

високою марочною міцністю, низькими показниками усадки в повітряно-сухих умовах тверднення, підвищеною водонепроникністю та корозійною стійкістю.

1. Зайченко Н.М. *Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой* / Зайченко Николай Михайлович. – [монографія]. – Макеевка: ДонНАСА, 2009. – 207 с. 2. Рунова Р.Ф. *Формування мезоструктури високоміцних бетонів* / Р.Ф. Рунова, В.В. Троян, В.В. Товстоніс // *Науково-технічний збірник „Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка”*. – Вип. 35. – 2010. – С. 25–29. 3. Paschmann H. *Self compacting concrete – practical advice* // *Concrete Plant + Precast Technology*. – 1999. – № 11. – Р. 34–42. 4. *Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво* / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, М.А. Саницький та ін. – К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. – 360 с. 5. Ушеров-Маршак А.В. *Современный товарный бетон* // *Материали I Междунар. науч.-практ. конф. „Товарный бетон. Новые возможности в строительных технологиях”*: Материали конференції. – Харьков, 2008. – С. 8–15. 6. *Properties of self-compacting concrete with slag fine aggregates* / M. Shoya, S. Sugita, Y. Tsukinada [at el] // *Creating with Concrete: International Conf., 1999: Proc. – Dundee (Scotland), 1999. – P. 121–130*. 7. Позняк О.Р. *Физико-химические особенности процессов гидратации модифицированных цементирующих систем* / О.Р. Позняк, У.Д. Марущак, И.И. Киракевич // *Сб. докл. 3-го (XI) Междунар. совещания по химии и технологии цемента*. – М.: Экспоцентр, 2009. – С. 174–178.

УДК 624.132.3:621.879

Я.Й. Коцій

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельного виробництва

## ВИБІР ОБМЕЖЕНЬ КРИТЕРІЮ ОПТИМАЛЬНОСТІ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБЛЕННЯ КОТЛОВАНІВ

© Коцій Я.Й., 2011

**Проаналізовано фактори, що визначають потрібний рівень якості робіт при влаштуванні котлованів і запропоновано обмеження критерію оптимальності економіко-математичного моделювання процесів влаштування різних за складністю геометрій котлованів.**

**Ключові слова:** економіко-математичного моделювання, котлован.

**In the articles analysed factors which determine the necessary level of quality of works at arranging of foundation pits and limitations of criterion of economic and mathematical design of processes of arranging of different after complication of geometry foundation pits are offered.**

**Keywords:** ekonomiko mathematical design, foundation pit.

**Вступ.** На розв’язок задачі з обґрунтування області раціонального використання різних комплексів машин значно впливає оцінка можливості досягнення даним комплексом потрібного рівня якості споруди, при чому виконання вимог нормативних документів повинно бути досягнуто з максимальною продуктивністю і найкращими техніко-економічними показниками.

Рядом науковців [1, 2] було розділено поняття якості кінцевої будівельної продукції і виконання будівельно-монтажних робіт. До якості готових споруд, у нашому випадку – котлованів – можна віднести сукупність їх якостей, які характеризують такі рівні:

- техніко-економічний (собівартість і трудомісткість виконання робіт);
- об'ємно-планувальний (відповідність проектних рішень підземної частини будівель сучасним вимогам за мінімальних обсягів ручних земляних робіт);
- технологічний (складність геометрії котловану і відповідно наявність ручної праці, здавання об'єкта в директивні терміни).

Якість виконання земляних робіт під час влаштування котлованів визначається сукупністю властивостей процесів розроблення ґрунту, від яких залежить відповідність цього процесу та його результату проектам і нормативним вимогам. До цих вимог можна віднести:

- повне і раціональне використання потенційних можливостей машини, якнайкраще виконання функцій, для яких призначена машина;
- ув'язка машин у технологічній ланці, відповідність кваліфікації машиністів виконуваних робіт;
- оптимальне використання машин у часі з врахуванням організації, матеріального і оперативного виконання робіт.

Між якістю готової споруди та якістю виконання робіт існує тісний взаємозв'язок. Відповідно до цього необхідно виділити групу факторів, які визначають потрібний рівень якості робіт.

#### I. Конструктивно-технічні фактори:

а) технологічні можливості машин комплексу для виконання основних видів робіт, ступінь їх завантаження;

б) ергономічні властивості машин:

- фізіологічні (відповідність машини силовим, швидкісним і енергетичним можливостям людини);
- психофізіологічні (відповідність машини зоровим і психофізіологічним можливостям людини);
- антропометричні (відповідність кабіни машини розмірам людини, формі тіла і розподіленню його маси);
- гігієнічні (привітрюваність, температура, вологість, тиск, задимленість шум і вібрація).

#### II. Організаційно-технологічні фактори:

а) раціональне розподілення і підбір складу машин на об'єкти (графік руху машин по об'єктах);

б) рівень кваліфікації кадрів механізаторів.

#### III. Технологічні фактори, що включають:

а) вибір технології виконання механізованого процесу, використання змінних робочих органів залежно від складності геометричних параметрів споруди;

б) вибір раціональної схеми руху машин у межах робочої зони і визначення технологічних параметрів машин.

IV. Метеорологічні фактори, що передбачають необхідність виконання викінчуваних робіт при несприятливих метеоумовах безпосередньо перед влаштуванням фундаментів для того, щоб уникнути погіршення властивостей ґрунтів та якості підготовленої основи.

Перша група факторів залежить від технічного рівня машин. Між двома наступними групами факторами існує тісний взаємозв'язок. По-перше, це вплив рівня кваліфікації і стажу роботи машиністів на виконання механізованих процесів (основним чином, зачищення дна і влаштування прямиків котлованів з максимальною продуктивністю), на вибір раціональних схем руху і технологічних параметрів роботи провідної машини. По-друге, в умовах сучасних форм господарювання важливо правильно підібрати комплексно-механізовану бригаду, від чого залежатиме технологія влаштування споруди.

Від метеорологічних факторів залежить організаційно-технологічна підготовка робіт, зокрема складання графіків руху машин з врахуванням ймовірного розподілення несприятливих погодних умов. При цьому завершення викінчувальних робіт котлована необхідно виконувати

безпосередньо перед початком робіт із зведення фундаментів з метою уникнення погіршення властивостей ґрунтів.

З урахуванням забезпечення якості і продуктивності виконання робіт область ефективного використання комплексів машин може бути встановлена на основі економіко-математичного моделювання процесів розроблення різних за складністю геометрії котлованів. Моделювання слід виконувати стосовно конкретних умов роботи будівельних організацій на стадії розроблення проекту виконання робіт (ПВР) з використанням ЕОМ.

Оскільки економіко-математичні моделі є абстрактним відображенням реальних процесів, то вони здатні достатньо точно охарактеризувати ці процеси, враховуючи їх основні фактори. За кількістю факторів, розглянутих під час моделювання, можна судити про ступінь їх достовірності. Проте модель повинна бути простою і доступною для математичного обґрунтування, що може бути реалізовано в результаті аналізу різних факторів, правильної постановки завдань досліджень.

Відносно комплексів машин, які задіяно у землерийних і транспортних процесах, як критерій оптимальності найбільш придатні приведені витрати:

$$Z = C + E_n K \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $C$  – поточні витрати (собівартість);  $E_n$  – нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень;  $K$  – капітальні вкладення (або виробничі фонди).

Мінімізуюче значення функцій мети буде оптимальним відносно можливих варіантів схем формування комплексів під час проведення земляних робіт.

Проте економіко-математичну модель не можливо побудувати лише на основі формалізації критерію оптимальності за допомогою функцій мети. Цю задачу можна розв'язати у взаємозв'язку з вибором обмежень моделі, виражену в кількісному і якісному обмеженні її параметрів.

При визначенні оптимальних комплексів машин для влаштування котлованів кількісними обмеженнями економіко-математичної моделі можуть бути терміни завершення будівництва об'єкта, на які впливає один із факторів зміни експлуатаційної продуктивності провідної машини – складність геометрії котлована.

Якісними обмеженнями моделі може бути врахування метеорологічних факторів, тобто ймовірний розподіл погодних умов, від яких залежатиме вибір технологічних схем формування комплексів. Тобто якісні обмеження моделі функціонуватимуть залежно від кліматичної зони, в межах якої розташована будівельна організація і сезонності проведення робіт.

На терміни завершення робіт значно впливає величина експлуатаційної продуктивності, яка визначається як фізико-механічними властивостями ґрунтів, так і цілим рядом технологічних і організаційних факторів. З урахуванням цього критерій оптимальності у загальному вигляді:

$$Z = f(g, G_{ад}, E, q_{ан}, L_0, n, p, V_0, V_{сг}, V_{сд}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $\gamma$  – щільність ґрунту, що розробляється, т/м<sup>3</sup>;  $G_{гр}$  – група ґрунту;  $E$  – місткість ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;  $q_{ас}$  – вантажопідйомність автосамоскида, т;  $L_0$  – відстань до відвалу ґрунту, т;  $n, p, V_0$  – незалежні змінні, що визначають значення показника рівня продуктивності екскаватора;  $n$  – загальна кількість горизонтальних площин котлованів;  $p$  – загальна кількість вертикальних і похилих площин котлованів;  $V_0$  – об'єм ґрунту котловану, м<sup>3</sup>;  $V_{зм}$  – об'єм механізованих зачисних робіт при влаштуванні котловану, м<sup>3</sup>;  $V_{зр}$  – об'єм ручних зачисних робіт в котловані, м<sup>3</sup>.

Дослідження функції мети (2) на екстремум можливо після виявлення діапазонів зміни показника рівня продуктивності екскаваторів, а також класифікації котлованів за складністю їх геометрії.

Оскільки множинний регресійний аналіз з достатньою ймовірністю дає змогу встановити оптимальну форму залежностей між значеннями незалежних перемінних  $n, p, V_0$  з врахуванням коефіцієнтів їх вагомості і величиною результуючого показника рівня продуктивності, автором на основі теоретичних досліджень було встановлено зміну рівня продуктивності екскаватора в межах 0,589 до 1,306.

Для побудови економіко-математичної моделі необхідно мати чіткішу інформацію про межі зміни значень незалежних змінних, що характеризують геометрію котловану. Для цього було

побудовано шкалу категорій котлованів залежно від складності їх геометрії. Для класифікації котлованів за категоріями складності було застосовано метод контрольних лімітів для середніх арифметичних, винайдений Л.І. Бароном [3].

На основі виконаних розрахунків було побудовано класифікацію котлованів за складністю їх геометрії, яка має такий вигляд.

Шкала категорій	Коефіцієнт рівня продуктивності $K_{pp}$	
I категорія	-	$< 0,98$
II категорія	$> 0,9$	$\leq 0,98$
III категорія	$> 0,8$	$\leq 0,9$
IV категорія	$> 0,74$	$\leq 0,8$
V категорія	-	$\leq 0,74$

**Висновки.** Проведений автором аналіз результатів досліджень дав змогу зробити висновок:

- для всіх категорій складності величин перемінних  $n$  і  $p$  можуть мати мінімальне і максимальне значення в різних поєднаннях;
- величини об'ємів котлованів набувають певного значення для різних категорій складності котлованів.

Цей висновок має важливе значення для подальшого розроблення економіко-математичної моделі процесів влаштування котлованів.

1. Пицаленко Ю.А., Покрасс Л.И. Управление качеством строительства. – К.: Вища шк., 1985. – 120 с. 2. Дегтярев А.П., Рейш А.К., Руденский С.И. Комплексная механизация земляных работ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 335 с. 3. Барон Л.И. Горно-технологическое породоведение. Предмет и способы исследования. – М.: Наука, 1977. – 324 с.