

Практична робота 3

Продуктивність бурових верстатів

Розрізняють паспортну (P_n), технічну (P_m) і експлуатаційну (P_e) продуктивності бурових верстатів.

Паспортна продуктивність характеризує продуктивність верстата в процесі безпосереднього буріння. Оскільки зі збільшенням глибини буріння паспортна продуктивність може змінюватись, то беруть як паспортну середню величину експлуатаційної, яка розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} \text{– для свердловин} \quad P_e &= 60 \cdot \frac{l_{ce}}{t_0^1 + t_0^2 + \dots + t_0^{i-1} + t_0^i}, \text{ м/хв.}; \\ \text{– для шпурів} \quad P_e &= 60 \cdot \frac{l_{шп}}{t_0^1 + t_0^2 + \dots + t_0^{i-1} + t_0^i}, \text{ м/хв.} \end{aligned}$$

де l_{ce} або $l_{шп}$ – довжина свердловини або шпуру, м;
 t_0 – час буріння на i -тій глибині, с;
 i – глибина, на якій виконується буріння, м.

Категорія буримості порід залежить від міцності мінералів, з яких складається порода, та розміру їхніх зерен. Найміцнішим мінералом є кварц, який спричиняє найбільше спрацювання бурових коронок. Тому породи, які містять кварц, саме важкобуримі. І навпаки, порода з високим вмістом кальциту – легкобурима і не спричиняє значного зносу бурового інструмента.

Граніт може бути грубозернистим з розміром зерен більше 5 мм, середньозернистим – 1–5 мм і дрібнозернистим – менше 1 мм. Грубозерниста порода буриться легше і спричиняє менше зношення бурових коронок, ніж дрібнозерниста.

Часто показник міцності породи використовується як показник буримості. З певною точністю можна стверджувати, що буримість породи обернено пропорційна її міцності. Якщо еталонна швидкість буріння складає P_{em} в породах міцністю X_1 то в породі міцністю X_2 швидкість буріння складе P_n :

$$P_n = P_{em} \cdot \frac{X_1}{X_2}.$$

В практиці навіть знання мінерального складу і розміру зерен не завжди дозволяє визначити швидкість буріння. Потрібне експериментальне буріння для корегування розрахунків.

У скандинавських країнах для розрахунку швидкості буріння в різних породах користуються індексом швидкості буріння (DRI Drilling Rate Index). Він розроблений Технічним гірничим університетом (м. Трондгейм, Норвегія). При визначенні DRI враховують два чинники: міцність породи на стиснення (МПа) і показник твердості за шкалою Мооса, який змінюється в межах від 1 до 9. Узагальнені дані наведені в *табл. 2.30*.

Відповідність показників, що характеризують різні гірські породи

Характеристика гірської породи	Міцність на стиснення, МПа	Твердість за шкалою Мооса	Показник DRI
Дуже міцна	Більше 200	Більше 7	Менше 24
Міцна	120–200	6–7	24–43
Середньої міцності	60–120	4,5–6	43–57
Середньо-м'яка	30–60	3–4,5	57–75
М'яка	10–30	2–3	75–100
Дуже м'яка	Менше 10	1–2	До 100

При розрахунку технічної продуктивності бурового верстата Π_m враховується кількість технологічно необхідних простоїв, пов'язаних з нарощуванням або заміною штанги, встановленням заново бурової щогли, забурюванням та ін.

Між технічною і паспортною продуктивністю існує взаємозв'язок:

$$\Pi_m = k_m \cdot \Pi_n$$

де k_m – коефіцієнт, який характеризує рівень механізації верстата.

Залежно від використовуваного бурового верстата і операцій, пов'язаних з бурінням, k_m може набувати різних значень.

Експлуатаційна продуктивність Π_e бурового верстата враховує простої, пов'язані з графіком виконання техобслуговування, ремонтом, переміщенням, налагодженням, заточуванням та ін. Вона пов'язана з паспортною і технічною продуктивністю коефіцієнтом експлуатаційних простоїв k_e :

$$\Pi_e = k_m \cdot k_e \cdot \Pi_n$$

Величина k_e в першу чергу залежить від структури комплексної механізації, збалансованості різних процесів за часом проведення. При низькому рівні технологічного забезпечення значення k_e може бути менше 0,5, а в ідеалі має наближатися до 0,9.

Приклад

Буріння моноліту висотою 3,5 м верстатом Spherical. На моноліті не велося буріння горизонтальних шпурів, оскільки його відокремлення від масиву по горизонтальній площині проходило по міжпластовій тріщині. Для буріння послідовно використовуються інтегральні штанги долотчастого типу довжиною 2, 3,2 і 4 м. Перша бурова штанга довжиною 2 м має діаметр коронки 34 мм; друга – довжину 3,2 м і діаметр коронки 32 мм; третя – довжину 4 м і діаметр коронки 30 мм. Верстат обслуговують два робітники.

Довжина стрічки шпурів L для оббурювання з одного положення верстата складала 3 м, відстань між шпурами a_e – 20 см.

Час циклу буріння одного шпуру $T_{\text{цикл}}^4$ складався з часу виконання наступних операцій: перестановки верстата на один шпур $T_{\text{пер.вер}}^{\text{шпур}} = 120$ с; підйому перфоратора зі штангою довжиною 4 м $T_{\text{нід}}^4 = 10$ с; знімання бурової штанги довжиною 4 м $T_{\text{зн}}^4 = 15$ с, переміщення каретки від одного шпуру до іншого $T_{\text{пер.шп}} = 35$ с; опускання перфоратора зі штангою довжиною 2 м $T_{\text{оп}}^2 = 7$ с; буріння штангою довжиною 2 м на глибину 1,6 м $T_{\text{бур}}^2 = 145$ с; підйому перфоратора зі штангою довжиною 2 м $T_{\text{під}}^2 = 13$ с; знімання бурової штанги довжиною 2 м $T_{\text{зн}}^2 = 10$ с; установки бурової штанги довжиною 3,2 м $T_{\text{уст.3,2}} = 10$ с;

опускання перфторатора зі штангою довжиною 3,2 м, $T_{оп}^{3,2} = 7$ с, буріння штангою 3,2 м на глибину 2,8 м $T_{бур}^{3,2} = 118$ с; підйому перфторатора зі штангою довжиною 3,2 м $T_{під}^{3,2} = 15$ с; знімання бурової штанги довжиною 3,2 м $T_{зн}^{3,2} = 11$ с; установки бурової штанги довжиною 4 м $T_{уст}^4 = 14$ с; опускання перфторатора зі штангою довжиною 4 м $T_{оп}^4 = 23$ с; буріння штангою довжиною 4 м на глибину 3,6 м $T_{бур}^{3,6} = 75$ с. Час установлювання бурової штанги довжиною 2 м не враховувалося, оскільки ця операція поєднувалася з $T_{пер.шт}$. Отже:

$$T_{цик}^4 = T_{пер.вер}^{штур} + T_{під}^4 + T_{зн}^4 + T_{пер.шт} + T_{оп}^2 + T_{бур}^2 + T_{під}^2 + T_{зн}^2 + T_{уст}^{3,2} + T_{оп}^{3,2} + T_{бур}^{3,2} + T_{під}^{3,2} + T_{зн}^{3,2} + T_{уст}^4 + T_{оп}^4 + T_{бур}^4, \text{ с.}$$

По кожній операції були проведені багаторазові хронометражні виміри за визначенням їх тривалості. В розрахунках взяті середні значення часу здійснення операцій.

Час переміщення верстата $T_{пер.вер}$ складався з тривалості окремих операцій і включав:

$$T_{пер.ст} = T_{кар_1} + T_{анк_1} + T_{кл_1} + T_{шл_1} + T_{руч} + T_{заб} + T_{анк_2} + T_{кл_2} + T_{кар_2} + T_{рів} + T_{пр} + T_{шл_2}, \text{ с,}$$

де $T_{кар_1}$ – переміщення каретки на середину для рівномірного розподілення центру ваги верстата;

$T_{анк_1}$ – розкріплення чотирьох анкерів;

$T_{кл_1}$ – вибивання чотирьох клинів;

$T_{шл_1}$ – від'єднання шлангів від станка;

$T_{руч}$ – ручне пересування станка ломами;

$T_{заб}$ – забурювання чотирьох шпурів для анкерів глибиною 250 мм;

$T_{анк_2}$ – встановлення чотирьох анкерів;

$T_{кл_2}$ – забивання чотирьох клинів;

$T_{кар_2}$ – переміщення каретки на край;

$T_{рів}$ – встановлення щогли за рівнеміром;

$T_{пр}$ – продування площадки від шламу для захисту шпурів;

$T_{шл_2}$ – приєднання шлангів.

Хронометражними вимірами встановлено, що тривалість $T_{пер.вер} = 30$ хв. Кількість шпурів, які можна пробурити з одного місця стояння, визначають за формулою:

$$n_{шт} = \frac{L}{a_с} = \frac{3000}{200} = 15 \text{ (шпурів),}$$

де L – максимальна довжина руху колони по напрямних рейках, мм;

$a_с$ – відстані між шпурами, мм.

Якщо числове значення $n_{шт}$ дробове, його округляють до цілого в меншу сторону. Отже, час переміщення бурового верстата, який затрачається на один вибурений шпур, буде враховуватись за формулою:

$$T_{пер.вер}^{штур} = \frac{60 T_{пер.вер}}{n_{шт}} = \frac{60 \cdot 30}{15} = 120 \text{ с.}$$

Час $T_{ц.шт_4}$ буріння одного шпуру складає:

$$T_{цик}^4 = 120 + 10 + 15 + 35 + 7 + 145 + 13 + 10 + 10 + 7 + 118 + 15 + 11 + 14 + 23 + 75 = 628 \text{ (с).}$$

Таким чином, технічна продуктивність Π_T^4 бурового верстата Spherical при бурінні гранітів родовища на глибину $H_{шпур}^{3,6} = 3,6$ м складає:

$$\Pi_m^4 = \frac{H_{шпур}^{3,6} 60}{T_{цик}^4} = \frac{3,6 \cdot 60}{628} = 0,34 \text{ (м/хв)}.$$

На буріння 1 м шпуру затрачається час:

$$T_{бур}^4 = \frac{T_{цик}^4}{H_{шпур}^{3,6} 60} = \frac{628}{3,6 \cdot 60} = 2,91 \text{ (хв/м)}.$$

Паспортна продуктивність при бурінні на глибину 1,6 м склала:

$$\Pi_n^2 = \frac{H_{шпур}^{1,6} 60}{T_{бур}^2} = \frac{1,6 \cdot 60}{145} = 0,66 \text{ (м/хв)},$$

на глибину 2,8 м:

$$\Pi_n^{3,2} = \frac{H_{шпур}^{2,8} 60}{T_{бур}^{3,2}} = \frac{(2,8-1,6) \cdot 60}{118} = 0,61 \text{ (м/хв)},$$

на глибину 3,6 м:

$$\Pi_n^4 = \frac{H_{шпур}^{3,6} 60}{T_{бур}^4} = \frac{(3,6-2,8) \cdot 60}{118} = 0,64 \text{ (м/хв)}.$$

Середня паспортна продуктивність склала:

$$\Pi_{н.ср} = \frac{\Pi_n^2 + \Pi_n^{3,2} + \Pi_n^4}{3} = \frac{0,66 + 0,61 + 0,64}{3} = 0,64 \text{ (м/хв)},$$

де k_T – коефіцієнт, який характеризує рівень механізації верстата $k_m = \frac{\Pi_e}{\Pi_m^4}$.

Максимальна змінна продуктивність бурового верстата Spherical досягала 100 м за восьмигодинну зміну. Отже, експлуатаційна продуктивність бурового верстата є:

$$\Pi_e = \frac{100 \cdot 60}{8} = 0,21 \text{ (м/хв)}.$$

Коефіцієнт експлуатаційних простоїв k_e складає:

$$k_e = \frac{\Pi_e}{\Pi_m^4} = \frac{0,21}{0,34} = 0,62.$$

Таким чином, експлуатаційну продуктивність бурового верстата Spherical можна розрахувати за формулою:

$$\Pi_e = k_m k_e \Pi_{н.ср} = 0,53 \cdot 0,62 \cdot 0,64 = 0,21 \text{ м/хв}.$$

Індивідуальне завдання

Варіант	Висота моноліту, м
1	2,0
2	2,1
3	2,2
4	2,3
5	2,4
6	2,5
7	2,6
8	2,7
9	2,8
10	2,9
11	3,0
12	3,1
13	3,2
14	3,3
15	3,4