

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ  
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів 2, 3 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання  
за спеціальністю 275 – Транспортні технології)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Прогнозування параметрів транспортних систем» (для студентів 2, 3 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання за спеціальністю 275 – Транспортні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Д. Л. Бурко, Г. О. Самчук – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 12 с.

Укладачі : канд. техн. наук, доц. Д. Л. Бурко,  
ас. Г. О. Самчук

Рецензент

**Д. П. Понкратов**, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,  
протокол № 2 від 31.08.2017.*

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні положення.....	5
2. Визначення еволюції розвитку системи .....	6
3. Розроблення довгострокового прогнозу.....	9
4. Визначення довірчого інтервалу та побудова розтруба прогнозу.....	10
Список рекомендованих джерел.....	12

## ВСТУП

Наявність інформації про майбутні потреби, можливі результати й наслідки керівних дій – необхідна передумова оптимального керування будь-якою системою. Таку інформацію можна отримати як результат науково обґрунтованих прогнозів.

Специфіка проектних завдань, обумовлених обґрунтуванням розрахункових характеристик або вихідних даних, у транспортних системах потребує забезпечення глибини прогнозування на 30–40 років.

Прогнозування характеристик транспортних систем – це переважно аналіз динаміки станів системи «людина – автомобіль – дорога – приземний простір». У цьому разі також припускається, що за весь період прогнозування не відбуваються якісні зміни компонентів системи (не змінюються їхні головні властивості). Отже, у цьому разі проводять аналіз функціонування системи, що стабільно реалізує фіксовану мету. Окрім того, протягом терміну існування транспортних систем змінюються характеристики транспортних засобів, склад транспортних потоків і психологічні характеристики водіїв. Самі транспортні системи переформовуються, змінюють свій склад та якість. Унаслідок цього пропонувані методики прогнозування виявляються практично непридатними для розроблення довгострокових прогнозів – на період 30–40 років.

Вирішення проблеми довгострокового прогнозування можливе шляхом розгляду розвитку системи «людина – автомобіль – дорога – приземний простір» та її компонентів. Для цього необхідно моделювати не функціонування цієї системи, а її еволюцію.

У процесі виконання роботи студент повинен визначити головні етапи еволюції системи, періоди замкненого й розімкненого станів та їхньої тривалості, коефіцієнти приросту параметра (показника) та розробити довгостроковий прогноз.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Необхідно визначити головні етапи еволюції системи. У кожному з етапів еволюції системи визначити періоди замкненого й розімкненого станів та їхньої тривалості.

На підставі аналізу еволюції системи необхідно визначити коефіцієнти приросту параметра (показника), що розглядається.

Відповідно до методики довгострокового прогнозування за еволюційно-ймовірнісним методом необхідно визначити тривалість наступного етапу еволюції системи та періодів замкненого й розімкненого станів, їхньої тривалості.

Кінцевим етапом є визначення довірчого інтервалу та побудова розтруба прогнозу, де верхня границя довірчого коридору може розглядатися як оптимістичний прогноз, а нижня – як песимістичний прогноз.

Як вихідна інформація використовується: характеристика товарів, дані про учасників технологічного процесу, карта району перевезень, значення окремих показників технологічного процесу.

Перелік розділів, терміни виконання та обсяг робіт наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика роботи

Назва розділів
Вступ
1. Визначення еволюції розвитку системи
2. Розроблення довгострокового прогнозу
3. Визначення довірчого інтервалу та побудова розтруба прогнозу
Висновки
Список літератури

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ

Використовуючи статистичні дані (динамічний ряд параметра, показника тощо) та історичні факти функціонування системи, необхідно визначити головні етапи еволюції системи.

Для побудови динамічного ряду використовується максимальна ентропія, яка знаходиться за такою залежністю:

$$H_{\max} = \log_2 x, \quad (2.1)$$

де  $x$  – початкове значення параметра системи в момент часу  $t$ .

У кожному із етапів еволюції системи визначаються періоди замкнутого й розімкнутого станів та їхньої тривалості. Візуальний аналіз ряду розвитку дає змогу встановити ділянки, у межах яких зміна максимальної ентропії незначна й коливальна. Моменти виходу функції  $H_{\max} = f(t)$  за межі довірчого інтервалу виділяють на кривій розвитку ділянки із максимальною ентропією, що змінюється та не змінюється. Ці ділянки відображають лаги розімкнутого й замкнутого станів системи. Отриману інформацію необхідно звести до такої таблиці (табл. 2.1–2.2).

Таблиця 2.1 – Послідовність періодів замкнутого та розімкнутого станів у еволюції системи

Етап еволюції	Стан системи	
	замкнений	розімкнений
I		
II		
III		

Таблиця 2.2 – Тривалість періодів замкнутого та розімкнутого станів у еволюції обсягів системи

Етап еволюції	Тривалість стану, рік	
	замкнений	розімкнений
I		
II		
III		

Використовуючи дані тривалості періодів замкненого та розімкненого стану в межах кожного етапу еволюції системи необхідно встановити функціональну залежність

$$T_{(n+1)}^z = f(T_{(n)}^z); \quad (2.2)$$

$$T_{(n+1)}^p = f(T_{(n)}^p), \quad (2.3)$$

де  $T^z$  – тривалість періоду стійкого зростання або спаду (замкнений стан), роки;

$T^p$  – тривалість періоду стабілізації (розімкнений стан), роки.

Далі необхідно визначити коефіцієнти приросту параметра (показника), що розглядається, за залежністю

$$k_n = \frac{x_K}{x_{II}}, \quad (2.4)$$

де  $x_K$  – значення параметра (показника) у кінцевій точці розглянутого періоду;

$x_{II}$  – значення параметра (показника) у початковій точці розглянутого періоду.

Оскільки розглядається безперервна закономірність, то кожна кінцева точка одного стану є початковою точкою іншого стану. Результати розрахунків для всіх періодів зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристика коефіцієнтів приросту

Періоди еволюції	Значення коефіцієнта приросту, коли система знаходиться в:	
	замкненому стані	розімкненому стані
1		
2		
3		

Використовуючи дані коефіцієнтів приросту, необхідно встановити функціональну залежність

– для періодів замкнених станів:

$$k_n^z = f(m_s); \quad (2.5)$$

– для періодів розімкнених станів:

$$k_n^P = f(m_p), \quad (2.6)$$

де  $m_z$  – значення коефіцієнта приросту за періодами еволюції, коли система знаходиться в замкненому стані;

$m_p$  – значення коефіцієнта приросту за періодами еволюції, коли система знаходиться в розімкненому стані.

Сформований масив даних необхідний для виконання прогнозу.



### 3 РОЗРОБЛЕННЯ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ

Відповідно до методики довгострокового прогнозування за еволюційно-ймовірнісним методом, за допомогою таблиць 2.1–2.2 необхідно визначити тривалість наступного етапу еволюції системи та періодів замкненого й розімкненого станів, їхньої тривалості (табл. 3.1–3.2).

Таблиця 3.1 – Послідовність періодів замкненого та розімкненого станів у еволюції системи

Етап еволюції	Стан системи	
	замкнений	розімкнений
IV		

Таблиця 3.2 – Тривалість періодів замкненого та розімкненого станів у еволюції обсягів системи

Етап еволюції	Тривалість стану, рік	
	замкнений	розімкнений
IV		

Використовуючи емпіричні формули для оцінки коефіцієнтів приросту (2.5)–(2.6) і тривалості періодів замкненого й розімкненого станів (табл. 3.1–3.2), необхідно виконати прогноз початкових і кінцевих значень характеристик у різні періоди існування системи (табл. 3.3). Результатом є побудований графік прогнозу розвитку системи.

Таблиця 3.3 – Прогноз початкових і кінцевих значень у різні періоди існування системи

Стан системи	Період існування, роки	Коефіцієнт приросту	Початкове значення	Кінцеве значення
розімкнений				
замкнений				
розімкнений				
замкнений				

#### 4 ВИЗНАЧЕННЯ ДОВІРЧОГО ІНТЕРВАЛУ ТА ПОБУДОВА РОЗТРУБА ПРОГНОЗУ

Емпіричні криві зв'язків  $x = f(t)$  отримано шляхом згладжування середньозважених значень характеристик за кожний рік методом ковзної середньої. Такий зв'язок  $x = f(t)$  може розглядатися як регулярний складник процесу, що не відбиває вплив випадкових факторів.

Однак під час прогнозування необхідно також встановити стохастичну випадкову компоненту процесу  $\varepsilon(t)$ , що визначає границі довірчого коридору для отриманого тренду.

Величину  $\varepsilon(t)$  для кожного перетину зв'язку  $x = f(t)$  можна визначити за формулою

$$\varepsilon(t) = m_{\pm} \cdot S^{-1}(n, P_d), \quad (4.1)$$

де  $m_{\pm}$  – помилка середньої арифметичної;

$S^{-1}(n, P_d)$  – звернене значення функції Стюдента;

$n$  – обсяг вибірки;

$P_d$  – довірна ймовірність.

Помилка середньої арифметичної на малих вибірках обчислюється за формулою

$$m_{\pm} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad (4.2)$$

де  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

Результати розрахунків стохастичної випадкової компоненти процесу  $\varepsilon(t)$  із використанням довірчої ймовірності  $P_d = 0,95$  та відповідного цій ймовірності зверненого значення функції Стюдента  $S^{-1}(n, P_d) = 1,96$  наводяться у вигляді таблиці (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Статистичні характеристики процесу зміни параметра (показника)

Роки	Дисперсія, $D$	Середнє квадратичне відхилення, $\sigma$	Помилка середньої арифметичної, $m_{\pm}$	Половина довірчого інтервалу розкиду, $\varepsilon(t)$

На підставі цих розрахунків необхідно побудувати довірчий коридор розкиду середнього зваженого значення параметра (показника) для минулого періоду часу, що відповідає довірчій ймовірності  $P_o = 0,95$ . Границі довірчого коридору розраховуємо за залежністю

$$x_{\text{гран}} = \bar{x} \pm \bar{\varepsilon}_t. \quad (4.3)$$

Для періоду прогнозування на положення верхньої та нижньої границь довірчого коридору розкиду середнього результату впливають багато факторів, які не можна врахувати. У зв'язку з цим коридор для періоду прогнозу збільшується та відображається у вигляді розтруба. Границі розтруба залежать від тривалості періоду попереднього спостереження, від величини періоду прогнозування та інших факторів. Половина довірчого інтервалу розкиду середнього результату для періоду прогнозу розраховується за формулою

$$\varepsilon_{\text{прогн}} = \bar{\varepsilon}_t \sqrt{\frac{N+1}{N} + \frac{3(N+2T-1)^2}{N(N^2-1)}}, \quad (4.4)$$

де  $N$  – кількість перетинів зв'язку  $x = f(t)$  у попередніх спостереженнях, які фігурують у розрахунку  $\varepsilon(t)$ ;

$T$  – величина періоду прогнозування, яку оцінюють кількістю перетинів зв'язку  $x = f(t)$ .

Довірчий коридор розкиду середнього зваженого значення параметру (показника) для періоду прогнозу, що відповідає довірчій ймовірності  $P_o = 0,95$ , наводяться у вигляді таблиці (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Довірчий коридор прогнозу параметра (показника)

Часовий інтервал, роки	Період прогнозування, $T$	Кількість перетинів попереднього періоду, $N$	Половина довірчого інтервалу прогнозу, $\varepsilon_{\text{прогн}}$

Верхня границя довірчого коридору може розглядатися як оптимістичний прогноз, а нижня – як песимістичний прогноз. Результатом є побудований графік прогнозу розвитку системи.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прогнозування параметрів транспортних систем : підручник / В. К. Доля, Я. В. Санько, Т. О. Самісько ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Э. А. Араб-Оглы, И. В. Бестужев-Лада, Н. Ф. Гаврилов и др.] ; под ред. И. В. Бестужев-Лада. – М. : Мысль, 1982. – 430 с.
3. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч. – М. : Прогрес, 1980. – 568 с.
4. Самісько Т. О. Прогнозування обсягів робіт на мережі автомобільних доріг як складової транспортної системи країни : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Самісько Тетяна Олександрівна. – Харків, 2010. – 140 с.
5. Савченко Л. В. Підвищення ефективності прогнозування в транспортних системах : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Савченко Лідія Володимирівна. – Київ, 2002. – 143 с.
6. Добров Г. М. Рабочая книга по прогнозированию / Г. М. Добров. – М. : Наука, 1977. – 81 с.
7. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования / Е. М. Четыркин. – М. : Статистика, 1975. – 153 с.
8. Мусієнко І. В. Довгострокове прогнозування розрахункових навантажень на автомобільних дорогах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / І. В. Мусієнко. – Київ, 2004. – 21 с.
9. Мандрица В. М. Прогнозирование перевозок грузов на автомобильном транспорте / В. М. Мандрица, В. Н. Краев. – М. : Транспорт, 1981. – 152 с.
10. Санько Я. В. Довгострокове прогнозування обсягів перевезень пасажирів трамваєм з урахуванням впливу зовнішнього середовища (на прикладі ХКП «Міськелектротранс») : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Санько Ярослав Володимирович. – Харків, 2010. – 150 с.
11. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах / Доля В. К. – Харків : Нове слово, 2002. – 140 с.
12. Максименко В. И. Прогнозирование в науке и технике / В. И. Максименко, Д. Эртель. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 238 с.
13. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / [М. А. Григоров, Э. В. Гаврилов, Т. М. Григорова, В. К. Доля]. – Херсон : Надднепряночка, 2006. – 192 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ  
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів 2, 3 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання  
за спеціальністю 275 – Транспортні технології)*

Укладачі : **БУРКО** Дмитро Леонідович,  
**САМЧУК** Ганна Олександрівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Луценко*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 169 М

---

Підп. до друку 16.04.2018. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,6.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.