

Технические науки

УДК 624.011.2:668.3

**Супрун Олег Юрійович**

пошукач кафедри технології будівельного виробництва  
і будівельних матеріалів  
Харківський національний університет  
міського господарства ім. О.М.Бекетова

**Супрун Олег Юрьевич**

соискатель кафедри технологии строительного производства  
и строительных материалов  
Харьковский национальный университет  
городского хозяйства им. А.Н.Бекетова

**Suprun O. Yu.**

Ph.D. student of department  
construction technologies and building materials  
O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВСТАНОВЛЕННЯ В БЕТОНІ АНКЕРІВ НА АКРИЛОВИХ КОМПОЗИЦІЯХ**

*Анотація.* Наведено результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість встановлення в бетоні хімічних анкерів з використанням акрилових композицій.

*Ключові слова:* анкер, акрилова композиція, фактор, імітаційна модель, експертна оцінка.

*Аннотация.* Приведены результаты исследования влияния организационно-технологических факторов на продолжительность установки в бетоне химических анкеров с использованием акриловых композиций.

**Ключевые слова:** анкер, акриловая композиция, фактор, имитационная модель, экспертная оценка.

**Summary.** The paper presents the results of research of the activities of organizational and technological factors on the duration of the installation in concrete chemical anchors with acrylic compositions.

**Keywords:** anchor, acrylic composition, factor, imitating model, expert assessment.

**Постановка проблеми.** Загальновідомо, що прогнозування – наукове дослідження конкретних перспектив розвитку якого-небудь процесу. Одним з показників ефективності будівельного процесу є тривалість, прогнозування якої необхідно для скорочення термінів і зниження вартості будівництва [1]. При організаційно-технологічному проектуванні робіт з установами хімічних анкерів спостерігається дефіцит науково-методичних розробок з прогнозування параметрів процесу. При цьому обсяги анкероустановлювальних робіт постійно зростають [2, с. 26; 3, с. 47; 4, с. 35].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ґрунтовні праці в галузі дослідження параметрів анкерних з'єднань [5, 6, 7] мають зміст, що відбиває насамперед аспекти міцності та надійності. Досліджувалися показники ефективного використання епоксидних композицій, взаємозв'язок міцності та діаметру болтів, показники поведінки з'єднань в умовах сейсмічних впливів та ін. На цей час в даному проблемному полі недостатньо публікацій щодо прогнозування параметрів технологічного процесу установами анкерів.

**Мета дослідження.** Створення методики прогнозування параметру тривалості виконання робіт при установах в бетоні анкерів з

використанням акрилових композицій з урахуванням впливу організаційно-технологічних факторів.

**Виклад основного матеріалу.** При зростанні сукупності факторів, що впливають на точність прогнозу, застосовуються основні методи прогнозування: статистичні методи; методи моделювання; методи експертних оцінок; оцінка по аналогу; інтуїтивні методи. Імітаційні моделі широко використовуються для прогнозування техніко-економічних показників [4]. Досить часто використовуються методи експертних оцінок через відсутність необхідної інформації (метод рангів). Ранжирування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності факторів найбільш істотний [9, с. 54; 10, с. 24].

Для прийняття об'єктивних незалежних рішень і оцінок в експеримент були запрошені експерти – висококваліфіковані фахівці в досліджуваній галузі. При підготовці до оцінювання були сформульовано 11 факторів, що впливають на параметр тривалості з можливістю додавання і виключення. Методом анкетування були відібрані та оцінені наступні організаційно-технологічні фактори:

- 1 – ступінь суміщення робіт на захватці;
- 2 – життєздатність акрилової композиції;
- 3 – ущільненість будівельного майданчика;
- 4 – насиченість анкерами площі бетону;
- 5 – якість підготовки отворів;
- 6 – рівень механізації робіт;
- 7 – температурний режим технологічного процесу;
- 8 – тривалість готування раціонального обсягу акрилової композиції;
- 9 – ритм спеціалізованого потоку;
- 10 – рівень кваліфікації ланки;
- 11 – ступінь забезпеченості процесу вивірвальними пристосуваннями.

Оцінка ступеня погодженості думки експертів здійснювалася за допомогою коефіцієнта конкордації [9, с. 45].

$$K_{konk} = \frac{K}{K_{max}}, \quad (1)$$

де  $K_{konk}$  – коефіцієнт конкордації;

$K$  – сума квадратів алгебраїчних різностей;

$K_{max}$  – максимально можливе значення суми квадратів алгебраїчних різностей.

У результаті аналізу стандартизованих експертних оцінок були отримані дані, які сформували матрицю стандартизованих рангів опитування групи експертів (табл. 1). За результатами оцінок побудована діаграма факторів впливу (рис. 1).

З діаграми встановлено, що на останньому місці з досліджуваних факторів – рівень кваліфікації ланки, сумарний ранг  $S_j=102,65$ . При цьому до найбільш впливових ставляться наступні фактори:

- ступінь забезпеченості процесу вивірювальними пристосуваннями ( $S_j=36,80$ );
- ступінь суміщення робіт на захватці ( $S_j=42,84$ );
- ущільненість будівельного майданчика ( $S_j=48,23$ );
- життєздатність акрилової композиції ( $S_j=51,11$ );
- насиченість анкерами в межах захватки ( $S_j=55,82$ );
- якість підготовки отворів ( $S_j=64,18$ );
- рівень механізації робіт ( $S_j=68,82$ );
- ритм спеціалізованого потоку ( $S_j=74,76$ ).

**Матриця стандартизованих рангів опитування групи експертів**

Експерты		Факторы, $m$											$D_i$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	$j_5$	$j_6$	$j_7$	$j_8$	$j_9$	$j_{10}$	$j_{11}$		
$n$	$i_1$	1	1.05	5.24	2.1	6.29	4.19	3.14	10.48	11.52	8.38	9.43	4.19	66
	$i_2$	2	6.39	1.07	3.19	2.13	7.45	5.32	7.45	10.65	9.58	11.71	1.07	66
	$i_3$	3	2	1	5	10	3	4	9	8	6	11	7	66
	$i_4$	4	0.96	7.65	6.69	1.91	5.74	8.61	9.57	7.65	3.83	10.52	2.87	66
	$i_5$	5	2	6	8	4	3	7	9	11	5	10	1	66
	$i_6$	6	5.32	7.45	2.13	1.07	8.52	10.65	3.19	4.26	11.71	6.39	5.32	66
	$i_7$	7	6.71	2.24	4.48	3.36	7.83	10.07	6.71	11.19	1.12	8.95	3.36	66
	$i_8$	8	2	5	7	8	3	4	6	10	9	11	1	66
	$i_9$	9	2	1	4	5	7	9	10	6	8	11	3	66
	$i_{10}$	10	10.68	2.91	1.94	7.77	3.88	0.97	8.74	9.71	4.85	8.74	5.82	66
	$i_{11}$	11	1.74	9.55	3.47	5.21	8.68	6.95	7.82	7.82	6.08	7.82	0.87	66
$S_j$			42.84	51.11	48.23	55.82	64.18	68.82	87.95	97.79	74.76	102.65	36.80	
$\bar{S} = \frac{1}{2}n(m+1)$			66											
$d = S_j - \bar{S}$			-23.16	-14.89	-17.77	-10.18	-1.20	2.82	21.95	31.79	8.76	36.65	-29.20	
$d^2$			536.38	221.71	315.77	109.94	1.44	7.95	481.8	1010.4	76.73	1343.2	852.6	
$K = \sum_{g=1}^m d_g^2$			4957.75											
$K_{\max} = \frac{1}{12}n^2(m^2 - m)$			13310											
$K_{\text{конк}} = \frac{K}{K_{\max}}$			0.415											

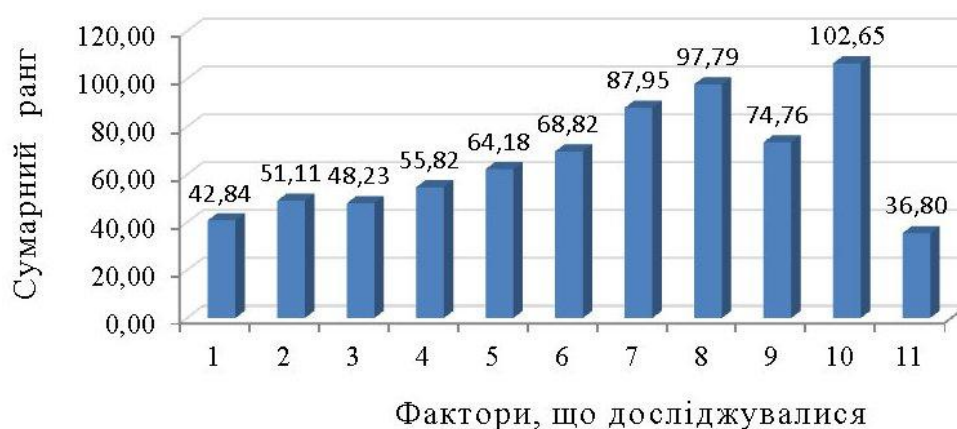


Рис. 1. Діаграма сумарних рангів факторів, що досліджувалися (отримано автором)

Для побудови імітаційної моделі прогнозування тривалості робіт систематизуємо ці фактори і використовуємо в побудові багатфакторної математичної моделі. Для дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість анкероустановлювальних робіт була розглянута вибіркова сукупність проектів. Методика розробки моделі зводиться до дослідження впливу зміни досліджуваного результуючого фактора  $Y$  у відповідь на зміну визначальних його факторних ознак  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ). Після обробки одержуємо залежність результуючої ознаки  $Y$  від зміни факторних ознак  $x_i$ , що описується рівнянням:

$$Y_x = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 \dots b_n \cdot x_n, \quad (2)$$

де  $b_1$  – коефіцієнти регресії, які визначаються на основі обробки початкових даних.

Матрицю парних кореляцій будували з використанням пакета прикладних програм *Statistica 6.0*. У роботі застосовані наступні методи побудови рівняння множинної регресії: метод виключення, метод включення, кроковий регресійний аналіз.

У кінцеву модель увійшли змінні  $x_2, x_9, x_{11}$  (табл. 1).

Таблиця 2

**Розрахункові значення кінцевої моделі** (отримано автором)

№ зп.	N=14	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
1	Intercept			-294,230	62,381	-4,765	0,001
2	$x_2$	0,367	0,107	73,105	22,505	3,426	0,006
3	$x_9$	-0,271	0,103	-26,581	10,883	-2,626	0,025
4	$x_{11}$	0,470	0,087	327,008	64,622	5,370	0,000

В результаті була побудована багатфакторна регресійна модель залежності тривалості робіт від наступних факторів: життєздатність акрилової композиції; ритм спеціалізованого потоку; ступінь забезпеченості процесу вивірвальними пристосуваннями:

$$\hat{y}_i = -294 + 73,1x_2 - 26,6x_9 + 327x_{11} \quad (3)$$

Точність моделі оцінюється за допомогою середньої помилки апроксимації, яка рівна 8,8%.

**Висновки.** Запропонована математична модель дозволяє здійснювати прогнозування параметру тривалості робіт з установа в бетоні хімічних анкерів на акрилових композиціях з метою розробки заходів щодо скорочення тривалості при розробці проектів організації будівництва і проектів виконання робіт.

### *Література*

1. Черненко В.К. *Технологія будівельного виробництва : підручн. / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.; за ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. – К. : Вища школа, 2002. – 430 с.*
2. Zolotov M.S. *Technology of at anchor bolts embedment into concrete by acrylic glues / M.S. Zolotov, O.Y. Suprun // European Applied Sciences. – Stuttgart, 2014. – № 5. – P. 81-83.*
3. Бабаев В.Н. *Реконструкция фундамента жилого дома с использованием анкерования арматурных стержней акриловыми клеями / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, Э.А. Шишкин и др. // Научный вестник строительства. – ХНУБА, ХОТ АБУ. – 2014. – №3(77). – С. 53-58.*
4. ETAG 001. *Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete, Part one: Anchors in General European Organisation for Technical Approvals. – Brussels, 2013. – 39 p.*
5. Barnat J. *The Shear Strength of Epoxy Adhesive Used for Chemical Anchors / J. Barnat J., M. Bajer. – Advanced Materials Research. – 2015. – Vol. 1122. – Pp. 278-281.*

6. Barnat. J. *Behaviour analysis of steel bonded anchors : Ph.D. Thesis.* – Brno : University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 2010. – Pp. 16-18.

7. Eligehausen R. *Anchorage in Concrete Construction* / R. Eligehausen, R. Mallée, J.F. Silva. – Berlin : Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2012. – 378 p.

8. Тюрин Ю.Н. *Статистический анализ данных на компьютере* / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров; под ред. В.Э. Фигурнова. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 528 с.

9. Бешелев С.Д. *Математико-статистические методы экспертных оценок* / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

10. Адлер Ю.А. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий* / Ю.А. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 279 с.