УДК 679.8

В.В. ПЕГЛОВСЬКИЙ,
кандидат технічних наук
ІВЦ «АЛКОН» НАН України

Дослідження трудомісткості виготовлення виробів з каменю

Частина 4. Трудомісткість виготовлення виробів з каменю

Исследована возможность расчетным путем на стадии проектирования изделий из камня оценить трудоемкость их изготовления в зависимости от геометрических размеров и форм этих изделий, степени механизации производственного процесса, в соответствии с которым они изготавливаются, трудоемкости обработки и полирования камня алмазно-абразивным инструментом, сложности изделий, стоимости или редкости камня и назначения изделия. Приведены данные по трудоемкости изготовления некоторых изделий из камня.

Possibility is investigational a calculation a way yet on the stage of planning of wares from a stone, to estimate labour intensiveness of their making depending on geometrical sizes and forms of these wares, degrees of mechanization of production process which they are made in accordance with, to labour intensiveness of treatment and polishing of stone a diamond-abrasive instrument, complication of wares, cost or rareness of stone and setting of good, making of some wares given on labour intensiveness is resulted from a stone.

У першій частині цієї роботи були встановлені закономірності, що пов'язують міцність синтетичних алмазів алмазоносного шару каменеобробного інструменту, їх розмір та концентрацію з продуктивністю обробки каменю [1]. У наступній частині було проаналізовано вплив на продуктивність обробки каменю технологічних параметрів процесу обробки: лінійної швидкості, приведеного питомого тиску та розходу МОТС [2]. У третій частині роботи була розглянута можливість розрахунковим способом оцінити продуктивність обробки каменю на окремих технологічних операціях, а також приблизно встановлена питома вага трудомісткості кожної з основних груп технологічних операцій у загальному циклі виготовлення таких виробів [3].

Метою четвертої частини роботи є вивчення можливості розрахунковим способом оцінити трудомісткість виготовлення виробів з каменю, в тому числі ще на стадії їх проектування.

Основною одиницею розрахунку трудомісткості виготовлення деталі (виробу) є норма штучного часу ($Т_{шт}$) – часу, який потрібен для виготовлення одиниці виробу. Існуючі нормативні документи встановлюють такі визначення [4]. Норма оперативного часу ($Т_{оп}$) – норма часу на виконання технологічної операції, яка є частиною норми штучного часу ($Т_{шт}$) та являє собою суму основного і допоміжного часу: $Т_{оп} = Т_{ос} + Т_{до}$. Норма основного часу ($Т_{ос}$) – норма часу, яка направлена на досягнення безпосередньої мети технологічної операції щодо якісної або кількісної зміни предмету праці. Норма допоміжного часу ($Т_{до}$) – норма часу на здійснення дій, що створюють можливість виконання основної роботи, яка є метою технологічної операції. Ці терміни нами вже розглядались під час розрахунку трудомісткості полірування [5].

Під час виготовлення виробів з каменю норму штучного часу ($Т_{шт}$) визначають, виходячи з діючих норм оперативного часу ($НТ_{оп}$), площі обробленої поверхні ($П_{п}$), площі необроблюваної (не повністю оброблюваної) поверхні (враховується коефіцієнтом К) [6, 7] і ряду коефіцієнтів, що враховують відповідно оброблюваність ($К_1$) і полірується ($К_4$) різних видів каменю, трудомісткість підготовки виробництва ($К_2$), кількість допоміжних операцій ($К_3$), можливу необхідність виготовлення

спеціального оснащення, а також існуючі ризики, які виникають під час виготовлення виробів з найбільш цінних чи рідкісних видів каменю, виробів складних просторових форм і особливо відповідальних деталей (K_5). Вираз для розрахунку норми штучного часу:

$$T_{шт} = НТ_{оп} \times П_п \times К \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \quad (1)$$

Площа обробленої поверхні (Пп) деталі (виробу) може визначатися з необхідною точністю, виходячи з відомих методів проектування виробів з каменю [8, 9], заснованих на створенні віртуальних тривимірних параметричних моделей таких деталей (виробів) [10].

У разі відсутності розроблених тривимірних параметричних моделей площа оброблюваної поверхні може оцінюватися приблизно (по кресленнях, ескізах) або з урахуванням ваги деталі (виробу). При цьому застосовується припущення, що трудомісткість обробки цієї деталі відповідає трудомісткості обробки деталі тої самої ваги (В), яка має форму куба.

Ребро такого куба ($a_к$) дорівнює:

$$a_к = \sqrt[3]{B/2.7}$$

де 2,7 – середня питома вага каменю (може істотно відрізнятися для деяких його видів) [11], а площу оброблюваної поверхні можна приблизно розрахувати за допомогою виразу: $П_п = 6 \times a_к^2 \times К$, де К – коефіцієнт, що враховує повноту обробки поверхні деталі. У випадках, коли вага деталі точно не визначена, її можна приблизно розрахувати за допомогою виразу В = 2,7×а×в×с, де а, в, с – розміри деталі.

Для визначення повноти обробки поверхні деталі технолог виходить з того, яка частина площі поверхні деталі проходить весь цикл обробки (різання, чорнове і чистове шліфування, полірування), а яка частина деталі може бути не полірованою, не проходить операції чистового шліфування або залишається необробленою (дикою). При цьому він також враховує питому вагу трудомісткості кожної технологічної операції в загальному об'ємі трудомісткості виготовлення деталі або виробу [3].

Операції з виготовлення виробів з каменю, як й інших виробів, розрізняють за рівнем механізації (ручні, механізовані, верстатні) [12], але випадки, коли вироби з каменю повністю виготовляють вручну, практично відсутні. Тому за рівнем механізації будемо розрізняти: верстатний і комбінований методи виготовлення виробів. У таблиці 1 представлені зведені дані норм оперативного часу для верстатного і комбінованого методів виготовлення виробів з каменю. Більш повні дані наведено у відповідних нормах [6].

Таблиця 1. Норми оперативного часу ($НТ_{оп}$), використовувані під час виготовлення виробів з каменю

Спосіб виготовлення	Найменування операцій, характеристика	$НТ_{оп}$, хв./дм^2
1. Верстатний	Різання, шліфування чорнове і чистове, полірування – всі операції верстатні	29,0-41,0
2. Комбінований	Різання (верстатне або механізоване), шліфування чорнове і чистове (всі механізовані або верстатні), шліфування чистове (ручне)	36,0-104,0

У таблиці 2 представлені поправкові коефіцієнти (K_1), які у виробничих умовах НТАК «Алкон» НАН України використовують для розрахунку трудомісткості обробки різних видів каменю. Повний перелік найменувань каменів, що належать до кожної з груп, а також основні критерії розподілу каменів на групи (фізико-механічні властивості, хімічний та мінералогічний склад, енергоємність та трудомісткість обробки) докладно описані раніше, а остаточний розподіл їх на групи за оброблюваністю наведено у роботі [13].

Таблиця 2. Значення поправкового коефіцієнта (K_1) для каменів різних груп оброблюваності

Група оброблюваності	1	2	3	4	5
Значення коефіцієнта K_1	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0

У разі визначення штучного часу оперативний час корегується на коефіцієнт K_2 = 1,1-1,5. Цей коефіцієнт (K_2), отриманий у результаті аналізу фактичних витрат часу під час виготовлення каменерізних виробів [14], враховує час, необхідний на підготовку робочих і засобів виробництва до виконання технологічної операції і приведення цих засобів в первинний стан після її закінчення, а також час особистих потреб [4].

Час на допоміжні виробничі технологічні операції, які не увійшли в таблицю 2 [3] (підготовка, переміщення, розмітка, контроль якості, монтування, підгонка, комплектація, підбір каменю за малюнком, упаковка тощо), приймається технологом у межах 10 % від загального часу на основні технологічної операції для кожного найменування.

У таблиці 3 наведено зведені дані, які дозволяють технологу визначити час, необхідний на ці операції, за допомогою поправкового коефіцієнта (K_3) для деталі, виробу і набору виробів. Повна розшифровка значення цього коефіцієнта для різних виробів представлена в нормативному документі [6].

Таблиця 3. Коефіцієнти корегування штучного часу (K_3) залежно від кількості допоміжних технологічних операцій

Вид виготовлюваного виробу	Значення коефіцієнта K_3
1. Деталі	1,3
2. Прості вироби (одна-три деталі)	1,5
3. Складні вироби (чотири і більше деталей)	1,6
4. Набори виробів (дві і більше складальні одиниці)	1,7

Залежно від здатності природних каменів приймати поліровку і трудомісткос-

ті цієї операції всі види каменів розподіляють за поліруємістю, а критерії (блиск, шорсткість та ін.), які при цьому використовують, були описані раніше [15, 5]. У таблиці 4 наведено значення поправкового коефіцієнта (K_4), які враховують

Таблиця 4. Значення поправкового коефіцієнта (K_4) для каменів різних груп поліруємості

Група поліруємості	1	2
Значення коефіцієнта K_4	1,0	1,25

цю різницю для каменів різних груп. Перелік основних найменувань каменів, які належать до кожної з груп, подано в роботі [5].

Під час проведення розрахунків щодо трудомісткості виробів з каменю час на виробничі технологічні операції може корегуватися технологом у бік зменшення трудомісткості, виходячи з наявного досвіду виготовлення таких виробів.

У виняткових випадках для особливо складних геометричних форм поверхонь деталей з каменю (сфера, сфероїд, конус, тор, а також при перетині циліндричних і складніших поверхонь), під час виготовлення складних виробничо-технічних виробів, або таких, що працюють у високотехнологічних установках (ступки, млини і ін.), а також під час виготовлення деяких декоративно-художніх виробів з найдорожчих або рідкісних видів каменю, виготовлення яких пов'язане з певними фінансовими ризиками, додатково використовують поправковий коефіцієнт K_5=1,0-1,5.

У таблиці 5 наведено дані з трудомісткості (розрахункової та фактичної) виготовлення деяких виробів з каменю, причому розрахункова трудомісткість була попередньо обчислена за допомогою викладених вище принципів. Середня похибка в усіх наведених прикладах становить 12,5 %. На рисунку 1 показано зовнішній вигляд та подано стислу характеристику 1–4 виробів з таблиці 5, зовнішній вигляд виробів 5–8 з цієї таблиці був показаний раніше [3].

Таким чином, у нашій роботі встановлена можливість розрахунковим способом визначити трудомісткість виготовлення різних виробів з каменю з урахуванням геометричних розмірів та форм цих виробів, ступеня механізації виробничого процесу їх виготовлення, виду каменю, з якого вони виготовлені (його оброблюваності та поліруємості), цінності цього каменю, а також складності виробів і їх призначення.

Висновки

У результаті цієї частини роботи з урахуванням матеріалів, викладених у 1–3 її частинах, встановлена можливість: оцінити та розрахувати кількісний вплив параметрів алмазного інструменту і технологічних параметрів процесу на продуктивність обробки каменю; оцінити та розрахувати продуктивність обробки каменю на окремій технологічній операції, встановити питому вагу трудомісткості основних технологічних операцій каменеобробки в загальному циклі виготовлення виробів з каменю; розрахунковим шляхом, у тому числі ще на стадії проектування цих виробів, оцінити трудомісткість їх виготовлення залежно від геометричних розмірів та форм цих виробів, ступеня механізації виробничого процесу їх виготовлення, оброблюваності та поліруємості каменю, цінності каменю, складності виробів та їх призначення.

Таблиця 5. Трудомісткість виготовлення деяких виробів з каменю

Найменування виробів	Трудомісткість, год./шт.		
	Фактична	Розрахункова	Похибка, %
1. Набір письмовий	109,0	125,0	12,8
2. Ступка	52,0	49,8	4,4
3. Підставка	5,2	5,8	10,4
4. Підставка з литою фігурою	15,9	14,0	13,6
5. Підставка під олівці з годинником	10,8	10,0	8,0
6. Підставка під папірці	5,2	7,9	34,2
7. Підсвічник	4,1	3,9	5,1
8. Ваза	31,0	27,5	11,3

Використана література

1. *Пегловський В.В.* Дослідження трудомісткості виготовлення виробів з каменю. Частина 1 // Коштовне та декоративне каміння. – 2012. – № 3 (69). – С. 12–15.
2. *Пегловський В.В.* Дослідження трудомісткості виготовлення виробів з каменю. Частина 2 // Коштовне та декоративне каміння. – 2013. – № 1–2 (71–72). – С. 4–8.
3. *Пегловський В.В.* Дослідження трудомісткості виготовлення виробів з каменю. Частина 3 // Коштовне та декоративне каміння. – 2013. – № 1–2 (71–72). – С. 9–11.
4. ДСТУ 2391–94. Система технологической документации. Термины и определения. – Введ. 01.01.1994 г.
5. *Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н.* Дослідження трудомісткості

1

2

3

4

Рисунок 1. Деякі зразки виробів з каменю, які обрані для вивчення трудомісткості їх виготовлення: 1 – набір письмовий (мармур); 2 – ступка (кварцит); 3 – підставка (мармур); 4 – підставка з литою фігурою (нефрит)

полірування природного каміння. Частина 2 // Коштовне та декоративне каміння. – 2012. – № 2 (68). – С. 8–11.

6. Нормы времени на выполнение производственных технологических операций по изготовлению базовых экспериментальных образцов изделий из природных декоративных и полудрагоценных камней в производственных условиях государственного предприятия ИПЦ «Алкон» Национальной академии Наук Украины. – Введ. 03.01.2012 г.

7. Местные нормы времени и расценки на скульптурно-технические камнетесные работы при создании скульптурных произведений из мрамора и гранита. СХУ. КСХ. КТПК «Художник». – Введ. 01.01.2000 г.

8. *Сидорко В.І., Пегловський В.В., Лях ов В.Н., Поталико О.М.* Сучасні методи проектування виробів з природного каменю. Частина 1 // Коштовне та декоративне каміння. – 2008. – № 4 (54). – С. 12–17.

9. *Сидорко В.І., Пегловський В.В., Лях ов В.Н., Поталико О.М.* Сучасні методи проектування виробів з природного каменю. Частина 2 // Коштовне та декоративне каміння. – 2009. – № 1 (55). – С. 10–15.

10. *Рон К.С. Чен.* Autodesk Inventor. – Москва.: Лори, 2002. – 568 с.

11. *Пегловський В.В., Сидорко В.І., Лях ов В.Н., Поталико О.М.* Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 2 // Коштовне та декоративне каміння. – 2009. – № 3 (57). – С. 16–21.

12. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. – Введ. 01.01.78.

13. *Пегловський В.В., Сидорко В.І., Лях ов В.Н., Поталико О.М.* Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 8 // Коштовне та декоративне каміння. – 2011. – № 1 (63). – С. 16–22.

14. Изделия камнерезные ТУУ 26.7–23504418–001:2007. – Введ. 01.05.2007 г.

15. *Пегловський В.В., Сидорко В.І., Лях ов В.Н.* Дослідження трудомісткості полірування природного каміння. Частина 1 // Коштовне та декоративне каміння. – 2012. – № 1 (67). – С. 10–13.

16. *Кирьянов Д.В.* Mathcad 13. – СПб.: БВХ-Петербург, 2006. – 590 с.