УДК 622.035

Р.В. Соболевський, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПИЛЮВАННЯ БЛОКІВ НА ЗАГОТОВКИ ДИСКОВИМИ КАМЕНЕРОЗПИЛЮВАЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ

Розглянуто показники, які визначають ефективність розпилювання блоків на заготовки, на основі чого запропоноване вдосконалення технологічного процесу виготовлення облицювальних виробів.

Актуальність теми. Україна має велику кількість каменеобробних підприємств середньої та малої потужності, більшість з яких є приватними. Найбільш поширеним камененерозпилювальним обладнанням є дискові каменерозпилювальні верстати. На жаль, продукція, яку випускають вітчизняні каменеобробні підприємства має порівняно високу собівартість. Одною із найбільших складових собівартості продукції є вартість розпилювання блоків декоративного каменю. Тому досить актуальним напрямком наукових досліджень є вдосконалення технології розпилювання блоків на заготовки дисковими каменерозпилювальними верстатами.

Аналіз публікацій. Дослідженням процесу розпилювання блоків декоративного каменю в різний час займались різні дослідники: Барський О.О. [2], Сичов Ю.І. [10], [11], [12], [15], Берлін Ю.Я. [4], [11], Шалієв І.Я. [4], Александров В.О. [3], Варданян К.С. [5], Картавий М.Г. [14], Валуєв І.В. [14], Суботін Є.К. [6], [15], Захаров К.М. [6], Ісаков Т.Є. [7], Орлов О.М. [8], Поволоцький С.В. [9], Паволоцький В.С. [9], Туманян Р.Г. [13], Мирян Е.Є. [13], Барсегян В.В. [13], Волуев І.В. [14], Смелянська О.Л. [16], Першин Г.Д. [17], Чоботарев С.І. [17], Бакка М.Т. [1], [18], Мельничук П.П. [18] та багато інших.

Відомо, що вартість розпилювання блока алмазними дисковими пилами визначається головним чином витратою алмазів. Отже досить актуальним є пошук шляхів зменшення витрати алмазів.

Мета та задачі дослідження. Багато з вищеназваних авторів намагались досягнути цієї мети різними способами, але жоден з них не зупинявся детально на вивченні двостадійного розпилювання прямокутних і косокутних блоків.

Витрата алмазів q_F визначається за формулою [18], карат/м^2:

$$q_F = q \cdot b \cdot 10^6 \cdot k_в \cdot k_{ст} \cdot k, \qquad (1)$$

де q – питома витрата алмазу на руйнування одиниці об'єму породи, карат/мм^3;

b – ширина пропилу, мм;

$k_в$ – коефіцієнт, який враховує втрати при розпилюванні й залежить від технології обробки і тріщинуватості каменю;

$k_{ст}$ – коефіцієнт, який залежить від типу верстата;

k – коефіцієнт, який враховує специфічні особливості даного процесу.

Аналіз залежності 1 свідчить про те, що одним із шляхів вирішення цієї проблеми є зменшення ширини пропилу. Мінімізації ширини пропилу можна досягнути за рахунок зменшення товщини алмазної пилки. Але зваживши на те, що для розпилювання блоків застосовують пилки великого діаметра, значного зменшення ширини пропилу за рахунок зменшення товщини пилки досягнути без завдання шкоди якості процесу різання досить важко. Тому слід шукати альтернативні шляхи вирішення цієї проблеми.

Одним із можливих шляхів вирішення проблеми є використання дискових ортогональних верстатів. Але цей спосіб має ряд недоліків:

– він потребує значних капіталовкладень на придбання нового обладнання;

– вимагає наявності на підприємстві ще додатково дискового розпилювального верстата з великим діаметром фрези для виготовлення великогабаритних виробів (надгробних плит, стел та ін.).

Перспективним способом зменшення витрат алмазів є використання багатодискових верстатів, які реалізують ступеневе різання декоративного каменю (системи „Skaleta" та „лисячий хвіст"), але є деякі недоліки:

- ✓ обмеження заготовок по висоті (як правло висота заготовки не перевищує 400 мм);
- ✓ ширина пропилу дисками меншого і більшого діаметрів повинна співпадати, що різко обмежує максимальний діаметр дискової пилки, і відповідно перспективи щодо випуску великоформатних заготовок.

Вирішенням цієї проблеми може стати використання фрез великого діаметра для розпуску блока на великофрорматні заготовки (розміри заготовок дорівнюють одному із габаритних розмірів готового

 © Р.В. Соболевський, 2006

виробу), а фрези менших діаметрів для отримання з великоформатних заготовок продукції чи менших заготовок.

Запропонований варіант вирішення поставленої задачі має такі переваги:

- зменшується витрата алмазів за рахунок зменшення ширини пропилу;
- зменшується витрата алмазного інструмента за рахунок відбраковки отриманих великоформатних заготовок, які мають велику тріщинуватість;
- можливість виявлення прихованої тріщинуватості при мінімальних втратах алмазного інструмента;
- покращується якість отриманих виробів;
- дозволяє виготовляти вироби, які мають великі розміри (на відміну від дискових ортогональних верстатів);
- зменшуються втрати сировини на штиб.

Однак слід зважати і на недоліки:

- зменшується завантаження дискових верстатів, на яких встановлені фрези великого діаметра;
- зменшується продуктивність камнерозпилювальних верстатів.

Дослідимо ці питання більш детально.

При впровадженні запропонованої технології можна виділити такі варіанти розпилювання блока на великоформатні заготовки (рис. 1):

- при розпилюванні блока паралельно до меншої бокової грані (BB1CC1);
- при розпилюванні блока паралельно до більшої бокової грані (AA1BB1);
- при розпилюванні блока паралельно до основи (ABCD).

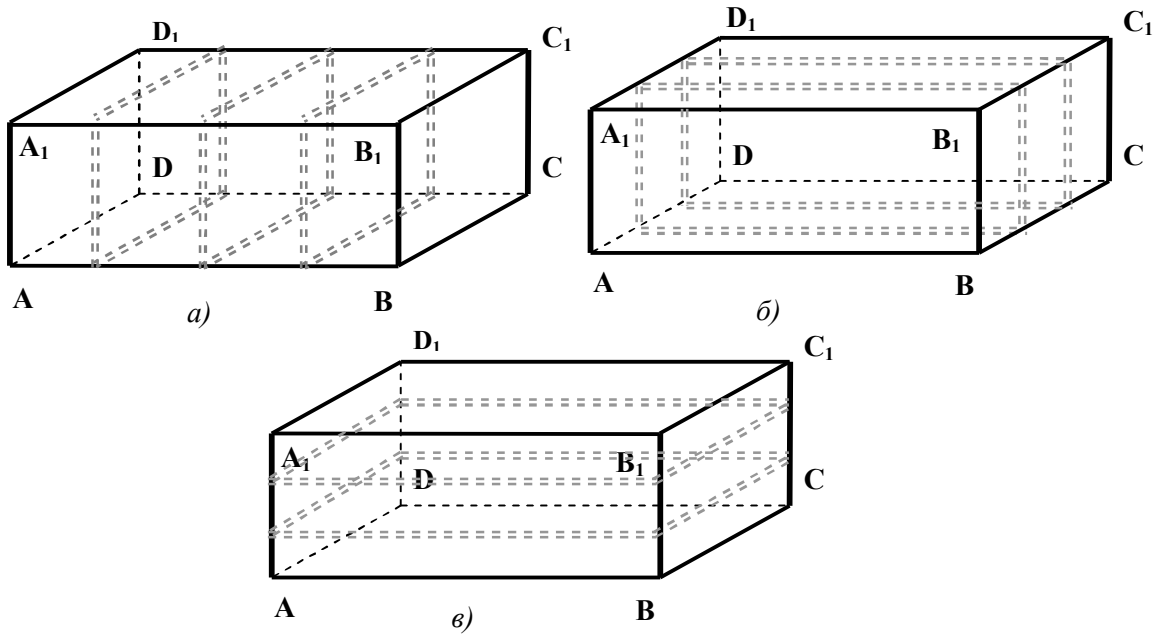

Рис. 1. Схеми отримання з блока великоформатних заготовок:
а – заготовки отримують при розпилюванні блока паралельно до меншої бокової грані (BB_1CC_1);
б – при розпилюванні блока паралельно до більшої бокової грані (AA_1BB_1);
в – при розпилюванні блока паралельно до основи (ABCD)

Далі при розпилюванні отриманих великоформатних заготовок на менші заготовки (розбрусовці) існує також декілька варіантів (рис. 2):

1, *а* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно основі блока;
2, *а* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно більшій грані блока;
1, *б* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно основі блока;
2, *б* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно меншій грані блока;
1, *в* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно більшій грані блока;
2, *в* – розпилювання великоформатної заготовки паралельно меншій грані блока.

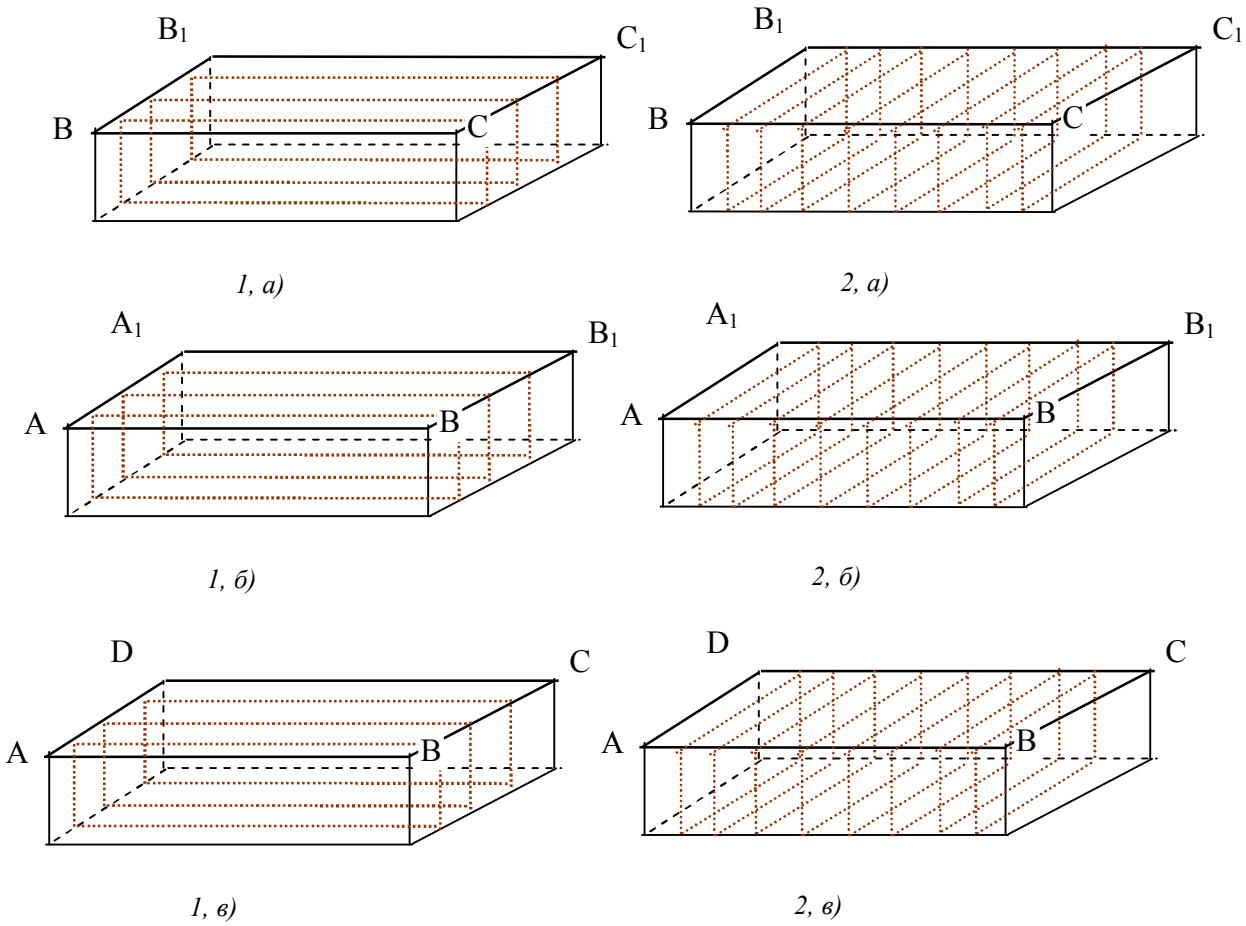

Рис. 2. Схеми розпилювання великоформатних заготовок на менші заготовки

Визначимо витрати алмазів при застосуванні запропонованих схем розпилювання:
у загальному випадку:

$$q_N = S_{p\max N} \cdot q_{F\max} + S_{p.\min N} \cdot q_{F\min}, \quad (2)$$

– для схеми 1, а, карат:

$$q_{1a} = (\frac{l}{b_{заг}} - 1) \cdot h \cdot b \cdot q_{F\max} + (\frac{h}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot b \cdot q_{F\min}, \quad (3)$$

– для схеми 2, а, карат:

$$q_{2a} = (\frac{l}{b_{заг}} - 1) \cdot h \cdot b \cdot q_{F\max} + (\frac{b}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot h \cdot q_{F\min}, \quad (4)$$

– для схеми 1, б, карат:

$$q_{1б} = (\frac{b}{b_{заг}} - 1) \cdot h \cdot l \cdot q_{F\max} + (\frac{h}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot l \cdot q_{F\min}, \quad (5)$$

– для схеми 2, б, карат:

$$q_{2б} = (\frac{b}{b_{заг}} - 1) \cdot h \cdot l \cdot q_{F\max} + (\frac{l}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot h \cdot q_{F\min}, \quad (6)$$

– для схеми 1, в, карат:

$$q_{1в} = (\frac{h}{b_{заг}} - 1) \cdot b \cdot l \cdot q_{F\max} + (\frac{b}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot l \cdot q_{F\min}, \quad (7)$$

– для схеми 2, в, карат:

$$q_{2в} = (\frac{h}{b_{заг}} - 1) \cdot b \cdot l \cdot q_{F\max} + (\frac{l}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot b \cdot q_{F\min}, \quad (8)$$

де $S_{p\max N}$ – площа розпилу, який виконується дисковою пилкою великого діаметра при застосуванні N-ї схеми розпилювання, м^2;

$S_{p.\min N}$ – площа розпилу, який виконується дисковою пилкою меншого діаметра при застосуванні N-ї схеми розпилювання, м^2;

l – довжина блока, м;

b – ширина блока, м;

h – висота блока, м;

$b_{заг}$ – ширина заготовки (дорівнює ширині або довжині виробу), м;

$b_{пл}$ – товщина виробу, м

$q_{F\max}$ – витрата алмазів на розпилювання блока дисковою пилкою великого діаметра, карат/м^2;

$q_{F\min}$ – витрата алмазів на розпилювання блока дисковою пилкою малого діаметра, карат/м^2.

Розпилювання косокутних блоків найбільш доцільно проводити за схемою 1, *в*. Витрата алмазів у цьому випадку становитиме:

$$q_{1в} = (\frac{h}{b_{заг}} - 1) \cdot b \cdot l \cdot q_{F\max} + (\frac{b}{b_{пл}} - 1) \cdot b_{заг} \cdot l \cdot q_{F\min} + \sum_{i=0}^{n-1} b_{заг} \cdot \operatorname{ctg}\alpha \cdot (b - i \cdot b_{пл} - b_{пл}) \cdot q_{F\min}, \quad (9)$$

де l – довжина прямокутної частини блока, м;

b – ширина блока, м;

h – висота блока, м;

$b_{заг}$ – ширина заготовки (дорівнює ширині або довжині виробу), м;

$b_{пл}$ – товщина виробу, м;

α – кут відхилення грані блока від перпендикулярності, град;

i = 0....n-1, де n – кількість плит, на які розпилюється блок на каменерозпилювальному верстаті.

$q_{F\max}$ – витрата алмазів на розпилювання блока дисковою пилкою великого діаметра, карат/м^2;

$q_{F\min}$ – витрата алмазів на розпилювання блока дисковою пилкою малого діаметра, карат/м^2.

При застосуванні запропонованої технології розпилювання очікується зменшення продуктивності каменерозпилювального обладнання:

$$\Delta П = П_{ф.макс.} - П_{ф.макс.N} - П_{ф.мін.N}, \quad (10)$$

де $П_{ф.макс.}$ – фактична продуктивність каменерозпилювального верстата, на якому встановлена дискова пилка великого діаметра при традиційному способі розпилювання блока, м^2/год;

$П_{ф.макс.N}$ – фактична продуктивність каменерозпилювального верстата, на якому встановлена дискова пилка великого діаметра при розпилюванні блока за запропонованою схемою, м^2/год;

$П_{ф.мін.N}$ – фактична продуктивність каменерозпилювального верстата, на якому встановлена дискова пилка меншого діаметра при розпилюванні блока за запропонованою схемою, м^2/год.

Фактична продуктивність розпилювального верстата визначається як:

$$П_ф = \frac{60 \cdot H_{\max} \cdot L_{\max} \cdot n_n}{t_{розп} + t_{доп}} \cdot \eta_n \cdot K_p, \quad (11)$$

де $H_{\max}$ та $L_{\max}$ – відповідно максимальна висота і довжина заготовок, що розпилюються, м;

n_n – кількість пил, які приймають участь у розпилюванні блока, шт.;

$t_{розп}$ – час, який витрачається безпосередньо на розпилювання, хв.;

$t_{доп}$ – час, який витрачається на допоміжні операції, хв.;

η_n – коефіцієнт використання обладнання в часі;

K_p – витратний коефіцієнт.

Час, який витрачається безпосередньо на розпилювання заготовки можна визначити із залежності:

$$t_{розп} = \frac{S_p}{3600 \cdot h_{\max} \cdot v_n \cdot n_n}, \tag{12}$$

де S_p – площа розпилу, м^2;

$h_{\max}$ – максимально допустима глибина різання, м;

v_n – оптимальна швидкість робочої подачі при глибині різання $h_{\max}$, м/с;

n_n – максимальна кількість пил, які встановлюються на верстаті, шт.;

Для визначення раціональної швидкості подачі [18] пропонують скористатись формулою:

$$v_n = \frac{0.78 \cdot r_з \cdot V_p \cdot \beta_n \cdot (1 - 10^{-3} \cdot K_o)}{C_p \cdot \arccos\left[\frac{R-H}{R}\right]} = \frac{0.78 \cdot r_з \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_0 \cdot R \cdot \beta_n \cdot (1 - 10^{-3} \cdot K_o)}{C_p \cdot \arccos\left[\frac{R-H}{R}\right]}, \tag{13}$$

де $r_з$ – радіус алмазного зерна, м;

V_p – швидкість різання, м/с;

β_n – коефіцієнт, який характеризує вплив міцності порід на режими різання;

K_0 – об'ємна концентрація алмаза в алмазоносному елементі, кг/м^3;

C_p – коефіцієнт, який характеризує розпушування гірських порід (для дискового інструмента C_p = 1,52);

R – радіус алмазного круга, м;

H – глибина пропилу, м;

n_0 – кутова швидкість обертання приводного вала, с$^{-1.}$

Тоді з врахуванням залежностей (12) та (13) вираз (11) набуде вигляду:

$$П_ф = \frac{\frac{60 \cdot H_{\max} \cdot L_{\max} \cdot n_n}{S_p}}{3600 \cdot h_{\max} \cdot \frac{0.78 \cdot r_з \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_0 \cdot R \cdot \beta_n \cdot (1 - 10^{-3} \cdot K_o)}{C_p \cdot \arccos\left[\frac{R-H}{R}\right]} \cdot n_n + t_{доп}} \cdot \eta_n \cdot K_p, \tag{14}$$

Врахувавши, що $h_{\max} = H$, а $S_p = H_{\max} \cdot L_{\max}$ вираз (14) набуде вигляду:

$$П_ф = \frac{\frac{60 \cdot S_p \cdot n_n}{S_p}}{17634.24 \cdot h_{\max} \cdot \frac{r_з \cdot n_0 \cdot R \cdot \beta_n \cdot (1 - 10^{-3} \cdot K_o)}{C_p \cdot \arccos\left[\frac{R-h_{\max}}{R}\right]} \cdot n_n + t_{доп}} \cdot \eta_n \cdot K_p, \tag{15}$$

Аналіз залежності (15) свідчить про те, що зменшення діаметра дискової пилки призведе до зменшення продуктивності каменерозпилювальних верстатів (при розпилюванні міцних порід I–III груп воно буде мінімальним, оскільки максимально допустима глибина різання не залежить від діаметра інструмента і становить 20–30 мм (багатопрохідне різання) [11]).

Запропонована технологія дозволить також досягнути збільшення продуктивності каменерозпилювального верстата за рахунок зменшення втрат сировини і відповідно витратного коефіцієнта K_p. Підвищення виходу готової продукції планується отримати за рахунок врахування тріщинуватості отриманих великоформатних заготовок.

$$K_p = \frac{S_{г.п.}}{S_p}, \tag{16}$$

де S_p – площа отриманого розпилу, м^2;

$S_{г.п.}$ – площа розпилу, який можна використовувати в подальшому технологічному процесі, м^2.

Розглянемо варіант, коли тріщини розташовані в межах однієї великоформатної заготовки. Можна виділити три основні варіанти (рис. 3):

- ✓ площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до основи блока;
- ✓ площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до меншої бокової грані;
- ✓ площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до більшої бокової грані.

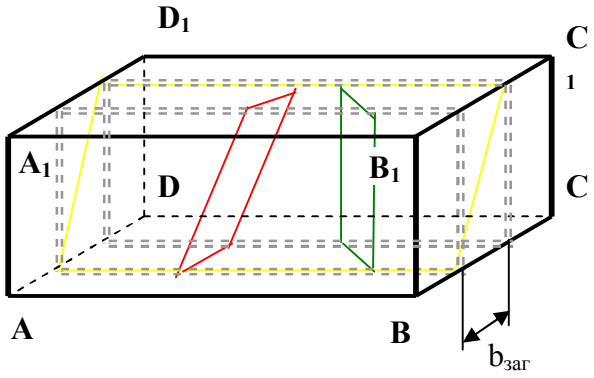

Рис. 3. Тріщинуватість блока

У випадку, коли площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до основи блока витратний коефіцієнт пропонується визначати із залежності:

– при традиційному способі розпилювання:

$$K_p = \frac{S_p - 2 \cdot \left[h \cdot b_{заг} \cdot \mathrm{ctg}\alpha - \sum_{i=0}^{n-1} h \cdot \mathrm{ctg}\alpha (b_{заг} - i \cdot b_{пл} - b_{пл}) \right]}{S_p}, \quad (17)$$

при запропонованому варіанті:

$$K_p = \frac{S_p - 2 \cdot h \cdot b_{заг} \cdot \mathrm{ctg}\alpha}{S_p}, \quad (18)$$

У випадку, коли площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до меншої бокової грані, витратний коефіцієнт буде мати великі значення:

– при традиційному способі розпилювання:

$$K_p = \frac{S_p - 2 \cdot h \cdot l \cdot (\frac{b_{заг}}{b_{пл}})}{S_p}, \quad (19)$$

– при запропонованому способі розпилювання:

$$K_p = \frac{S_p - 2 \cdot h \cdot l}{S_p}. \quad (20)$$

У випадку, коли площина, яка утворена тріщиною, перпендикулярна до більшої бокової грані, витратний коефіцієнт можна визначити із залежності:

– при традиційному способі розпилювання:

$$K_p = \frac{S_p - \sum_{j=0}^{N-1} b^2{}_{заг} \cdot \mathrm{ctg}\alpha}{S_p}, \quad (21)$$

при запропонованому варіанті:

$$K_p = \frac{S_p - 2 \cdot \left[h \cdot b_{заг} \cdot \mathrm{ctg}\alpha - \sum_{i=0}^{n-1} b_{заг} \cdot \mathrm{ctg}\alpha \cdot (h - i \cdot b_{пл} - b_{пл}) \right]}{S_p}, \quad (22)$$

де S_p – площа розпилу, отримана при розпилюванні всього блока, м^2;

l – довжина прямокутної частини блока, м;

b – ширина блока, м;

h – висота блока, м;

$b_{заг}$ – ширина заготовки (дорівнює ширині або довжині виробу), м;

$b_{пл}$ – товщина виробу, м;

α – кут відхилення грані заготовки від перпендикулярності, град;

i = 0, 1, 2, ...n-1, де n – кількість плит, на які розпилюється блок на каменерозпилювальному верстаті;

j = 0, 1, 2, ..., N-1, де N – кількість готових виробів, яку можна отримати після окантовки отриманого розпилу.

Аналіз отриманих залежностей (17–22) показує, що у більшості випадків, крім випадку, коли площина тріщини перпендикулярна до основи блока, запропонований спосіб розпилювання дозволяє значно підвищити значення витратного коефіцієнта K_p за рахунок можливості більш повного врахування прихованої тріщинуватості. Це дозволить збільшити продуктивність камнерозпилювальних верстатів і зменшити питомі витрати алмазів, електроенергії, води та праці.

Однак найбільш важливим показником є економічність процесу виготовлення виробів, яку можна оцінити за прибутком П. Прибуток (грн.) підприємства при розпилюванні блока за традиційною технологією $П_1$ співставляється з розрахунковим прибутком при розпилюванні блока за альтернативною технологією $П_2$, $П_3$, $П_4$, ..., $П_n$, потім найбільш ефективні з отриманих варіантів порівнюються між собою.

Прибуток при розпилюванні блока за традиційною технологією $П_1$ визначається за формулою:

$$П_1 = S_p \cdot B_{в.і} - q \cdot B_a - У \cdot S_p , \tag{23}$$

Прибуток при при розпилюванні блока за альтернативною технологією $П_2$, $П_3$, $П_4$, ..., $П_n$ визначається аналогічно:

$$П_n = S_{pN} \cdot B_в - q_{\ N} \cdot B_a - У \cdot S_{pN} - \sum_{к=1}^{m} (З_{п.п.к.} + З_{пр.к} + З_{д.в.к}) , \tag{24}$$

де $B_в$ – ринкова вартість отриманого розпилу, грн/м^2;

S_p, S_{pN} – відповідно обсяг отриманого розпилу при застосуванні традиційної і альтернативної технології, м^2;

q, q_N – відповідно витрати алмазів при застосуванні традиційної і альтернативної технології, карат;

B_a – вартість алмазів, грн/карат;

$У$ – прямі витрати на одиницю виготовленої одиниці i-го виду продукції за окремими статтями (витрати на основну і додаткову заробітну плату, амортизацію устаткування, сировину, матеріали, пальне, енергоносії тощо), грн;

$З_{п.п.к}$ – збитки підприємства за рахунок неповноти використання робочого простору каменеобробних верстатів $к$-го виду, грн.;

$З_{пр.к}$ – збитки підприємства за рахунок зменшення продуктивності каменеобробних верстатів $к$-го виду, грн.;

$З_{д.в.к.}$ – збитки підприємства за рахунок додаткових витрат для $к$-го виду обладнання (збільшений час комплектування ставки, розмітки отриманого розпилу при окантуванні, додаткові витрати на матеріали для комплектації ставки тощо), грн.;

Можливих збитків за рахунок зменшення випуску продукції можна уникнути, якщо розпуск великоформатних заготовок проводити на багатодискових верстатах, тоді прибуток при при розпилюванні блока за альтернативною технологією $П_2$, $П_3$, $П_4$, ..., $П_n$ визначається:

$$П_1 = S_{pN} \cdot B_в - q_{\ N} \cdot B_a - У \cdot S_{pN} - \sum_{к=1}^{m} (З_{п.п.к.} + З_{пр.к} + З_{д.в.к}) - У_{пр.} - У_{д.} , \tag{25}$$

де $У_{пр}$ – витрати на придбання спеціалізованого каменеобробного обладнання, грн.;

$У_д$ – додаткові витрати на придбання спеціалізованого інструменту, залучення фахівців та ін., грн.

Остаточно приймається та технологія розпилювання блока, при застосуванні якої з даної сировини забезпечується максимальний прибуток, який можна визначити за формулою (26):

$$\Delta П = \left[\begin{array}{l} S_p \cdot B_{в.і} - q_N \cdot B_a - У \cdot S_p - \\ \left[S_{pN} \cdot B_в - q_{\ N} \cdot B_a - У \cdot S_{pN} - \sum_{к=1}^{m} (З_{п.п.к.} + З_{пр.к} + З_{д.в.к}) \right] \end{array} \right] \longrightarrow \max . \quad (26)$$

Висновки. 1. Запропоновані альтернативні технології розпилювання блоків дозволяють розраховувати на збільшення прибутку каменеобробних підприємств за рахунок зменшення витрат алмазів при зменшенні обсягу робіт, які виконуються з використанням дискових пил великого діаметра;

2. У більшості випадків, крім випадку, коли площина тріщини перпендикулярна до основи блока, запропонований спосіб розпилювання дозволяє значно підвищити значення витратного коефіцієнта K_p, за рахунок можливості більш повного врахування прихованої тріщинуватості.

3. Це дозволить збільшити продуктивність камнерозпилювальних верстатів і зменшити питомі витрати алмазів, електроенергії, води та праці.

Можливих збитків за рахунок зменшення випуску продукції можна уникнути, якщо розпуск великоформатних заготовок проводити на багатодискових верстатах.

4. Остаточно приймається та технологія розпилювання блока, при застосуванні якої з даної сировини забезпечується максимальний прибуток, який можна визначити за формулою:

$$\Delta П = \left[\begin{array}{l} S_p \cdot B_{в.і} - q_N \cdot B_a - У \cdot S_p - \\ \left[S_{pN} \cdot B_в - q_{\ N} \cdot B_a - У \cdot S_{pN} - \sum_{к=1}^{m} (З_{п.п.к.} + З_{пр.к} + З_{д.в.к}) \right] \end{array} \right] \longrightarrow \max .$$

5. Впровадження запропонованих технологій розпилювання блоків дозволить в перспективі перейти до випилювання великоформатних заготовок пилками великого діаметра безпосередньо в кар'єрі, що дозволить значно знизити втрати сировини при видобуванні та підвищити економічність та екологічність процесу видобування декоративного каменю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бакка Н.Т.* Перспективные направления в технологи обработки природного камня в Украине // Горный журнал. – № 3. – 2001. – С. 17–18.
2. *Барский А.А.* Расчет параметров блоков природного камня // Строительные материалы. – 1988. – № 7. – С. 15–16.
3. *Александров В.А.* Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. – К.: Наукова думка, 1979. – 239 с.
4. *Берлин Ю.Я., Сычев Ю.И., Шалиев И.Я.* Обработка строительного декоративного камня. – Л.: Стройиздат, 1979. – 232 с.
5. *Варданян К.С.* Современные камнеобрабатывающие станки и поточные линии. – Ереван: Айстан, 1975. – 226 с.
6. *Захаров К.Н., Субботин Е.К., Сычев Ю.И.* Эксплуатация алмазных штрипсовых пил при распиловке блоков природного камня. – М.: Всесоюзный науч.-исслед. и конструкт.-технолог. ин-т природ. алмазов и инструмента, 1978. – 32 с.
7. *Исаков Т.Э.* Структурообразование исполнительных органов камнераспиловочных станков // Тр. Караганд. политехн. ин-та. – Караганда, 1982. – Вып. 11. – С. 21–22.
8. *Орлов А.М.* Добыча и обработка природного камня. – М.: Стройиздат, 1977. – 352 с.
9. *Поволоцкий С.В., Поволоцкий В.С.* Разработка и совершенствование оборудования для обработки природного камня. – М., 1982. (ТР ЦНИИ информ. и техн.-эконом. исслед. по строит., дор. и коммунал. машиностроению. Сер. 8. Вып. 3). – 30 с.
10. *Сычев Ю.И.* Работоспособность и долговечность камнеобрабатывающего оборудования // Строительные материалы. – 1979. – № 5. – С. 6–7.
11. *Сычев Ю.И., Берлин Ю.Я.* Распиловка камня. – М.: Стройиздат, 1989. – 320 с.
12. *Сычев Ю.И., Поволоцкий С.В.* Рекомендации по рациональной эксплуатации штрипсовых распиловочных станков. – М.: ВНИИ ЭСМ, 1979. – 72 с.
13. *Туманян Р.Г., Мсрян Ф.А., Барсегян Э.Е.* Оборудование для добычи и обработки природного камня. – М.:ВЦЦНИИТЭ строймаш. – 1980. – 230 с.
14. *Картавый Н.Г., Сычев Ю.И., Волуев И.В.* Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

15. *Субботин Е.К., Сычев Ю.И.* Эксплуатация алмазных отрезных кругов при обработке природного камня. Инструкция / НИИМАШ. – М., 1978. – 28 с.
16. *Смелянская О.Л.* Усовершенствование алмазной пилы для распиловки камня. – М.: ВНИИ ЭСМ. – Сер. 7. – 1977. – Вып. 11. – С. 29–30.
17. *Першин Г.Д., Чоботарев С.И.* Пути повышения эффективности распиловки природного камня алмазно-дисковыми пилами по системе „Skaleta” // Добыча, обработка и прменение прродного камня: Сб. науч. тр. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – С. 117–129.
18. *Бакка Н.Т., Мельничук П.П.* Инструмент и материалы для добычи и обработки природного камня. – Ж.: ЖИТИ, 2002. – 436 с.

СОБОЛЕВСЬКИЙ Руслан Вадимович – кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехнологій і промислової екології Житомирського державного технологічного університету

Наукові інтереси:
- видобування і переробка декоративно-облицювального каменю;
- екологічно орієнтовані технології.

Подано 26.03.2006