальна машина ВВ-1 оснащена одним терморізаком типу БВР-60 або БВР-80.

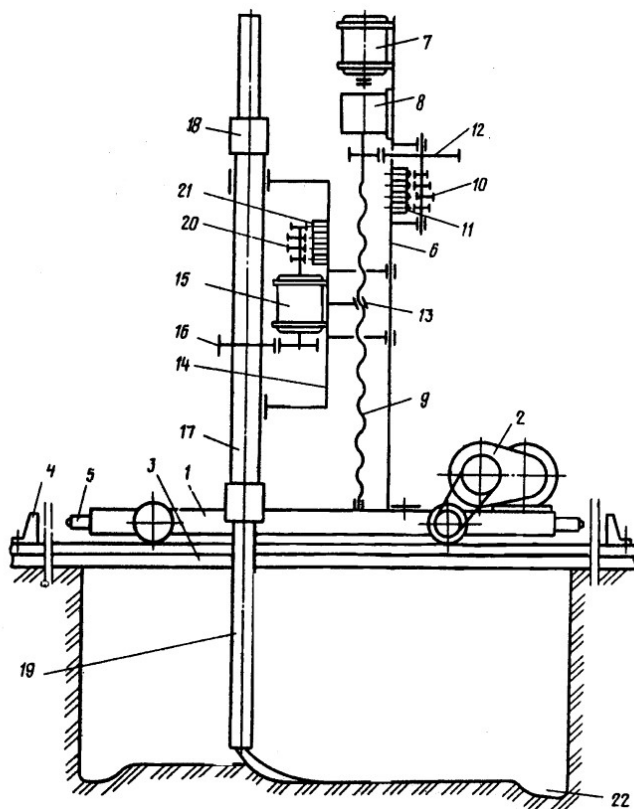


Рис. 82. Каменерізальна машина ВВ-1

- 1 – візок; 2 – електродвигун; 3 – рельсові колії; 4 – обмежувач; 5 – кінцевий вилкач; 6 – напрямні; 7 – електродвигун;
 8 – редуктор; 9 – ходовий гвинт; 10 – командний пристрій;
 11 – редуктор; 12 – кінематична пара; 13 – гайка;
 14 – каретка; 15 – електродвигун; 16 – кінематична пара; 17 – терморізак;
 18 – кріплення; 19 – пальник; 20 – керувальний пристрій;
 21 – редуктор; 22 – вібій

Базою ВВ-1 є візок 1, який переміщується по рельсовій колії 3. На візку змонтовані всі основні вузли машини. Терморізак 19 встановлений на каретці 14 в шарнірних опорах. Каретка переміщується по рамі в напрямних 6. Переміщення здійснюється електродвигуном 7 через редуктор 8 і кінематичну пару: ходовий гвинт 9 – гайка 13. Переміщення каретки супроводжується подачею терморізаків по глибині виробки. Подача терморізаків крокова, величина кроку регулюється на

керувальному пристрої 10, безпосередньо зв'язаному з приводом подачі. Привід реверсивного повороту терморізака встановлений на каретці 14 і складається з електродвигуна 15, редуктора і кінематичної пари, яка передає обертання на терморізак. Поздовжнє переміщення терморізака здійснюється при русі візка 1 з допомогою електродвигуна 2 через редуктор, за допомогою якого встановлюється швидкість переміщення візка від 0,1 до 1,5 см/с.

Горизонтально-підрізна машина ГПКМ-1 рамного типу. Рама встановлюється на чотирьох опорах, висота яких регулюється, що уможливило встановити раму в горизонтальному положенні. По рамі пересуваються дві каретки, кожна з яких оснащена терморізаком БВР-60 або БВР-80. Механізм приводу терморізака також змонтований на каретці, яка приводиться в рух індивідуально. Кожному терморізаку задається свій фронт робіт по довжині щілинної виробки.

Побудова процесу проходки щілин установкою ВВ-1 ГПКМ-1 однакова і відповідно однакові їх кінематичні схеми.

Проаналізувавши конструкції всіх вищенаведених вогнеструмінних каменерізальних машин і результати їх практичного використання і промислових дослідів, можна зробити наступні висновки:

1. Раціонально в якості робочого органу мати один пальник і відмовитись від застосування багатопальникових систем, що підвищить надійність роботи машини і спростить процес проходки щілини;

2. Підвищення продуктивності процесу різання можна досягнути нарощуванням потужності пальника або збільшенням ККД газового струменя;

3. При конструюванні каменерізальних машин слід особливу увагу звернути на їх маневреність і надійність, що в умовах реального гранітного кар'єру є дуже важливим.

9.5. Допоміжне термогазострумінне обладнання

Гасово-кисневі газострумінні пальники отримують кисень від стаціонарної або пересувної кисневої станції або від балонів. Система подачі гасу може бути насосною або гасобалонною.

Насосна система подачі гасу складається з місткості, насоса і електродвигуна. Електродвигун розміщується на кришці місткості. Він приводить в дію насос, який засмоктує гас і під тиском до 2,5 МПа подає його у фільтр. Тиск гасу регулюється запобіжним клапаном. В системі передбачена трубка для зливу надлишку гасу у місткість. Менш досконала гасобалонна система працює по принципу витіснення.

Для живлення вогнеструмінних інструментів, які працюють на гасово-кисневій суміші в КазПТІ розроблена пересувна станція

живлення ПСП-1. Вона монтується на автопричепі, кузов якого зроблений під фургон і складається з трьох відокремлених секцій: кисневої, газової і водяної.

Киснева система складається з контейнера зварного типу для розміщення кисневого обладнання і включає кисневу рампу з редуктором КРР-61, кисневі балони (20 шт.) і вентиль. Киснева рампа закріплюється на спеціальних стійках контейнера: останній має гнізда для розміщення і закріплення балонів. Заповнення балонів киснем здійснюється на заводі або від пересувної установки АПУ-2 з рідким киснем через газифікатор. Кисень з балонів через рампу і редуктор під тиском 1,5 МПа подається в магістраль і через розподільний пристрій, який складається з колектора і вентилів, по напірних рукавах підводиться до термоінструмента.

Живлення термоінструментів гасом і водою здійснюється від забірних місткостей (гасова місткістю 300 літрів, водяна 1,5 м³) насосом БГ-11-22. Канал зворотного зв'язку оснащений дроселем, манометром і розподільним пристроєм з колектором і вентилями для регулювання робочого тиску. Подача гасу до термоінструмента здійснюється за допомогою гумотканинних рукавів типу "Б", а води – типу "В". Живлення електродвигунів здійснюється від мережі змінного струму з напругою 380 В.

Керування і контроль за роботою установки здійснюється з пульта керування, на якому встановлені манометри контролю тиску води, гасу і кисню і вентиля регулювання подачі паливних компонентів. Керування електродвигунами водяного і газового насосів здійснюється за допомогою пускачів. Перепускна киснева рампа з двома групами балонів, які працюють по черзі або одночасно, забезпечує неперервність подачі кисню до пальників. Станція ПСП-1 може забезпечити одночасну роботу до п'яти термоінструментів. Маса станції близько 2 тонн.

Забезпечення термоінструмента бензином може здійснюватись за насосною або витіснювальною схемами. Насосна схема потребує додаткового підведення електроенергії. Витіснювальна схема відрізняється простотою, компактністю і малою масою. Повітря подається з повітрязабірника по повітропроводу. Живлення бензином здійснюється шляхом витіснювання його з балона тиском повітря, яке надходить з того ж повітрязабірника. Подача бензину до терморізака здійснюється по бензопроводу.

7. Дизельні електрогенератори

Багато видів обладнання на кар'єрі працюють від електричного струму. На нових кар'єрах часто відсутні лінії електропередач, тому на них як основне (або резервне) джерело змінного струму може використовуватися дизельний електрогенератор. Сучасні дизельні електрогенератори оснащуються захисним кожухом, що уможливило працювати в будь-яку погоду, а використання звукопоглинальних матеріалів максимально знижує рівень шуму. Технічні характеристики дизельних електрогенераторів з вихідною напругою 400 В (виробництва фірми Atlas Copco) наведені в *табл. 28*.

У кожному конкретному випадку доцільність використання дизельних електрогенераторів має бути економічно обґрунтована. Річ у тому, що вони різко збільшують статтю "паливо" експлуатаційних витрат кар'єру. Часто набагато вигідніше протягнути лінію електропередач, навіть якщо відстань буде понад 10 км.

Таблиця 28

Технічні характеристики дизельних електрогенераторів фірми Atlas Copco

Марка	Струм, А	Час роботи без заправки, год.	Двигун		
			Потужність , кВт	Місткість бака, л	Витрата палива, кг/год.
QAS14	19	26	12,8	85	5,1
QAS18	24	21	16,4	85	3,3
QAS28	36	16	23,9	100	5,1
QAS38	49	13	31,7	100	6,3
QAS48	65	16	42	175	9,2
QAS78	100	11	65	175	13,4
QAS108	145	13	91,5	310	19,6
QAS138	180	11	110	310	23,8
QAS168	216	17	132	530	26
QAS228	290	12	174	530	35,7
QAS278	360	11	216	530	40,8
QAS338	433	9	261	530	48,6