

В результате предложена модель, которая дает эффективный результат с учётом интересов всех участников сложного производственного процесса. Вектор цели имеет чёткую структуру, функциональную целостность и стойкость единства с внешней средой. Появляется основа гармоничного менеджмента, согласованность всех составных частей системы как между собой, так и с внешними функциями.

Если сложить и согласовать составляющие производственного процесса в единую гармоничную структуру, резко возрастёт иммунитет системы к дестабилизирующим факторам и вероятность негативного последствия резко снижается.

Таким образом, предложенная модель интеграции разных участников сложного производственного процесса на основе системотехники учитывает межсистемные связи и способствует достижению заданного результата.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях / Н. И. Нечепуренко, В. К. Попков и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 515 с.
2. Гусаков А. А. Системотехника в строительстве / Придисловие Г. С. Пospelова. – М. : Стройиздат, 1983. – 440 с.
3. Информационные модели функциональных систем / Под общ. ред. акад. Рос. акад. мед. наук, проф. К. В. Судакова и акад. Междунар. акад. наук, проф. А. А. Гусакова. – М. : Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 304 с.
4. Йенсен П., Барнес Д. Потокное программирование: Пер с англ. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.
5. Миротин Л. Б., Ташбаев Ы. Э. Системный анализ в логистике. – М. : Экзамен, 2004. – 480 с.
6. Оре О. Теория графов, 2-е изд. – М. : Наука, 1980. – 336 с.

УДК 624.21.012.45-049.32

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ ВИКОНАННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТАХ

*І. В. Сальнікова, асп.*

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
ім. академіка В. Лазаряна*

**Ключові слова:** *математична статистика, багатофакторні моделі, організаційно-технологічні фактори*

**Постановка проблеми.** Враховуючи специфіку транспортної галузі, одним із найголовніших параметрів при розробці та прийнятті організаційно-технологічних схем виконання ремонтних робіт слід вважати тривалість. Поточні ремонти проводяться в плановому режимі без закриття ділянок дороги, а капітальні – лише у «вікна». Тому дослідження закономірностей впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання робіт є актуальним питанням.

**Аналіз праць** присвячених дослідженню впливу організаційно-технологічних факторів на виконання ремонтних робіт, дозволяє зробити висновок, що сучасні методики в оцінці ефективності виконання ремонтних робіт потребують удосконалення та урахування специфіки транспортної галузі. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження питання впливу організаційно-технологічних факторів на виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах.

**Метою статті** є обґрунтування можливості і доцільності застосування методів статистичного аналізу при дослідженні закономірностей впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах, побудова парних та багатофакторних моделей для обґрунтування тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах. Складність завдання зумовлюється великою кількістю невизначених імовірнісних показників.

**Виклад матеріалу.** Виходячи з технологічної можливості сучасної будівельної фірми, визначення оптимальної тривалості виконання ремонтних робіт на об'єктах не може

розглядатися як самостійне завдання без урахування впливу організаційно-технологічних факторів. Визначення закономірностей впливу цих факторів дає можливість прийняття оптимальної стратегії виконання ремонтних робіт як окремого об'єкта, так і досить великої їх кількості.

Діяльність будівельних фірм у сучасних умовах не може будуватися інакше як за єдиною моделлю, мета якої – скласти графік робіт для різних виконавців з обов'язковим зазначенням строків початку та закінчення робіт, а також кількості необхідних ресурсів для їх виконання. Для цього можуть бути побудовані моделі, що дають можливість визначення раціональної тривалості виконання ремонтних робіт з урахуванням фактичного стану об'єктів та застосуванням раціональних способів ремонту. Тому основним завданням є отримати таке рішення, яке найкраще відповідає конкретній виробничій ситуації та поставленій меті.

Найчастіше в дослідженнях зустрічаються стохастичні залежності, які вирізняються приблизністю, невизначеністю. Вони виявляються тільки в середньому по значній кількості об'єктів. Тут кожній величині факторного показника (аргумента) може відповідати декілька значень результативного показника (функції). Залежно від того, наскільки оптимально поєднуються різні фактори, буде неоднаковим ступінь впливу кожного з них на величину результативного показника. Взаємозв'язок між досліджуваними факторами і результативним показником виявиться, якщо взяти для дослідження велику кількість об'єктів і порівняти їх значення. Тоді відповідно до закону великих чисел вплив інших факторів на результативний показник згладжується, нейтралізується. Це дає можливість установити зв'язок, співвідношення між явищами, які вивчаються.

Для дослідження стохастичних співвідношень використовуються: порівняння паралельних і динамічних рядів, аналітичні угруповання, графіки. Проте вони дозволяють виявити тільки загальний характер і напрям зв'язку. Основне ж завдання факторного аналізу – визначити ступінь впливу кожного фактора на рівень результативного показника. Для цієї мети застосовують способи кореляційного, дисперсійного, компонентного, сучасного багатовимірного факторного аналізу.

Найширше застосування знайшли прийоми кореляційного аналізу, які дозволяють кількісно виразити взаємозв'язок між показниками.

До необхідних умов застосування кореляційного аналізу належать:

- наявність достатньо великої кількості спостережень про величину досліджуваних факторних і результативних показників;
- досліджувані фактори повинні мати кількісний вимір і відображення в тих або інших джерелах інформації.

Проте кожен фактор окремо не визначає явище, що вивчається, у всій повноті. Тільки комплекс факторів у їх взаємозв'язку може дати достатньо повне уявлення про характер досліджуваного явища.

Середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ) показує абсолютне відхилення індивідуальних значень ( $x_i$ ) від середньоарифметичного ( $\bar{x}$ ) і розраховується за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість варіант.

Коефіцієнт варіації ( $V$ ), що характеризує відносну міру відхилення окремих значень від середньоарифметичної, визначається з використанням такої формули:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (2)$$

На основі найвищого показника варіації можна визначити необхідний обсяг вибірки даних ( $n$ ) для кореляційного аналізу за такою формулою:

$$n = \frac{V^2 \cdot t^2}{m^2} \quad (3)$$

де  $t$  – показник надійності зв'язку, який при рівні значущості  $\alpha = 0,05$  дорівнює 1,96;  
 $m$  – показник точності розрахунків (допускається помилка 5 – 8 %).

Крім того, необхідний обсяг вибірки даних може бути визначений таким чином. Обсяг вибірки даних повинен у 3 – 5 разів перевищувати число незалежних змінних ( $x$ ) [3]:

$$\frac{n}{x+1} > 3 \div 5. \quad (4)$$

Згідно із законом нормального розподілу, основна маса досліджуваних відомостей по кожному показнику повинна бути згрупована біля її середнього значення, а об'єкти з дуже маленькими значеннями або з дуже великими повинні зустрічатися якомога рідше.

Показник асиметрії ( $A$ ) і його помилка ( $m_a$ ) розраховуються за такими формулами:

$$A = \frac{\sum(x - \bar{x})^3}{n\sigma^3}, \quad (5)$$

$$m_a = \sqrt{\frac{6}{n}}. \quad (6)$$

Показник ексцесу ( $E$ ) і його помилка ( $m_e$ ) розраховуються таким чином:

$$E = \frac{\sum(x - \bar{x})^4}{n\sigma^4}, \quad (7)$$

$$m_e = \sqrt{\frac{24}{n}}. \quad (8)$$

За результатами аналізу відбираються залежності, які дозволяють із достатньою точністю оцінити вплив систематизованих факторів на техніко-економічні показники проекту [1]. До факторів, які розглядалися при створенні моделі, увійшли: фактор довжини об'єкта  $F_1$ , фактор дефектності  $F_2$  та фактор технологічності  $F_3$ .

З метою дослідження впливу систематизованих ОТФ на тривалість виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах була розглянута вибіркова сукупність [4], що складалась із 42 проектів виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах.

У результаті аналізу систематизованих параметрів були виділені основні ОТФ, які увійшли до моделей для статистичної обробки.

На підставі оцінки зібраної вихідної інформації встановлено, що основні показники проектів виконання ремонтних робіт й організаційно-технологічні фактори змінювалися в таких межах (табл. 1).

*Таблиця 1*

*Статистичні характеристики досліджуваних показників та ОТФ проектів виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах*

Показники	Статистичні характеристики					
	Межі значень	Середнє значення ( $\bar{x}$ )	Середньо-квдратичне відхилення ( $\sigma$ )	Коефіцієнт варіації ( $V$ ), %	Показник асиметрії	Показник ексцесу
Тривалість ( $T$ ), год.	15 – 46	25,05	7,69	30,7	0,973	1,45
$F_1$ (м)	8,99 – 28,74	14,58	4,74	32,5	1,68	3,39
$F_2$	4,15 – 10,82	7,145	1,631	22,83	0,207	0,224
$F_3$	0,70 – 0,78	0,747	0,025	3,28	-0,376	-1,11

Для знаходження моделі простої регресії, що визначає аналітичний вираз для зв'язку двох змінних  $X$  і  $Y$ , а також установлення статистичної залежності середнього значення величини  $Y$  від декількох інших величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , був використаний програмний пакет, Додаток Microsoft Excel.

Аналіз усіх типів залежностей тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах ( $T$ ) від фактора довжини об'єкта ( $F_1$ ) показав, що перше місце за якістю апроксимації експериментальних досліджень посідає лінійна модель (табл. 2, 3).

Регресійний аналіз – модель:  $Y = a + b \cdot x$ 

Параметр	Оцінка	Стандартна помилка	Коефіцієнт Стьюдента	Ймовірність нульової гіпотези
Параметр $a$	9,162	4,334	2,114	0,049
Параметр $b$	1,0898	0,283	3,845	0,001

Дисперсійний аналіз

Джерело	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	Критерій Фішера, $F_\phi$	Ймовірність нульової гіпотези
Модель	507,36	1	507,36	14,79	0,001
Залишок	617,59	18	34,31	-	-
Разом	1124,95	19	-	-	-

Коефіцієнт кореляції ( $R$ ) дорівнює 0,671 573.Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) дорівнює 0,45 101.

Стандартна помилка оцінки складає 5,857 503.

Рівняння, що описує підбрану модель, має наступний вигляд:

$$T = 9,162 + 1,0898 \cdot F_1. \quad (9)$$

Оскільки рівень ймовірності в таблиці 3 менший, ніж 0,05, статистична значущість зв'язку між  $T$  і  $F_1$  має 95 % довірчий рівень.Коефіцієнт детермінації показує, що підбрана модель пояснює 45,101 % варіації  $T$ . Коефіцієнт кореляції, який дорівнює 0,671 573, вказує на наявність достатнього сильного зв'язку між змінними.Аналогічно були визначені залежності тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах ( $T$ ) від факторів дефектності  $F_2$  та технологічності  $F_3$  та відповідно отримані парні моделі такого вигляду (табл. 4):Парні моделі для обґрунтування тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах ( $T$ )

Вид залежності	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації, %	Фактичне значення критерію Фішера, $F_\phi$	Табличне значення критерію Фішера, $F_m$
$T = 9,162 + 1,0898 \cdot F_1$	0,671573	45,101	14,787	4,414
$T = 45,048 - 2,799 \cdot F_2$	0,593287	35,199	9,777	4,414
$T = 184,458 - 213,398 \cdot F_3$	0,679916	46,2287	15,475	4,414

З метою уточнення отриманих парних моделей і врахування взаємного комплексного впливу систематизованих ОТФ на тривалість виконання ремонтних робіт на мостах проаналізовано багатфакторні моделі. Для включення в методику можуть бути рекомендовані такі найбільш статично достовірні багатфакторні моделі (табл. 5):

Таблиця 5

Багатофакторні моделі для обґрунтування тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах (T)

Вид залежності	Коефіцієнт детермінації, %	Фактичне значення критерію Фішера, $F_{\Phi}$	Табличне значення критерію Фішера, $F_m$
$T = 25,73288 + 0,83488 \cdot F_1 - 1,79905 \cdot F_2$	57,1760	11,349	3,5915
$T = 223,5466 + 1,01239 \cdot F_2 - 275,4084 \cdot F_3$	46,9304	7,5167	3,5915
$T = 122,8041 + 0,7231 \cdot F_1 - 144,9745 \cdot F_3$	61,329	13,48	3,5915
$T = 142,3356 + 0,7145 \cdot F_1 + 0,48712 \cdot F_2 - 175,6138 \cdot F_3$	61,4895	8,5157	3,2389

**Висновки.** За результатами зібраної та опрацьованої вихідної статистичної інформації щодо проектів виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах було виконано обґрунтування та вибір сукупності проектів для проведення дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах. Побудовано парні та багатофакторні моделі для обґрунтування тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Афанасьев М. Ю.** Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения : учеб. пособие / М. Ю. Афанасьев, Б. П. Суворов. – ИНФРА-М, 2003. – 444 с.
2. **Гусаров В. М.** Теория статистики : учеб. пособ. для вузов / В. М. Гусаров. – М : Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 247 с.
3. **Гусаков А. А.** Организационно-технологическая надёжность строительного производства / А. А. Гусаков. – М. : Стройиздат, 1974. – 252с.
4. **Радкевич А. В.** Системотехнічні аспекти організаційно-технологічних рішень відновлення споруд: монографія / А. В. Радкевич. – Д. : Вега, 2005. – 346 с.