

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
Факультет транспорту і будівництва  
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**


**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до кваліфікаційної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр**

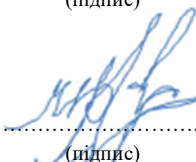
галузі знань 27 – «Транспорт»  
спеціальності 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

на тему: «Прогнозування вантажопотоку, пасажиропотоку та швидкості на залізничному транспорті»

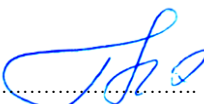
Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ОПЗТ-19з  
Одінцов В.Ю.

  
.....  
(підпис)

Керівник: доц. Мірошникова М.В.

  
.....  
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

  
.....  
(підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет транспорту і будівництва  
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті  
Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр  
Галузь знань 27 – «Транспорт»  
Спеціальність 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
проф.Чернецька-Білецька Н.Б.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА  
ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
Одінцов В.Ю.**

1. Тема роботи: Прогнозування вантажопотоку, пасажиропотоку та швидкості на залізничному транспорті

Керівник роботи: Мірошникова М.В., к.т.н., доц.  
затверджені наказом по університету від 30.05.2023року № 305/14.03-С

2. Строк подання здобувачем роботи: 15.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: Показники роботи залізниць для прогнозування. Методи прогнозування на залізничному транспорті. Статистичні дані дільничної та технічної швидкостей на залізничному транспорті.

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Поняття прогнозування на залізничному транспорті. Методи прогнозування. Задача, класифікація та принципи прогнозування. Основні принципи прогнозування на залізничному транспорті. Етапи організації системного аналізу. Прогнозування вантажопотоку методом експонентного згладжування. Прогнозування пасажиропотоку на основі обробки тимчасових рядів. Прогнозування дільничної та технічної швидкостей на залізничному транспорті.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).  
Дерево цілей. Методи прогнозування. Етапи системного підходу до прогнозування . Блок-схема методу прогнозування експонентного згладжування. Графік вантажопотоку по відділеннях залізниці до 2025 року. Графік пасажиропотоку на окремих відділеннях залізниці України. Прогноз зміни технічної швидкості руху поїздів на залізницях України. Зміна дільничної швидкості на залізничному транспорті України.

6. Консультанти розділів роботи (якщо є):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 18.05.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
	Робота з матеріалами	19.05.23	
	Пошук літературних джерел та обробка інформації	25.05.23	
	Аналіз діючих нормативних документів	29.05.23	
	Виконання технологічної частини	03.06.23	
	Виконання проектної частини	05.06.23	
	Принцип роботи та схеми	07.06.23	
	Креслення схем та чертежів	09.06.23	
	Оформлення пояснювальної записки та рецензування	14.06.23	

Здобувач

  
 (підпис)

Одінцов В.Ю.  
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
 (підпис)

Мірошнікова М.В.  
 (прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. аркушів	№ екз.	Прим.
1						
2			<i>Документація загальна</i>			
3	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т1</i>	<i>Вихідні дані роботи</i>	1	-	<i>слайд</i>
4	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т2</i>	<i>Мета, об'єкт, предмет та методи виконання роботи</i>	1	-	<i>слайд</i>
5						
6	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т3</i>	<i>Дерево цілей</i>	1	-	<i>слайд</i>
7						
8	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т4</i>	<i>Методи прогнозування</i>	1	-	<i>слайд</i>
9						
10	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т5</i>	<i>Етапи системного підходу до прогнозування</i>	1	-	<i>слайд</i>
11	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т6</i>	<i>Блок-схема методу прогнозування</i>	1	-	<i>слайд</i>
12						
13	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т7</i>	<i>Графік вантажопотоку</i>	1	-	<i>слайд</i>
14	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т8</i>	<i>Графік пасажиропотоку</i>	1	-	<i>слайд</i>
15						
16	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т9</i>	<i>Прогноз зміни технічної швидкості</i>	1	-	<i>слайд</i>
17						
18	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т10</i>	<i>Зміна дільничної швидкості</i>	1	-	<i>слайд</i>
19	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.Т11</i>	<i>Висновки</i>	1	-	<i>слайд</i>
20						
21			<i>Разом листів</i>	11	-	<i>слайдів</i>
22	A4	<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	56	-	

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Одінцов В.Ю			<i>Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.							3	56
Керівн.		Мірошникова				<i>СНУ ім. В. Даля Кафедра ЛУБРТ</i>		
Н. контр.								
Затв.		Чернецька						

## РЕФЕРАТ

Робота кваліфікаційна бакалавра: 56 с., 16 рис., 4 табл., 10 джер.,  
11 граф.арк. (слайдів)

Мета роботи – Прогнозування показників роботи залізничного транспорту України.

Об'єкт – Розвиток залізничного транспорту України.

Предмет – Використання сучасних методів прогнозування.

Методи виконання роботи – Порівняльно-аналітичні, математичні.

У роботі розглянуто також використання прогнозування на залізничному транспорті. При виконанні роботи проведено аналіз розвитку прогнозування на залізничному транспорті.

Проведено аналіз вантажопотоку методом експонентного згладжування. По результатам прогнозування виявлено, що вантажопотік буде збільшуватися, якщо в країні не буде суттєвих змін.

Також проведено прогнозування пасажиропотоку на основі обробки тимчасових рядів. В результаті аналізу виявлено, що по місячно з року в рік об'єм перевезень пасажирів суттєво не змінюється.

При розрахунках дільничної та технічної швидкостей з використанням рівнянь типу виробничих функцій передбачалися середні рівні темпів технічного переоснащення залізниць в частині будівництва других колій та введення електричної тяги.

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКУ,  
АНАЛІЗ, ДІЛЬНИЧНА ШВИДКІСТЬ, ВАНТАЖОПОТІК, ФУНКЦІЯ, МЕТОД

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Одінцов В.Ю</i>					4	56
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівн.</i>		<i>Мірошникова</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Чернецька</i>					<i>СНУ ім. В. Даля, Кафедра ЛУБРТ</i>	

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Поняття прогнозування на залізничному транспорті.....	7
1.2 Методи прогнозування.....	8
1.3 Задача, класифікація та принципи прогнозування.....	23
2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Основні принципи прогнозування на залізничному транспорті.....	29
2.2 Етапи організації системного аналізу.....	32
2.3 Прогнозування вантажопотоку методом експонентного згладжування.....	36
2.4 Прогнозування пасажиропотоку на основі обробки тимчасових рядів.....	43
2.5 Прогнозування дільничної та технічної швидкостей на залізничному транспорті.....	48
Висновки.....	55
Список використаних джерел .....	56

## Вступ

Залізничний транспорт є життєво утворюючою галуззю економіки. В умовах зростаючого обсягу роботи транспорту усе ширше застосовуються обчислювальна техніка й математичні методи для оперативного планування та управління перевізним процесом, короткострокового і довгострокового прогнозування та планування обсягів вантажних, пасажирських перевезень і найважливіших показників роботи дороги, відділення й лінійних підприємств.

Залізниці країни виконують велику частину вантажних і пасажирських перевезень, розміри яких, у силу об'єктивних обставин, безупинно ростуть і для успішного їхнього освоєння необхідно вдосконалювати відповідні технічні пристрої й технологію обробки поїздів.

Раціональний розвиток і сучасне технічне оснащення станцій, а також чітка організація їхньої роботи - найважливіша умова, яка забезпечує успішне виконання пасажирських і вантажних перевезень, прискорення швидкості й, як наслідок, гармонічний розвиток економіки обслуговує мого регіону. Також важливо відмітити, що розвиток залізничної станції повинен здійснюватися як елемент єдиної транспортної системи, з урахуванням взаємодії залізничного транспорту з іншими місцевими видами транспорту й ув'язування із проектами розвитку регіону.

Обмеження технічної та дільничної швидкостей через незадоволеного стану колії можна розглядати як фактор, що негативно діє на цей показник, і в кінцевому рахунку на показник дільничної швидкості. Таким же негативним чинником є і ріст вантажонапруженості залізниць. Зниження вантажонапруженості - слід вважати чинником позитивним.

У зв'язку зі значним підвищенням на залізницях швидкостей пасажирських і вантажних поїздів і введенням швидкісного руху на окремих напрямках пред'являються нові вимоги до конструкцій станцій й їхніх окремих елементів (горловинам, пасажирським платформам й ін.).

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Поняття прогнозування на залізничному транспорті

Залізничний транспорт є життєво утворюючою галуззю економіки. В умовах зростаючого обсягу роботи транспорту усе ширше застосовуються обчислювальна техніка й математичні методи для оперативного планування та управління перевізним процесом, короткострокового і довгострокового прогнозування та планування обсягів вантажних, пасажирських перевезень і найважливіших показників роботи дороги, відділення й лінійних підприємств.

У сучасних умовах широкого застосування й впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) у всіх підрозділах залізниць процес планування та керування повинен опиратися на об'єктивну оцінку ресурсів і потреб, глибокий аналіз сформованих тенденцій і закономірностей, виявлення резервів й аналіз динаміки росту обсягів виробництва, споживання й перевезень. Все це свідчить про необхідність прогнозування. В даний час жодна сфера життя суспільства не може обійтися без прогнозів, як засобу пізнання майбутнього. Процес прогнозування достатньо актуальний в даний час. Широка сфера його застосування. Прогнозування є необхідною стадією планування роботи транспорту. Прогноз не тільки передує плану. Прогнозувати можна й хід виконання плану, а також в наслідку його виконання або невиконання. Тому взаємозв'язок прогнозу й плану досить складні. Прогнози, як правило, носять індикативний характер.

Суть прогнозування в розвиненій ринковій економіці полягає в науковому передбаченні розвитку всіх форм господарювання, в подальшому виявленні закономірностей і тенденцій науково-технічного, економічного і соціального прогресу.

Прогнозуванням є процес розробки прогнозів. Під прогнозом розуміється система науково обґрунтованих уявлень про можливі стани об'єкту в майбутньому, про альтернативні шляхи його розвитку. Для формування стратегії і тактики розвитку об'єкту прогнозування розробляється система прогнозів,

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7



включаючи прогнози тимчасового аспекту і по рівнях, а також приватні і комплексні прогнози розвитку. На основі результатів прогнозних розрахунків визначаються найважливіші напрями стратегії розвитку, складаються індикативні плани.

У цей час у зв'язку зі збільшенням масштабів і темпів розвитку науки й виробництва необхідно все більша увага приділяти механізму прийняття рішень, формулюванню цілей й оцінці засобів і результатів. Це припускає не тільки максимальне розширення об'єму передбачення, але й набагато більше точне прогнозування основних етапів і шляхів розвитку залізничного транспорту, кількісних й якісних показників його функціонування, пошуку раціональних засобів їхньої реалізації. Для того щоб виконувати функції наукового передбачення, необхідно вивчати й аналізувати в сукупності як поточне, так і майбутнє становище об'єкту прогнозування.

При рішенні поставлених завдань комбінувалися та комплексно використалися різні методи економіко-математичного моделювання й екстраполяції.

Пропонована технологія рішення завдань прогнозування в АСУЗТ дозволить більш точно визначити прогнозні значення обсягів перевезень і зміни в швидкості.

## 1.2. Методи прогнозування

Перш за все приведемо визначення методу прогнозування як способу теоретичної і практичної дії, направленої на розробку прогнозів. Це визначення є достатньо загальним і дозволяє розуміти термін “метод прогнозування ” вельми широко: від простих екстраполяційних розрахунків до складних процедур багатокрокових експертних опитів.

Під методами прогнозування слід розуміти сукупність прийомів і способів мислення, ретроспективних даних, що дозволяють на основі аналізу, екзогенних (зовнішніх) і ендегенних (внутрішніх) зв'язків об'єкту прогнозування, а також їх вимірювань в рамках даного явища або процесу вивести думки певної достовірності щодо його об'єкту майбутнього розвитку.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Єдиного, універсального, методу прогнозування не існує. У зв'язку з величезною різноманітністю прогнозованих ситуацій є і велика різноманітність методів прогнозування (понад 150). На рис. 1.1 представлений один з варіантів класифікації методів прогнозування, заснованої на індуктивному і дедуктивному підходах.



Рис. 1.1 Класифікація методів прогнозування

З рис. 1.1 видно, що вся сукупність методів прогнозування може бути представлена двома групами – залежно від ступеня їх однорідності:

- прості методи;
- комплексні методи.

Група простих методів об'єднує однорідні за змістом і використовуваному інструментарію методи прогнозування (наприклад, екстраполяція тенденцій, морфологічний аналіз і ін.).

Комплексні методи відображають сукупності, комбінації методів, що найчастіше реалізуються спеціальними прогностичними системами (наприклад, методи прогнозного графа, система “Патерн” і ін.).

Крім того всі методи прогнозування поділені ще на три класи:

- фактографічні методи;
- експертні методи;
- комбіновані методи.

У основу їх виділення покладений характер інформації, на базі якої складається прогноз:

1) фактографічні методи базуються на фактичному інформаційному матеріалі про минуле і справжній розвиток об'єкту прогнозування. Найчастіше застосовуються при пошуковому прогнозуванні для еволюційних процесів;

2) експертні (інтуїтивні) методи засновані на використанні знань фахівців-експертів про об'єкт прогнозування і узагальнення їх думок про розвиток (поведінці) об'єкту в майбутньому. Експертні методи більшою мірою відповідають нормативному прогнозуванню стрибкоподібних процесів;

3) комбіновані методи включають методи із змішаною інформаційною основою, в яких як первинна інформація разом з експертною використовується і фактографічна.

У свою чергу, кожен з перерахованих класів також підрозділяється на групи і підгрупи. Так, серед фактографічних методів виділяються групи:

- статистичних (параметричних) методів;
- випереджаючих методів.

Група статистичних методів включає методи, засновані на побудові і аналізі динамічних рядів характеристик (параметрів) об'єкту прогнозування. Серед них найбільшого поширення набули екстраполяція, інтерполяція, метод аналогій (модель подібності), параметричний метод і ін.

Група випереджаючих методів складається з методів, заснованих на використанні властивості науково-технічної інформації випереджати реалізацію науково-технічних досягнень. Серед методів цієї групи виділяється публікація, заснований на аналізі і оцінці динаміки публікацій.

Серед експертних методів виділяють групи по наступних ознаках (табл.1.1):

- по кількості привернутих експертів;

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- по наявності аналітичної обробки даних експертизи.

Таблиця 1.1

## Групи експертних методів

Вид експертизи	Вид обробки думок						
	без аналітичної обробки			з аналітичною обробкою			
Індивідуальна	Інтерв'ю	Експертні	Генерація ідей	Побудова сценарію	Метод "дерева цілей"	Матричний метод	Морфологічний аналіз
Колективна	Метод "мозкового штурму"			Метод колективних експертних оцінок		Метод "Дельфі"	

Суть методу експертних оцінок полягає в проведенні експертами інтуїтивно-логічного аналізу проблеми з кількісною оцінкою думок і формальною обробкою результатів. Отримувана в результаті обробки узагальнена думка приймається як вирішення проблеми (в даному випадку - прогноз).

Центральним етапом експертного прогнозування є проведення опиту експертів. Залежно від цілей і завдань експертизи, істоти і складності аналізованої проблеми, часу, відведеного на опит і експертизу в цілому, і допустимої їх вартості, а також від підбору фахівців, що беруть участь в ній, вибирається метод опиту:

- індивідуальний або груповий (колективний);
- особистий (очний) або заочний (шляхом пересилки анкет);
- усний або письмовий;
- відкритий або прихований.

Охарактеризуємо найбільш популярні експертні методи прогнозування.

1. Метод інтерв'ю припускає бесіду організатора прогнозної діяльності з експертом-прогнозистом про майбутній стан підприємства і його середовища.

Цей метод вимагає від експерта уміння швидко, фактично експромтом, давати якісні поради на поставлені питання.

2. Метод аналітичних доповідних записок (аналітичних експертних оцінок у формі доповідної записки) припускає, що експерт-прогнозист виконує самостійно аналітичну роботу з оцінкою стану і шляхів розвитку, висловлюючи свої міркування письмово. При цьому для виявлення важливості проблем і рішень використовують метод переваги, метод рангів.

3. Метод “мозкової атаки ” (“мозкового штурму ”). Даний метод є найбільш відомим і широко використовуваним методом колективної генерації ідей і творчого вирішення проблем. Він є вільним, неструктурованим процесом генерування всіляких ідей з поставленої проблеми, спонтанно запропонованих учасниками.

4. Метод “мозкової атаки навпаки ”. “Мозкова атака навпаки ” багато в чому нагадує звичайну “мозкову атаку ”, але при цьому дозволяється висловлювати критичні зауваження. Вірніше, не стільки навіть вирішується, скільки весь метод побудований на тому, щоб всі учасники групи виявили недоліки запропонованих ідей

5. Метод “уявного групового аналізу реальної ситуації ”. Цей метод застосовується при достатньо великому складі групи (близько 20 чоловік), коли питання стосується всієї ситуації (процесу), якою можна дати кількісну оцінку на основі інтуїції або здорового глузду, і коли потрібне групове обговорення або взаємодія.

6. Метод складання сценаріїв - найбільш популярний за останні десятиліття метод експертних оцінок. Даний прогноз зазвичай включає декілька сценаріїв. В більшості випадків це три сценарії: оптимістичний, песимістичний і середній - найбільш вірогідний, очікуваний.

7. Метод дерева цілей - широко застосовується для прогнозування можливих напрямів розвитку науки, техніки, технологій. Так зване дерево цілей тісно пов'язує між собою перспективні цілі і конкретні завдання на кожному рівні ієрархії. При цьому мета вищого порядку відповідає вершині дерева, а нижче в

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

декілька ярусів розташовуються локальні цілі (завдання), за допомогою яких забезпечується досягнення цілей верхнього рівня.

8. Матричний метод - широко використовується в плануванні і прогнозуванні. Наприклад, в практиці маркетингу матричний метод застосовується як метод оцінки позиції підприємства на ринку, що дозволяє ухвалити рішення про вибір однієї з можливих стратегій:

стратегії атаки при сприятливій позиції;

стратегії оборони при середній, невизначеній позиції;

стратегії відступу при несприятливій позиції.

9. Метод Дельфі є найбільш формальним зі всіх методів експертного прогнозування і найчастіше використовується в технологічному прогнозуванні, дані якого використовуються потім в плануванні виробництва і збуту продукції. Це груповий метод при якому проводиться індивідуальний опит групи експертів щодо їх припущень про майбутні події в різних областях, де очікуються нові відкриття або удосконалення. Метод «Дельфі» дозволяє узагальнювати думки окремих експертів в узгоджену групову думку.

Розглянемо методи, що набули широкого поширення в світовій практиці:

*- Методи експертних оцінок*

Основна ідея прогнозування на основі експертних оцінок полягає в побудові раціональної процедури інтуїтивно-логічного мислення людини у поєднанні з кількісними методами оцінки і обробки отримуваних результатів.

Суть методів експертних оцінок полягає в тому, що в основу прогнозу закладається думка фахівця або колективу фахівців, засноване на професійному, науковому і практичному досвіді. Розрізняють індивідуальні і колективні експертні оцінки.

*- Методи екстраполяції*

У методичному плані основним інструментом будь-якого прогнозу є схема екстраполяції.

					РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Суть екстраполяції полягає у вивченні тих, що склалися у минулому і сьогодні стійких тенденцій розвитку об'єкту прогнозу і перенесенні їх на майбутнє.

Розрізняють формальну і прогнозу екстраполяцію. Формальна базується на припущенні про збереження в майбутньому минулих і справжніх тенденцій розвитку об'єкту прогнозу; при прогнозній фактичний розвиток ув'язується з гіпотезами про динаміку досліджуваного процесу з урахуванням " змін впливу різних чинників в перспективі. Слід зазначити, що методи екстраполяції необхідно застосовувати на початковому етапі прогнозування для виявлення тенденцій зміни показників.

Серед методів екстраполяції широке розповсюдження отримали: Методи прогнозування за допомогою підбору функцій і експонентного згладжування. середнього абсолютного приросту.

$$\Delta T = \frac{\sum \Delta Y_t}{n-1};$$

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = Y_{t+1} - Y_t = \Delta Y,$$

$$T = \frac{Y^t}{Y^{t-1}} \cdot Y_{t+1} = Y_t * T.$$

Темп зростання застосовується, якщо рівноприскорене або рівнозамедлене. Суть методу підбору функцій полягає у виборі оптимального вигляду функція початковий динамічний ряд, що описує  $Y = f(t)$  Найбільш часто приймаюча функція для опису динаміки.

Економічні показники:

1. Лінійна  $y = a + b * t$

2. Квадратичная:  $y = a + b * t^2$ .

3. Гіпербола:  $y = a + \frac{b}{t}$ .

4. Логарифмическая:  $y = a = b * \ln t$ .

Метод експонентного згладжування дозволяє вирішувати проблему старіння даних. Методи екстраполяції доцільно застосовуються на початкових етапах при розробки короткострокових прогнозів.

Метод експоненціального згладжування

Передбачається, що спостереження деякої величини  $X$ , проводяться через рівні проміжки часу. Результат спостереження позначимо  $X(t)$ , де  $t$  – номер спостереження. Прогноз  $P(t+1)$  для наступного моменту часу розраховується по формулі:

$$P(t+1) = P(t) + a(X(t) - P(t)) \quad (1)$$

де  $a$  – константа згладжування, вибирається зазвичай від 0,2 до 0,3.

Великі значення константи згладжування прискорюють відгук прогнозу на стрибок спостережуваного процесу, але можуть привести до непередбачуваних викидів.

Перший раз після початку спостережень, маючи в своєму розпорядженні лише один результат спостережень  $X(1)$ , коли прогнозу  $P(1)$  немає і формулою (1) скористатися ще неможливо, як прогноз  $P(2)$  слід узяти  $X(1)$ .

Формула легко може бути переписана в іншому вигляді:

$$P(t+1) = (1 - a)P(t) + aX(t).$$

Тепер видно, що при збільшенні константи згладжування в прогнозі частка останнього спостереження збільшується, а частка попередніх спостережень убуває.

Приклад з життя

Уявіть, що Ви керуєте агентством по прокату вагонів. Ви помічаєте збільшення кількості заявок клієнтів на транспорт. Декілька днів опісля після початку проведення дослідження кількість вищезазначених заявок різко зростає. Отже, використовуючи результати виконаних на сьогоднішній день спостережень (в даному випадку спостереження – це кількість заявок за день) нам потрібно дізнатися, скільки вагонів необхідно підготувати, щоб повністю задовольнити



попит в завтрашній день. Скористайтесь Excel для виконання необхідних розрахунків.

Запустите Excel і клацніть на кнопці Зберегти.

З допомогою кнопки Створити теку у вікні, що з'явилося, Збереження документа створіть на диску d свою робочу теку і збережете в ній файл Книга1 під ім'ям Прогноз.xls.

- Встановите у всій таблиці шрифт Times New Roman розміром 14.
- Введіть в діапазоні A1:A11 заголовок і дані спостережень, керуючись рис. 1.2.
- Введіть в осередку B1 заголовок Прогноз.

Розкрийте пункт меню Сервіс. Якщо в тому, що випав підміню немає команди Аналіз даних, то виконаєте команду Сервіс, Надбудови. У вікні Надбудови (рис. 1.3), що з'явилося, в списку надбудов встановите прапорець зліва від рядка Analysis ToolPak - VBA (функції VBA для роботи пакету аналізу) і клацніть на кнопці ОК.

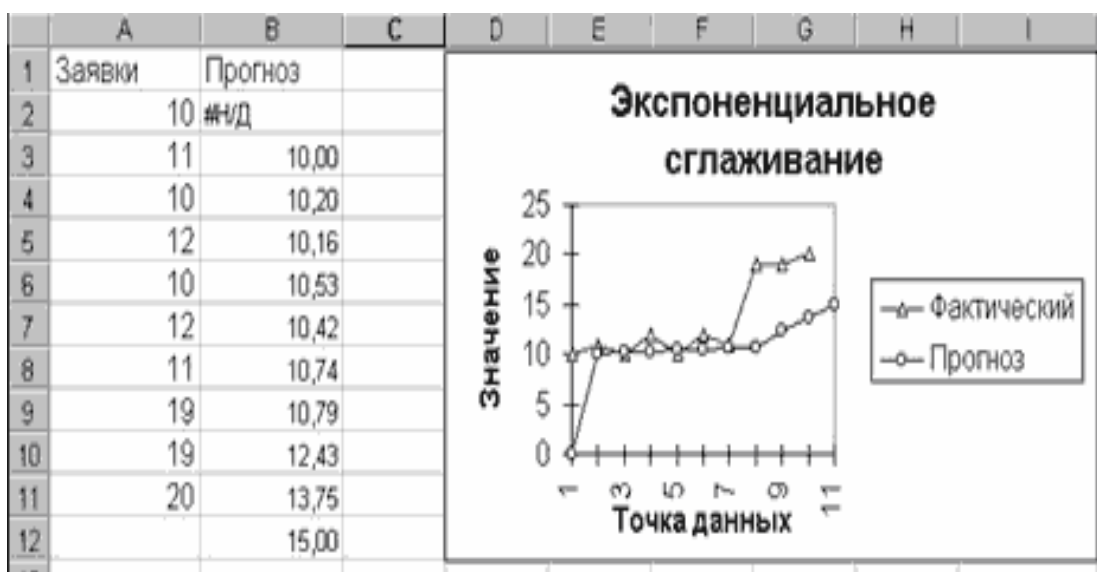


Рис. 1.2. Прогноз по методу експоненціального згладжування (константа згладжування дорівнює 0,2)

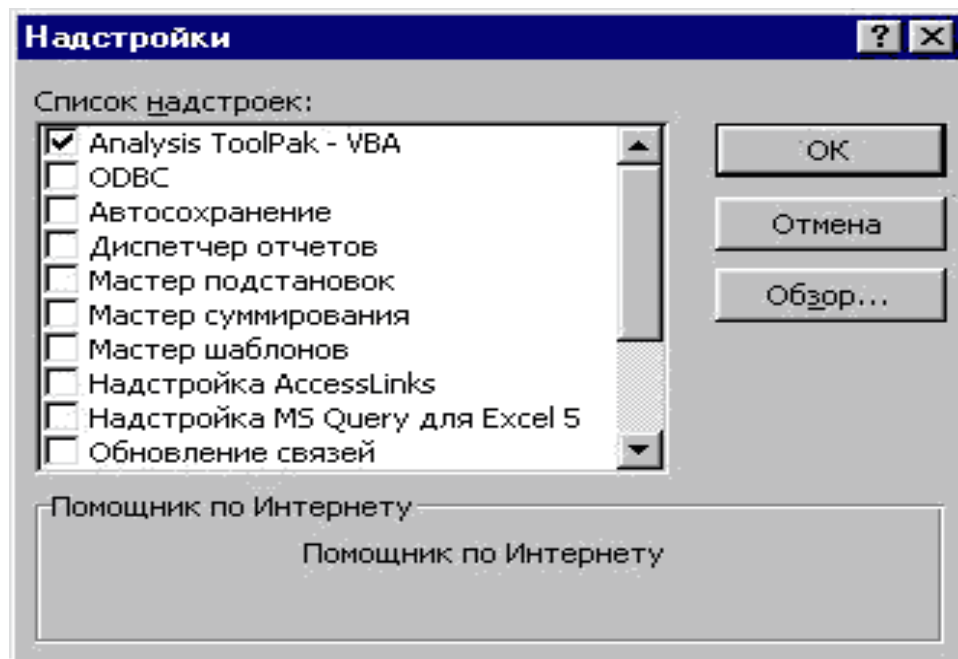


Рис. 1.3. Установка пакета Анализ данных

Виконаєте команду Сервіс, Аналіз даних. З'явиться вікно Аналіз даних (рис. 1.4). Перегорніть список інструментів аналізу і звернете увагу на те, що їх достатні багато.

У списку інструментів аналізу виберіть рядок Експоненціальне згладжування і клацніть на кнопці ОК. З'явиться вікно Експоненціальне згладжування (рис. 1.5), яке слід заповнити.

Встановіть курсор в полі Вхідний інтервал. Виділіть інтервал вхідних даних A1:A12. У полі Вхідний інтервал з'явиться рядок  $\$A\$1:\$A\$12$ .

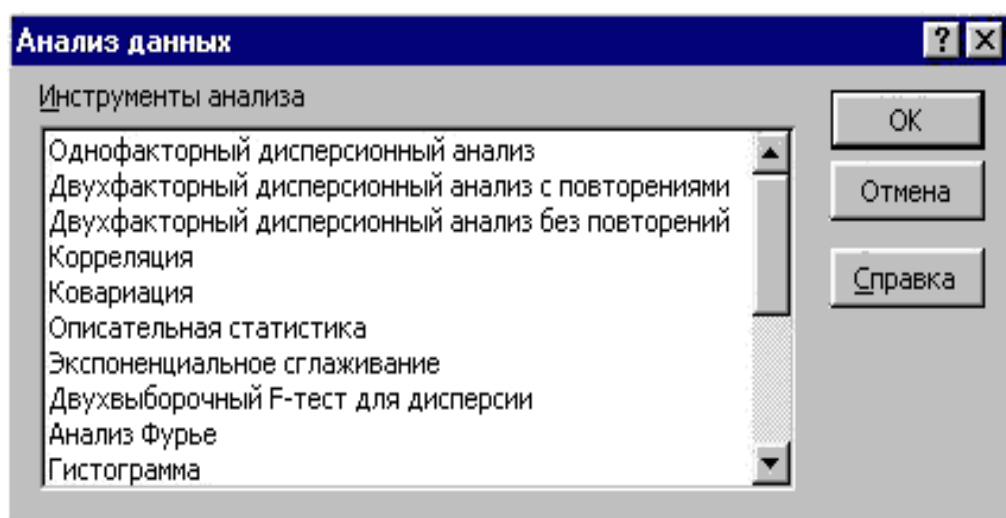


Рис. 1.4. Вибір інструменту аналізу

Проведіть розрахунок при значенні константи згладжування  $a$ , рівному 0,2. Для цього введіть в поле Чинник загасання значення, яке дорівнює  $1 - a$ , яке в даному випадку дорівнює 0,8.

Встановіть прапорець в полі Влучні, що означає, що перший осередок вхідного інтервалу є заголовком.

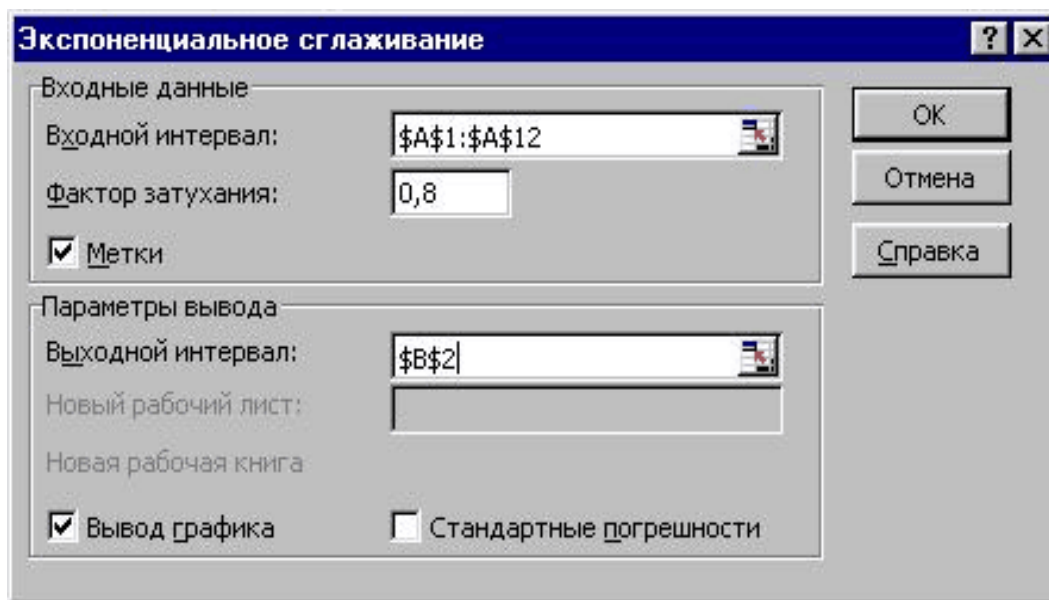


Рис. 1.5. Заповнення вікна Експоненціальне згладжування

Встановіть курсор в полі Вихідний інтервал. Виділіть осередок B2 – перший осередок вихідного інтервалу. У полі Вихідний інтервал з'явиться рядок \$B\$2.

Встановіть прапорець в полі Виведення графіка і клацніть на кнопці ОК. На робочому листі (див. рис. 1.2) буде виведений прогноз і діаграма, що дозволяє порівняти прогноз з фактичними даними.

Встановіть в діапазоні осередків B3:B12 числовий формат з двома розрядами дробової частини.

Проаналізуйте отримані результати. У осередку A11 записана кількість заявок, зроблених за десятий день спостережень. У осередку B11 записаний прогноз на десятий день, отриманий згладжуванням на підставі даних попередніх дев'яти днів спостережень. У осередку B12 записаний прогноз кількості заявок,

що очікуються, в наступний день. А скільки їх буде зроблено насправді, стане відомо тільки в наступний день. Запис в осередку B2 означає недолік даних.

Порівнюючи графік фактичних даних з графіком прогнозу, можна зробити вивід про те, що прогноз, отриманий згладжуванням, реагує на стрибок фактичної функції, але повільніше, ніж це б хотіло. Реакція буде швидшою, якщо зменшити значення чинника загасання.

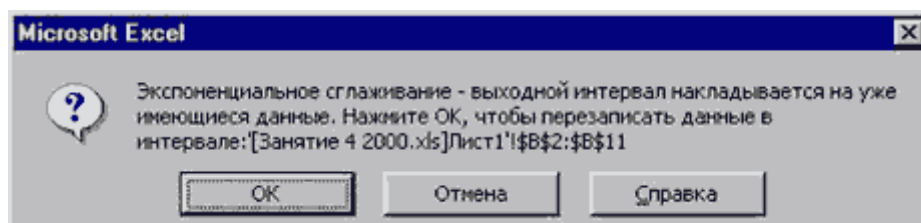


Рис. 1.6. Попередження Excel про майбутній перезапис даних

Повторите отримання прогнозу, замінивши значення 0,2 констант згладжування найбільшим значенням, що рекомендується, 0,3. Вікно (рис. 1.6), що з'явилося, з пропозицією перезаписати дані закрийте клацанням на кнопці ОК.

Робочий лист Вашої таблиці повинен відповідати зображенню на рис. 1.7. Можна відмітити, що тепер прогноз швидше відстежує стрибок фактичної функції.



Рис. 1.7. Прогноз по методу експоненціального згладжування (константа згладжування дорівнює 0,3)

Знову повторите отримання прогнозу, замінивши значення 0,3 констант згладжування на 0,1. Аналізуючи робочий лист (рис. 1.8) Ви переконаєтеся, що в останньому випадку якість прогнозу помітно зросла, а стійкість прогнозу збереглася.

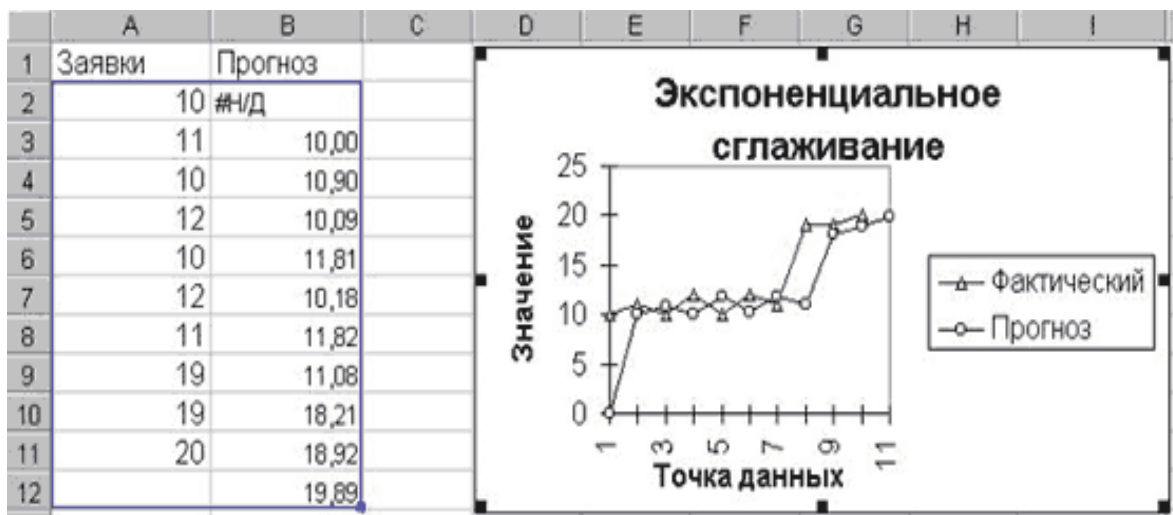


Рис. 1.8. Прогноз по методу експоненціального згладжування (константа згладжування дорівнює 0,9)

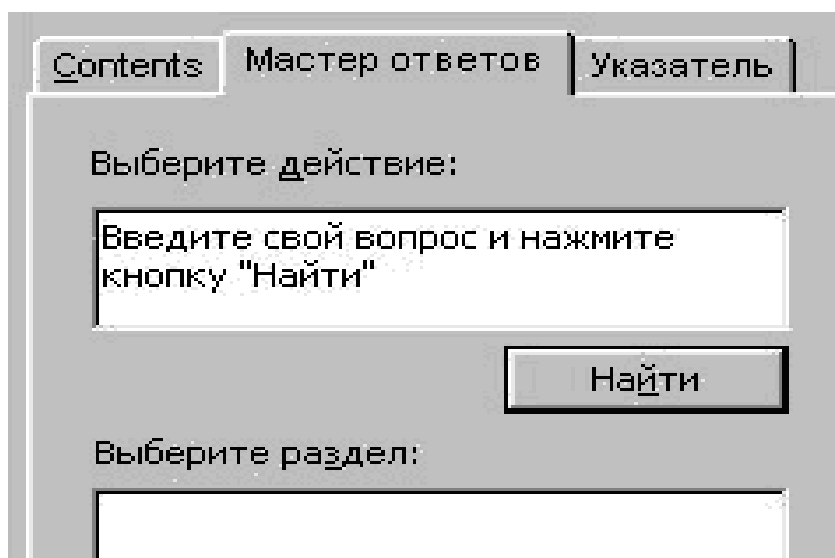


Рис. 1.9. Звернення до довідки

Виконуючи завдання, Ви, звичайно, звернули увагу на те, пакет Аналіз даних містить довгий список інструментів аналізу. Опис цих інструментів можна знайти в довідковій системі Excel.

Для звернення до довідки натисніть клавішу F1. Якщо використання Помічника не передбачене, то на вкладці майстра відповідей (рис. 1.9) в полі Виберіть дію введіть назву інструменту аналізу, наприклад Експоненціальне згладжування і клацніть на кнопці Знайти. Якщо Помічник використовується, то введіть своє питання в аналогічному вікні Помічника. Потім клацніть на кнопці Знайти. У списку розділів, пов'язаних з інструментом аналізу, що цікавить Вас, що з'явився, виберіть потрібний Вам розділ, і відповідна довідка Excel буде виведена на екран (рис. 1.10).

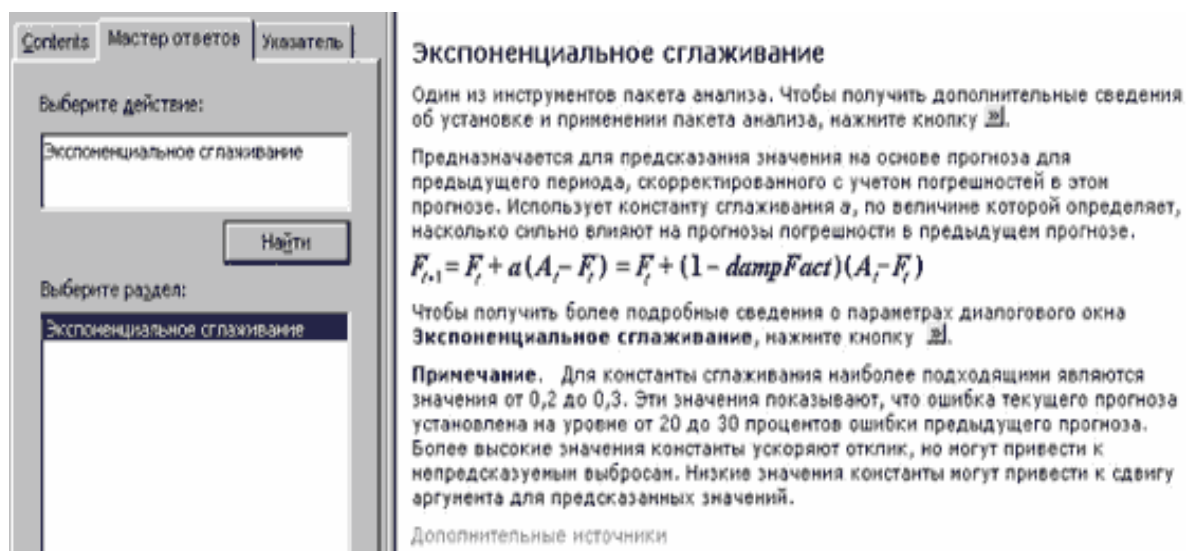


Рис. 1.10. Довідка Excel

### - Методи моделювання і економіко-математичні методи

Моделювання припускає конструювання моделі на основі попереднього вивчення об'єкту або процесу, виділення його істотних характеристик або ознак. Прогнозування економічних і соціальних процесів з використанням моделей включає розробку моделі, її експериментальний аналіз, зіставлення результатів прогнозних розрахунків на основі моделі з фактичними даними стану об'єкту або процесу, коректування і уточнення моделі.

Залежно від рівня управління економічними і соціальними процесами розрізняють макроекономічні, міжгалузеві, міжрайонні, галузеві, регіональні моделі і моделі макrorівня (моделі розвитку фірми).

По аспектах розвитку економіки виділяють моделі прогнозування відтворення основних фондів, трудових ресурсів, цін і ін. Існує ряд інших ознак класифікації моделей: часовий, факторний, транспортний, виробничий.

У сучасних умовах в республіці розвитку моделювання і практичному застосуванню моделей почала додаватися особлива значущість у зв'язку з посиленням ролі прогнозування і переходом до індикативного планування.

*- Метод економічного аналізу*

Економічний аналіз є невід'ємною частиною і одним з основних елементів логіки прогнозування і планування. Він повинен здійснюватися як на макро-, так і на мезо- і макрорівнях.

При проведенні економічного аналізу слід використовувати системний підхід. Як система розглядається народне господарство (економіка) в цілому і його структурні частини: сфери, регіони, галузі, об'єднання, підприємства. Аналіз має бути комплексним, тобто усестороннім.

Суть методу економічного аналізу полягає в тому, що економічний процес або явище розчленовується на складові частини і виявляються взаємозв'язок і вплив цих частин один на одного і на хід розвитку всього процесу. Аналіз дозволяє розкрити суть такого процесу, визначити закономірності його зміни в прогнозованому (плановому) періоді, всесторонньо оцінити можливості і шляхи досягнення поставлених цілей.

Процес економічного аналізу підрозділяється на ряд стадій: постановку проблеми, визначення цілей і критеріїв оцінки; підготовку інформації для аналізу; вивчення і аналітичну обробку інформації; розробку рекомендацій про можливі варіанти вирішення проблеми і досягнення цілей; оформлення результатів аналізу.

*- Балансовий метод*

За допомогою балансового методу реалізується принцип збалансованості і пропорційності. Він застосовується при розробці прогнозів, планів і програм.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Суть його полягає в ув'язці потреб країни в різних видах продукції, матеріальних, трудових і фінансових ресурсів з можливостями виробництва продукції і джерелами ресурсів.

Балансовий метод припускає розробку балансів, що є системою показників, в якій одна частина, що характеризує ресурси за джерелами надходження, дорівнює іншій, що показує розподіл (використання) по всіх напрямках їх витрати. У перехідний період до ринкових стосунків посилюється роль прогнозних балансів, що розробляються на макрорівні: платіжного балансу, балансу доходів і витрат держави, балансу грошових доходів і витрат населення, звідного балансу трудових ресурсів, балансів попиту і пропозиції. Результати балансових розрахунків служать основою при формуванні структурної, соціальної, фінансово-бюджетної і кредитно-грошової політики, а також політики зайнятості і зовнішньоекономічної діяльності. Баланси застосовуються також для виявлення диспропорцій в поточному періоді, розтини невикористаних резервів і обґрунтування нових пропорцій.

Система балансів, використовуваних в прогнозуванні і плануванні, включає: матеріальні, трудові і фінансові. У кожному з вказаних груп входить ряд балансів.

*- Нормативний метод*

Нормативний метод є одним з основних методів прогнозування і планування. У сучасних умовах йому почало додаватися особливе значення у зв'язку з використанням ряду норм і нормативів як регулятори економіки.

Суть нормативного методу полягає в техніко-економічному обґрунтуванні прогнозів, планів, програм з використанням норм і нормативів. Останні застосовуються для розрахунку потреби в ресурсах і показників їх використання. За допомогою норм і нормативів обґрунтовуються найважливіші пропорції, розвиток матеріального виробництва і невиробничої сфери, здійснюється регулювання економіки.

Дослідження різних класифікаційних схем методів прогнозування дозволяє виділити як основні класи фактографічні, експертні і комбіновані методи,

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23



спеціалізація яких обумовлена специфікою цілей і завдань, кількістю і якістю початкової інформації, періодом попередження прогнозу.

### 1.3. Задача, класифікація та принципи прогнозування

На транспорті методи прогнозування грають першорядну роль. Існує багато методів прогнозування. Продиференціювавши їх загальне число, необхідно вибрати оптимальний з них для використання в кожній конкретній ситуації.

При прогнозуванні діє схема: “цілі—теоретичні досяжні, шляхи і засоби їх досягнення - можливі, ресурси - вірогідні”.

Класифікація прогнозів здійснюється, як правило, по двох признакам-тимчасовому і функціональному. За тимчасовою ознакою розрізняють прогнози:

- кратко -,
- середньо -,
- довгострокові,
- над довгострокові.

Функціональна класифікація прогнозів припускає їх ділення на дослідницьких, програмних і ресурсних.

Прогнозна модель – модель об'єкту прогнозування, дослідження якої дозволяє отримати інформацію про можливі стани об'єктах в майбутньому і (або) шляхах і термінах їх здійснення.

Щоб отримати інформацію про майбутнє, потрібно вивчити закони розвитку залізничного транспорту, визначити причини, рушійні сили його розвитку, - це основне завдання планування і прогнозування.

Можна вказати на три основні завдання планування і прогнозування: встановлення цілей розвитку господарства; дослідження оптимальних шляхів і засобів їх досягнення; визначення ресурсів, необхідних для досягнення поставлених цілей.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Вибір цілей є результатом аналізу завдань, які необхідно вирішити на залізничному транспорті.

Вибору цілей передують розробка альтернатив цілей, побудова ієрархічної системи або “дерева цілей”, ранжирування цілей, вибір провідних ланок. Початковими передумовами вибору цілей є, з одного боку, реальна можливість вирішення даної альтернативи, а з іншої - її оптимальність по критерію ефективності.

Шляхи і засоби досягнення цілей визначаються на основі аналізу розвитку народного господарства і науково-технічного прогресу. При цьому процесі прогнозування відбувається обмеження області альтернативних варіантів шляхів і засобів досягнення поставлених цілей, тобто визначається область оптимальних рішень. В процесі розробки плану (ухвалення рішення) визначається єдине рішення, оптимальне по прийнятому вектору критеріїв.

Залежно від того, яке завдання вирішується насамперед, розрізняють два види прогнозування: дослідницьке (або пошукове) і нормативне. Формування прогнозу об'єктивно існуючих тенденцій розвитку на основі аналізу історичних тенденцій називається дослідницьким або пошуковим прогнозуванням. Цей вид прогнозування заснований на використанні принципу інерційності розвитку, при якому орієнтація прогнозу в часі відбувається по схемі “від сьогодення, — до майбутнього”. Дослідницький прогноз — це картина стану об'єкту прогнозу в певний момент майбутнього, отримана в результаті розгляду процесу розвитку як руху за інерцією від теперішнього часу до горизонту прогнозу. Прогнозування тенденцій розвитку об'єкту прогнозу, які повинні забезпечувати досягнення у встановлений момент майбутнього певної соціально-політичної, економічної і оборонної мети, називається нормативним. В цьому випадку орієнтація прогнозу в часі відбувається по схемі “від майбутнього — до сьогодення”.

Вибір цілей і засобів для їх досягнення неодмінно повинен поєднуватися з визначенням потреби в ресурсах. При визначенні цієї потреби слід розглядати планові і прогнозні матриці ресурсів (фінансових, трудових, матеріальних і енергетичних), а також матриці виробничих потужностей і ресурсів часу. Оцінці

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

підлягають як потрібні ресурси, так і вірогідні обмеження на їх величину в діапазоні часу попередження плану або прогнозу.

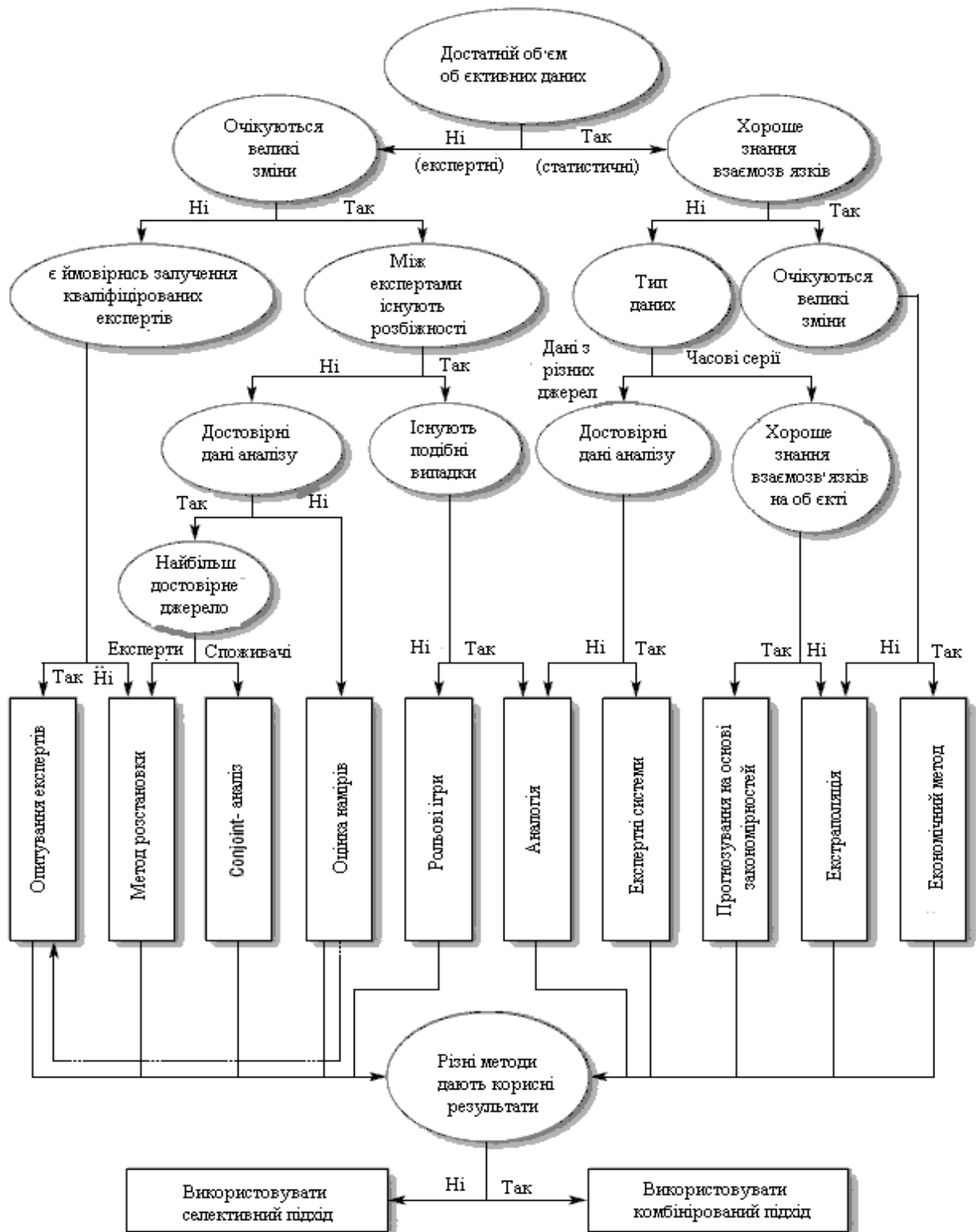


Рис. 1.11 “Дерево цілей”

Завдання прогнозування відрізняються широтою обхвату.

Завдання прогнозування треба оцінювати як глобальні.

До них можна віднести:

- аналіз ситуації,
- визначення рівнів достовірності інформації,
- визначення ступеня вірогідності,
- вироблення поточних, середньо - і довгострокових прогнозів.

Принципи прогнозування:

- науковість;
- системність;
- альтернативність;
- цілеспрямованість
- інформаційна єдність;
- адекватність процесам розвитку;
- комплектність;

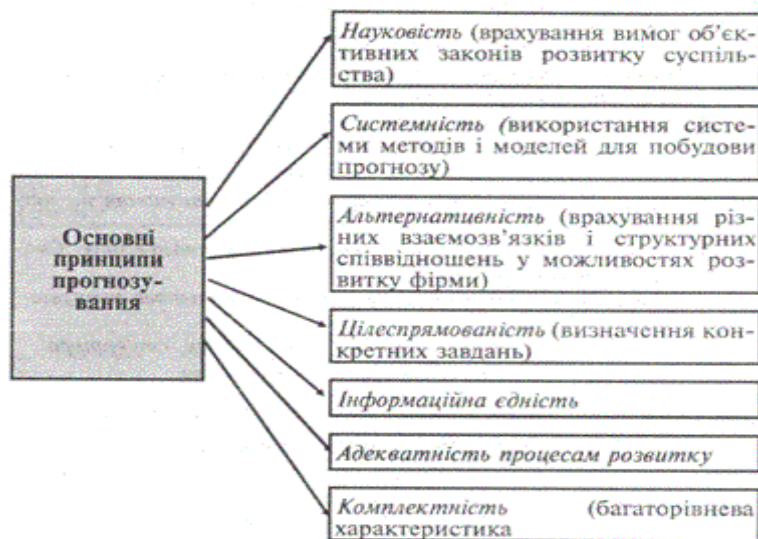


Рис.1.12. Основні принципи прогнозування

Прогнозування повинне носити системний характер. Необхідність системного підходу в прогнозуванні витікає з особливостей розвитку науки і техніки, народного господарства в період науково-технічної революції. Науково-технічна революція привела до принципової зміни властивостей, характеристик і

структури сучасної техніки і народного господарства. Зростання кількості елементів, об'єктів різної природи, ускладнення зв'язків між ними і поведінки об'єкту в зовнішньому середовищі привели до створення великих технічних і виробничих (організаційно-економічних) систем. Найважливішими вимогами системного підходу є комплексність прогнозів і планів і безперервний характер процесу планування.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

## 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1. Основні принципи прогнозування на залізничному транспорті

Відмінною рисою роботи залізничного транспорту є вкрай нерівномірний розподіл приросту обсягу вантажних і пасажирських перевезень по окремих лініях і ділянкам.

Оскільки частка залізничних ліній з високим рівнем заповнення провізної спроможності збільшується, то вже найближчим часом будуть потрібні реконструктивні роботи, спрямовані на подальше підвищення пропускну й провізної спроможності таких ліній.

Особливістю рішення складного техніко-економічного завдання (розвиток залізничних ліній, станцій і вузлів) є стрибкоподібний характер росту провізної (пропускну) здатності й безперервний (у більшості випадків) характер зміни обсягів перевезень, пророчити які безпомилково не завжди представляється можливим. Тому скорочення невизначеності щодо темпів росту перевезень варто розглядати як одну з вузлових проблем прогнозування транспортних потоків. Важливість рішення цієї проблеми підкреслюється тим фактом, що темпи росту вантажопотоку і пасажиропотоку на окремих лініях можуть відрізнятись в 3,5-7,2 рази, а по окремих станціях, депо й іншим елементам в 2,3-9,4 рази. У зв'язку із цим теорію прогнозування варто розглядати в нерозривній єдності з теорією прийняття рішень при розвитку залізничного транспорту. При цьому основна увага повинне приділятися вибору альтернативних варіантів розвитку залізничної лінії на основі поліваріантних прогнозів, або, інакше кажучи, створенню генеральних схем розвитку аналізованих транспортних систем.

Роль прогнозування в сучасних умовах істотно зростає у зв'язку з наявністю диспропорцій між рівнем розвитку постійних пристроїв, систем контролю, керування й обсягом вантажних і пасажирських перевезень. Обмеження в матеріальних ресурсах і капітальних вкладеннях, відставання темпів транспортного будівництва від темпів росту обсягів перевезень, не комплексність у розвитку окремих елементів і підсистем залізничного транспорту привели до

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

зменшення середньодобового пробігу локомотивів, вагонів, зниженню дільничної швидкості й росту собівартості перевезень.

Змінити ці тенденції можливо лише на основі прогнозної комплексної програми. Розробка такої програми передбачена основними напрямками розвитку залізничного транспорту. Складання програми розвитку транспорту повинне опиратися на сучасні методи наукового прогнозування вантажних і пасажирських потоків.

Прогнозування транспортних потоків стає необхідним елементом у прийнятті рішень по розвитку залізничного транспорту.

Розробка економіко-математичних моделей прогнозування з реалізацією на автоматизованій системі управління на залізничному транспорті (АСУЗТ) базується на науковій методології керування складними системами з використанням високопродуктивних ЕОМ і сучасних засобів передачі інформації й інших термінальних пристроїв. Автоматизована системна взаємодія різних ланок АСУЗТ обумовлюється спільністю й взаємозв'язком завдань прогнозування й планування відділення й лінійних підприємств, а також їх інформаційною, технічною й організаційною сумісністю. Під системністю в практиці сучасного прогнозування розуміється заснована на єдиних теоретичних передумовах процедура використання різних методів і приймань прогнозування, при якій вони взаємодоповнюють свої обмежені можливості, підсилюють вірогідність синтезованих даних й у процесі триваючого циклу прогнозних робіт забезпечують корекцію й зростання точності формованих показників.

Прогнозування обсягів перевезень на дорогах, відділеннях й лінійних підприємств підпорядковується основним принципам прогнозування. Для побудови такого прогнозу може використатися ієрархічна система розробки конкретних техніко-економічних показників, безпосередньо пов'язаних з розглянутими напрямками технічного прогресу. Системний прогноз повинен містити також варіанти цілей і періодів прогнозування й планування. Ні сумніву, що більше глибокий аналіз сформованої ситуації, точна й всебічна інформація про процеси, які виконуються на залізниці і її підрозділах є необхідною

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

передумовою підвищення якості прогнозування й планування. Тому треба розробити найбільш ефективні методи одержання й аналізу необхідної статистичної інформації, засновані на алгоритмічних методах і застосуванні ЕОМ.

Для оцінки прогнозу використовуються три критерії: відтворюваність, вірогідність, чітке визначення границь. Відтворюваність результатів - це гіпотетичний стан прогнозованих подій. Оцінка відтворюваності результатів прогнозу полягає в порівнянні прогнозів, виконаних одночасно різними методами. Вірогідність прогнозу - це досвід, що має прямий зв'язок з обсягом інформації. Чітке визначення границь прогнозу дуже важливо для виявлення областей і проблем, які ще практично не одержали оцінки. Без такої оцінки неможливо визначити, у якому ступені виконані прогнози заслуговують довіри. У цей час чітко сформульовані методи, що дозволяють робити такі оцінки, відсутні.

Для складання прогнозу в процесі передпланової роботи і його використання необхідні:

- аналіз можливості освоєння й збільшення в масштабі залізниці і її підрозділів обсягу експлуатаційної роботи з одночасним виявленням потреби в матеріальних і трудових ресурсах й основних фондах;
- розробка основних напрямків економічного й соціального розвитку залізниці і її підрозділів з обґрунтуванням контрольних цифр по всіх підрозділах і показникам плану, відповідно до директивних вказівок;
- подання на затвердження проекту плану дороги і її підрозділів;
- доведення затвердженого плану до виконавців.

Тому що робота залізниці має багаторівневий характер, то для рішення поставленого завдання необхідно деталізувати ряд під завдань прогнозування й окремо проаналізувати статистичні дані за певний період часу. Аналіз показників виробляється методами математичної статистики, за допомогою яких виявляються істотні й взаємозалежні фактори. У тісному зв'язку з характером обраних факторів перебуває прогноз, що робиться або по одному фактору, або по

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



взаємозалежності декількох факторів, тобто виробляється одне або багатофакторне прогнозування.

Збір і формування вихідних даних по періодах поточного планування - трудомістка робота, що вимагає високої точності. Тому доцільно ці процеси (збір, обробка, формування динамічних рядів) автоматизувати за допомогою ЕОМ, для чого необхідно скласти алгоритм. Такий підхід до рішення завдань буде відповідати вимогам цілісності й взаємозалежності системи періодів прогнозування.

Для вибору оптимального методу прогнозування розглядається безліч методів: експонентне згладжування при прямолінійній і параболічній тенденції, метод гармонійних ваг, рівняння регресії, метод множинних прогнозів і пошук найкращої експертної оцінки. При короткостроковому прогнозуванні, крім них, розглядаються методи перехідних фазових ваг, гармонійних функцій і Боксу - Дженкінса. По кожному методу виробляються розрахунки по прогнозуванню й виходять проміжні результати прогнозу, що назвемо умовним. Прогноз, обраний у результаті порівняння проміжних результатів (тобто умовних прогнозів) по мінімальній помилці, назвемо оптимальним. Моделі, отримані для оптимального прогнозу, беруться за основу економіко-математичної моделі обсягів вантажних перевезень і техніко-економічних показників експлуатаційної роботи дороги, відділення й лінійного підприємства. Рішення такого типу завдань лежить в основі системного підходу до прогнозування роботи транспорту, що дозволяє глибше провести дослідження в системі керування.

## 2.2. Етапи організації системного аналізу та прогнозування

Системний аналіз дозволяє розглядати керування експлуатаційною роботою на будь-якому рівні як взаємозалежний комплекс елементів, розкривати найбільш важливі з погляду мети і якості керування на транспорті внутрішні й зовнішні зв'язки. Системний підхід необхідний і при практичному рішенні питань

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

організації, прогнозування, планування й керування експлуатаційною роботою дороги, відділення й лінійних підприємств.

Незалежно від виду об'єкта прогнозування, числа складових його елементів, їхньої складності, а також характеристик взаємозв'язків окремих елементів, процес управління експлуатаційною роботою будь-якого підрозділу залізничного транспорту будується по єдиному принципу й складається в кожному разі з однакових операцій:

- одержання й аналіз інформації про фактичні значення основних характеристик залізничного об'єкта управління;
- обробка отриманої інформації й вироблення (прийняття) керуючого рішення (взаємодії);
- передача керуючого впливу на об'єкт;
- контроль й аналіз результатів впливу на керований об'єкт (зворотний зв'язок).

Зміст процесів керування, а також їхня складність, безпосередньо залежать від характеристик об'єкта керування й керуючої системи, а також від цілей керування.

Процес прогнозування починається з одержання інформації про стан об'єкта транспорту - дороги, відділення, лінійних підприємств. Ця інформація містить якісні й кількісні показники, що характеризують експлуатаційну роботу в конкретний момент часу.

На основі отриманої інформації й відповідно до обраної мети функціонування основної системи - залізниці - здійснюються обробка інформації й ухвалення рішення, що повинне бути оптимальним, тобто забезпечувати найвигідніший спосіб керування експлуатаційною роботою. Оптимальність рішення може бути досягнута логічним й математичним шляхами, застосуванням ЕОМ й ін.

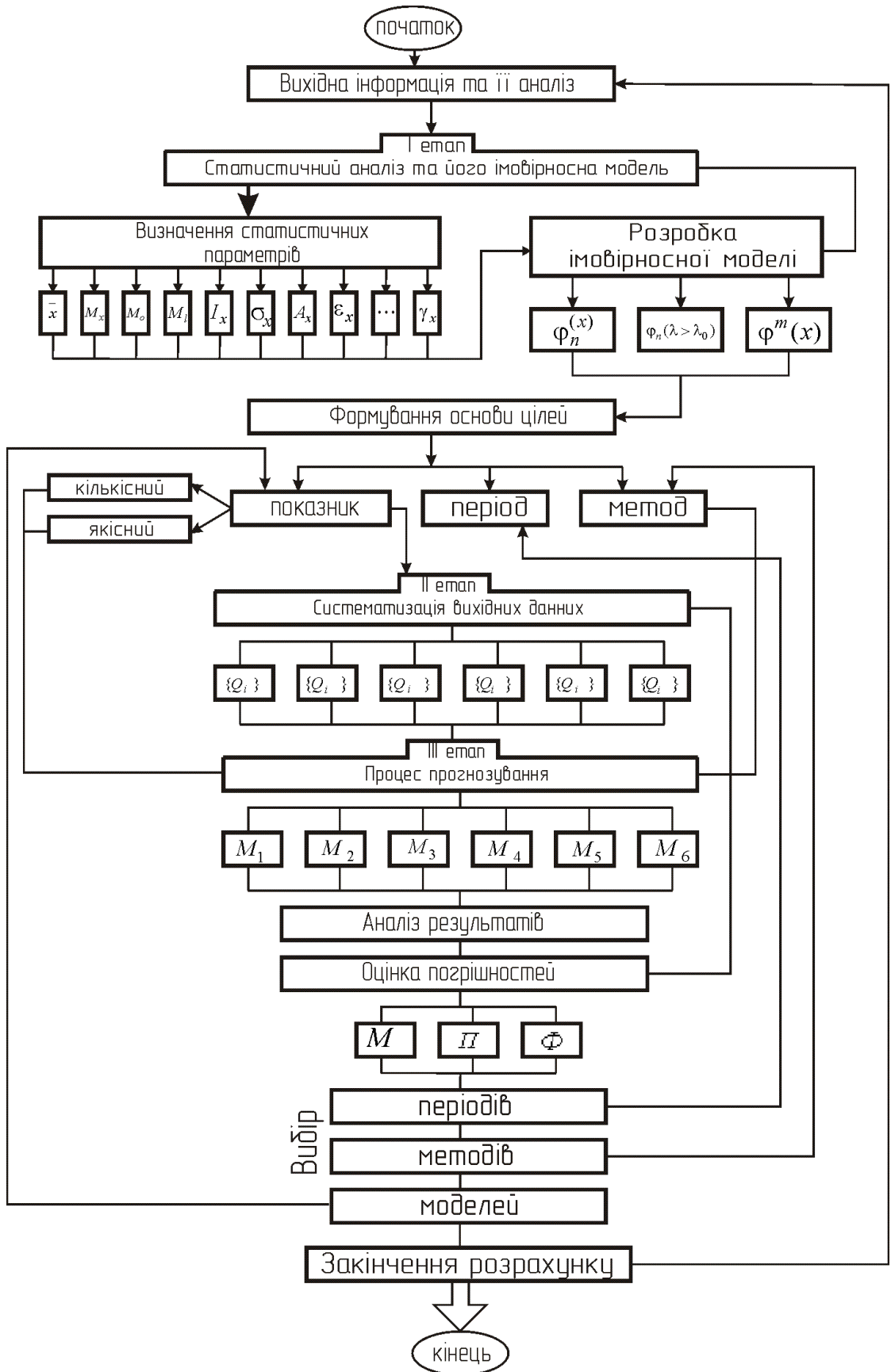


Рис 2.1 Основні етапи системного підходу до прогнозування.

Вироблене рішення повинне бути передане на об'єкт транспорту для зміни його характеристик з метою функціонування з конкретним керуючим впливом. Завершальний етап керування - контроль й аналіз результатів впливу, одержання даних про новий стан об'єкта керування. Контроль результатів впливу, тобто зворотний зв'язок, є основа керування будь-якої системи. Завдяки зворотному зв'язку в системі утвориться замкнутий контур керування.

Наведена схема взаємозв'язку об'єктів керування залізничним транспортом з метою їхнього прогнозування є замкнутою.

Зазначені етапи рішення завдання системного аналізу й прогнозування в організації, плануванні й керуванні експлуатаційною роботою дороги, відділення лінійних підприємств відображають хід рішення даної проблеми (під задачі) в АСУЗТ (рис. 2.1). Системний підхід до прогнозування включає три етапи. Рішення завдання починається зі збору вихідної інформації про стан досліджуваного об'єкта, потім виконується її аналіз із технологічної точки зору й підготовка до застосування математичних методів й ЕОМ. Перший етап - статистичний аналіз і розробка імовірнісної моделі обсягів перевезень і техніко-економічних показників. Деталізація розробки даного етапу має три моменти - визначення статистичних параметрів, розробка імовірнісних моделей і формування основних цілей прогнозування обсягів перевезень і техніко-економічних показників.

Під етапи формування основи прогнозування (показник, період і метод) мають свої особливості в рішенні завдання. На першому етапі визначаються: показник - основна характерна ознака об'єкта керування; період - відрізок часу, по якому визначається специфіка його роботи; метод - спосіб прогнозування, що дозволяє вибрати найкращу оцінку прогнозного значення на відповідний період. На другому етапі виробляється систематизація вихідних даних з метою комплексного розгляду всіх періодів прогнозування, а на третій - прогнозні розрахунки й вибір методу й моделі прогнозування. Тут розглядається безліч методів, техніко-економічних показників і вихідних даних по періодах прогнозування.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Результати аналізуються по всіх зазначених ознаках показника, методу й періоду: розробляється оцінка погрішностей прогнозних значень, порівнюваних із плановим і фактичним значеннями досліджуваних показників пост прогнозного періоду, вибираються найвигідніші періоди й методи прогнозування, на основі наведених положень розробляються моделі прогнозування обсягів перевезень і техніко-економічних показників дороги, відділення й лінійного підприємства, вибираються оптимальний період, модель планування й керування. По встановленій ознаці ЕОМ формує кінець загального розрахунку й провадить розрахунки по оптимальному прогнозуванню. Таким чином, є зворотний зв'язок між циклами й кінцем розрахунку, що враховує підетапи оцінки погрішностей вибору періодів й ознак показників.

### 2.3. Метод експонентного згладжування.

Нехай є часовий ряд  $y_t (t = 1, 2, \dots, n)$ , описуваний поліномом  $p$ -й ступеня:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \frac{a_2}{2!} t^2 + \dots + \frac{a_p}{p!} t^p + \varepsilon_t = \sum_{i=0}^p \frac{a_i}{i!} t^i + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

За даними заданого ряду  $y_t$  потрібно скласти прогноз на моменти часу  $n + l$ ,  $l = 1, 2, \dots, L$ . Це здійснюється шляхом зважування спостережень ряду  $y_t$  таким чином, щоб більше пізнім спостереженням надавалися більші ваги в порівнянні з більше ранніми. Саме цьому принципу й відповідає метод експонентного згладжування.

Прогноз рівнів ряду  $y_t$  на період часу  $(n + l)$  може бути побудований шляхом розкладання  $\bar{y}_{t+l}$  в ряд Тейлора:

$$\bar{y}_{t+l} = y_t^{(0)} + l y_t^{(1)} + \frac{l^2}{2!} y_t^{(2)} + \dots + \frac{l^k}{k!} y_t^{(k)} + \dots + \frac{l^p}{p!} y_t^{(p)} \quad (2.2)$$

де  $y_t^{(k)}$  —  $k$ -я похідна, узята в момент часу  $t$ .

Кожна  $k$ -я похідна ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ) дані рівняння може бути виражена через лінійні комбінації експонентних середніх до  $(p+1)$ -го порядку. Основною метою

					РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

прогнозування  $\bar{y}_t$  є обчислення рекурентних виправлень оцінок коефіцієнтів первісного рівняння  $y_t$

Експонентної середньої 1-го порядку для ряду  $y_t$  назвемо

$$S_t^{(1)} = \alpha \sum_{i=0}^n (1-\alpha)^i y_{t-i} \quad (2.3)$$

де  $\alpha$  — параметр згладжування ( $0 < \alpha < 1$ ), а експонентної середньої  $k$ -го порядку для ряду  $S_t^{(k)}$

$$S_t^{(k)} = \alpha \sum_{i=0}^n (1-\alpha)^i S_{t-i}^{(k-1)} \quad (2.4)$$

Нова експонентна середня дорівнює попередній плюс частка ( $\alpha$ ) від різниці між новими спостереженнями й попередніми згладженими значеннями рівнів динамічного ряду  $y_t$

Тепер розглянемо тенденцію тимчасового ряду  $x_t = y_t$  до випрямлення

$$y = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

при масиві  $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , де  $n$  — число спостережень відповідної ознаки системи періодів. Розроблена для цього методу укрупнена блок-схема алгоритму із впровадженням на ЕОМ показана на рис. 1.5. У якій здійснюється уведення й перевірка вихідних даних відповідно, далі визначаються параметри  $\alpha, a_0, a_1, S_0^{(1)}(y), S_0^{(2)}(y)$ . Коефіцієнти згладжування обчислюються по формулі

$$\alpha = \frac{2}{1+k}$$

де  $k$  - число спостережень, що входять в інтервал згладжування.

Для визначення параметрів прямолінійної тенденції  $a_0$  й  $a_1$  необхідно вирішити за допомогою методу найменших квадратів систему рівнянь

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum yt \end{cases} \quad (2.6)$$

Початкові експонентні середні обчислюються по формулах

$$S_0^{(1)}(y) = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1, \quad S_0^{(2)}(y) = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 \quad (2.7)$$

Виконуються операції при відомих початкових умовах  $S_0^{[1]}(y), S_0^{[2]}(y)$  обчислюються експонентні середні для  $t = \overline{1, n}$ :

$$\begin{cases} S_t^{[1]}(y) = \alpha y_{t-1} + (1-\alpha)S_{t-1}^{[1]}(y) \\ S_t^{[2]}(y) = \alpha S_t^{[1]}(y) + (1-\alpha)S_{t-1}^{[2]}(y) \end{cases} \quad (2.8)$$

За допомогою цих величин для  $t = \overline{1, n}$  можна оцінити коефіцієнти

$$\begin{cases} a_t^{[0]} = S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y) \\ a_t^{[1]} = \frac{\alpha}{1-\alpha} S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y) \end{cases} \quad (2.9)$$

і знайти теоретичне значення тимчасового ряду

$$y_t^* = a_t^{[1]} + a_t^{[0]} \quad (2.10)$$

Далі визначається відхилення від тренда:

$$\varepsilon_t = y_t - y_t^* \quad (2.11)$$

Середньоквадратична помилка обчислюється по формулі

$$\sigma_{\varepsilon_t} = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{\varepsilon_t^2}{n-p-1}} \quad (2.12)$$

де  $p$  — число параметрів у рівнянні тренда; у нашому випадку  $p=2$ .

Обчислюється відхилення від значень прогнозу  $\sigma_{n+l}$  для  $l = \overline{1, k}$

$$\sigma_{n+l} = \sigma_{\varepsilon_t} \left[ \frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} 1 - 4(1-\alpha) + 5(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha)l + 2\alpha^2 l^2 \right] \quad (2.13)$$

і з обліком цього заново визначаються експонентні середні  $S_{n+1}^{[1]}$  й  $S_{n+1}^{[2]}$ . Оцінюючи параметри тренда  $a_{n+1}^{[0]}$ ,  $a_{n+1}^{[1]}$  для необхідного періоду прогнозування за допомогою формул (2.8) і (2.9), можна встановити значення й довірчі інтервали прогнозу:

$$y_{n+l}^* = a_{n+l}^{[0]} + l a_{n+1}^{[1]} \quad (2.14)$$

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$\begin{cases} A_{n+l}^* = y_{n+l}^* - \sigma_{n+l} \\ B_{n+l}^* = y_{n+l}^* + \sigma_{n+l} \end{cases} \quad (2.15)$$

Помилки прогнозу для  $l = \overline{1, k}$  визначаються зі співвідношення

$$\eta_{n+l}^* = \frac{\alpha_{n+l}}{y_{n+l}^*} 100\% \quad (2.16)$$

Наприкінці обчислень по вище описаній методиці здійснюється висновок результатів на печатку наступних параметрів:

$$y_{n+l}^*, A_{n+l}^*, B_{n+l}^*, \eta_{n+l}^*, a_0, a_1$$

При прагненні тимчасового ряду до параболи доцільно застосовувати функцію

$$y_t = a_0 + a_1 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 + \varepsilon_t \quad (2.17)$$

При цьому обчислюються визначники

$$\Delta = \begin{vmatrix} n & \sum t & \sum t^2 \\ \sum t & \sum t^2 & \sum t^3 \\ \sum t^2 & \sum t^3 & \sum t^4 \end{vmatrix}, \Delta_1 = \begin{vmatrix} \sum y & \sum t & \sum t^2 \\ \sum yt & \sum t^2 & \sum t^3 \\ \sum yt^2 & \sum t^3 & \sum t^4 \end{vmatrix}, \quad (2.18)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} n & \sum y & \sum t^2 \\ \sum t & \sum yt & \sum t^3 \\ \sum t^2 & \sum yt & \sum t^4 \end{vmatrix}, \Delta_3 = \begin{vmatrix} n & \sum t & \sum y \\ \sum t & \sum t^2 & \sum yt \\ \sum t & \sum t^3 & \sum yt^2 \end{vmatrix}$$

і параметри

$$a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, a_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

Визначення початкових умов  $S_0^{[1]}(y)$ ,  $S_0^{[2]}(y)$ ,  $S_0^{[3]}(y)$  виробляється по вираженнях

$$S_0^{[1]}(y) = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1 + \frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2} a_2,$$



$$S_0^{[2]}(y) = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 + \frac{(1-\alpha)(3-2\alpha)}{2\alpha^2} a_2, \quad (2.19)$$

$$S_0^{[3]}(y) = a_0 - \frac{3-(1-\alpha)}{\alpha} a_1 + \frac{(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2} a_2$$

Обчислення експонентних середніх при відомих початкових умовах для

$$\begin{aligned} S_t^{[1]}(y) &= \alpha y_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{[1]}(y), \\ S_t^{[2]}(y) &= \alpha S_t^{[1]}(y) + (1-\alpha)S_{t-1}^{[2]}(y) \\ S_t^{[3]}(y) &= \alpha S_t^{[2]}(y) + (1-\alpha)S_{t-1}^{[3]}(y) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Коефіцієнти теоретичного рівняння оцінюються в такий спосіб:

$$\begin{aligned} a_t^{[0]} &= 3[S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y)] + S_t^{[0]}(y) \\ a_t^{[1]} &= \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha) - 2(5-4\alpha)S_t^{[2]}(y) + (4+3\alpha)S_t^{[3]}(y)] \\ a_t^{[2]} &= \frac{\alpha^2}{(1-\alpha^2)} [S_t^{[1]}(y) - 2S_t^{[2]}(y) + S_t^{[3]}(y)] \end{aligned} \quad (2.21)$$

Підставляючи в (2.20) значення коефіцієнтів, одержуємо теоретичні значення для  $l = \overline{1, n}$ , а  $\varepsilon_t$  й  $\sigma_{\varepsilon_t}$  визначаємо згідно (2.11) і (2.12) для випадку  $p = 3$ .

При  $l = \overline{1, \tau}$  обчислюємо помилка прогнозу:

$$\sigma_{n+l} = \sigma_{\varepsilon_t} \sqrt{2\alpha + 3\alpha^2 + 3\alpha^2 l^2} \quad (2.22)$$

З урахуванням цих помилок заново визначаються експонентні середні й оцінюються коефіцієнти рівняння для  $l = \overline{1, \tau}$   $S_{n+1}^{[1]}$ ,  $S_{n+2}^{[1]}$ ,  $S_{n+3}^{[1]}$ , а також  $a_{n+1}^{[0]}$ ,  $a_{n+1}^{[1]}$ ,  $a_{n+1}^{[2]}$  по формулах

$$\begin{aligned} S_{n+1}^{[1]}(y) &= \alpha y_n + (1-\alpha)S_n^{(1)}(y) \\ S_{n+1}^{[2]}(y) &= \alpha S_{n+1}^{(1)}(y) + (1-\alpha)S_n^{(2)}(y) \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} S_{n+1}^{[3]}(y) &= \alpha S_{n+1}^{(2)}(y) + (1-\alpha)S_n^{(3)}(y) \\ a_{n+1}^{[0]} &= 3[S_{n+1}^{(1)}(y) - S_{n+1}^{(2)}(y)] + S_{n+1}^{(3)}(y) \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$a_{n+1}^{[1]} = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_{n+1}^{(1)}(y) - 2(5-4\alpha)S_{n+1}^{(2)}(y) + (4-3\alpha)S_{n+1}^{(3)}(y)]$$

$$a_{n+1}^{[2]} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} [S_{n+1}^{(1)}(y) - 2S_{n+1}^{(2)}(y) + S_{n+1}^{(3)}(y)]$$

Тоді

$$y_{n+l}^* = a_{n+l}^{[0]} + la_{n+l}^{[1]} + \frac{1}{2}la_{n+l}^{[2]} \quad (2.25)$$

Далі визначаються довірчі інтервали й помилки прогнозу (у відсотках). Слід зазначити, що при побудові прогнозів за допомогою даного методу одним з основних питань є правильний вибір параметра згладжування  $\alpha$ . Якщо значення  $\alpha$  близько до одиниці, то при прогнозі враховується головним чином вплив лише останніх значень динамічного ряду  $\{y_t\}$ . Якщо ж  $\alpha$  близько до нуля, то ваги рівнів ряду убують повільно, тобто при прогнозуванні враховуються всі (або майже все) минулі значення динамічного ряду  $\{y_t\}$ .

Точного методу для вибору оптимальної величини параметра згладжування  $\alpha$  поки не є. Тому при визначенні  $\alpha$  використовуються різні емпіричні процедури. В окремих випадках величина  $\alpha$  визначається виходячи з довжини інтервалу згладжування по формулі

$$\alpha = \frac{2}{m+1}$$

де  $m$  — число спостережень, що входять в інтервал згладжування.

Застосовуючи метод експонентного згладжування можна отримати прогноз вантажопотоку по окремим відділенням залізничного комплексу. Для цього необхідно провести аналіз вантажопотоку по всім залізницям і після можна побудувати графік до 2025 року.

З графіку видно, що після розпаду СРСР об'єм вантажопотоку знизився, але з 2005 року почав збільшуватися. Все це свідчить про те, що Україна почала адаптуватися і далі по всім прогнозам вантажопотік буде тільки збільшуватися.

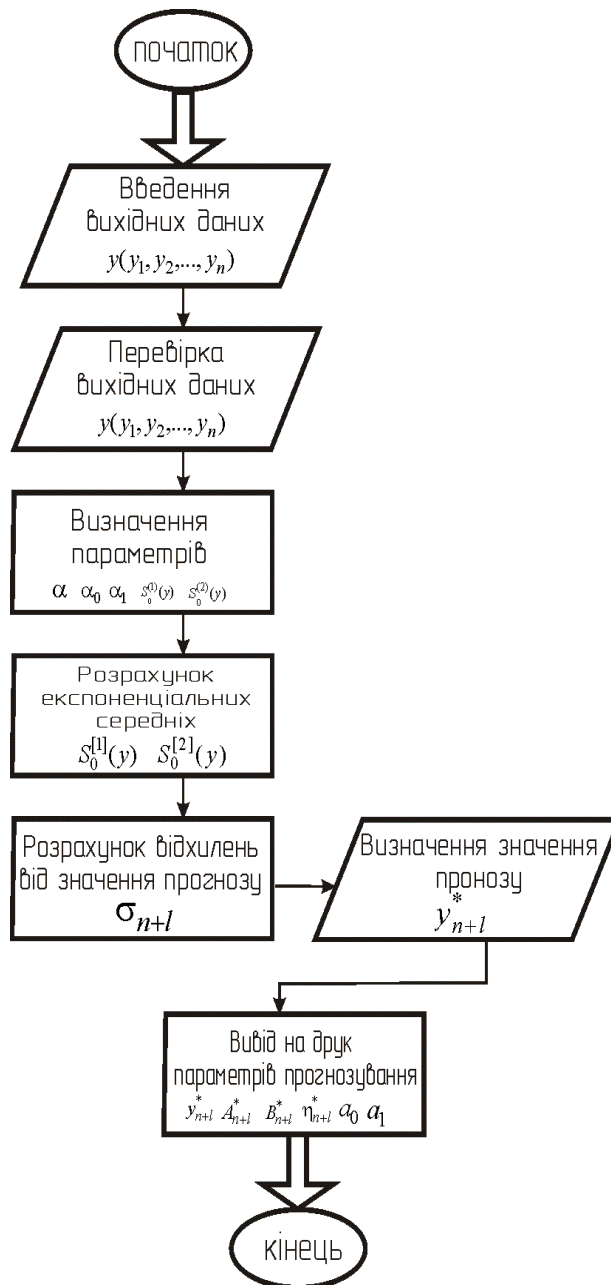


Рис. 2.2. Блок-схема методу прогнозування експонентного згладжування



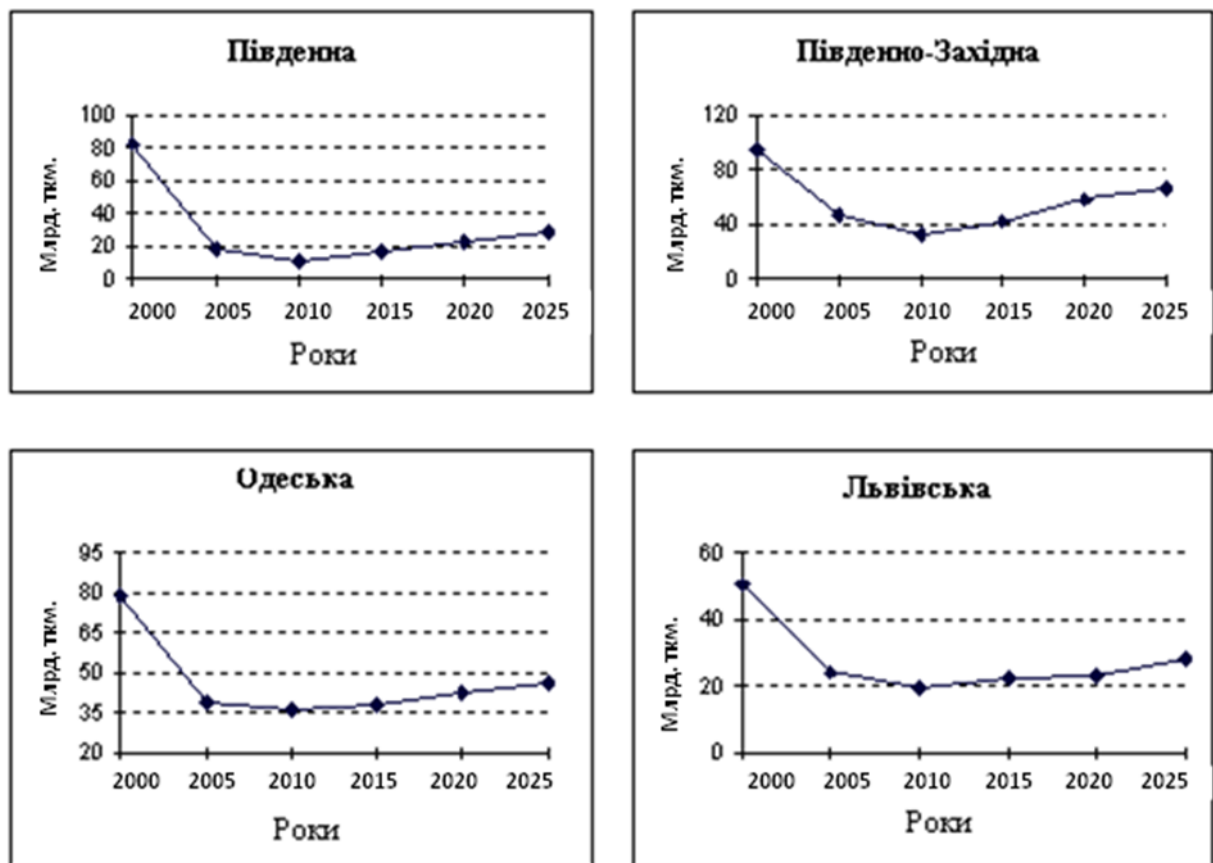


Рис. 2.3. Графік вантажопотоку по відділеннях залізниці до 2025 року

#### 2.4. Прогнозування пасажирських перевезень на основі обробки тимчасових рядів

Розглядається проблема прогнозування пасажиропотоків, аналізується використання для цих цілей тимчасових рядів з явно вираженою сезонною складовою.

Дослідження динаміки соціально-економічних явищ, виявлення і характеристика основної тенденції розвитку і моделей взаємозв'язку дають основу для прогнозування – визначення майбутніх розмірів рівня економічного явища.

На відміну від підприємств, для яких величину кінцевого продукту можна визначити, виходячи з наявності сировини, матеріалів, а також норм витрати цих матеріалів при виробництві конкретних виробів, у будь-якій залізничній цей процес дещо ускладнений із-за присутності суб'єктивного чинника – бажання

пасажира скористатися послугами саме ж/д транспортом (а не яким-небудь іншим видом транспорту). Тому за пасажиром залишається право вибору. Для визначення об'єму кінцевого продукту – пасажиропотоку – будується прогноз на майбутні періоди.

Прогнозування об'ємів пасажирських перевезень (як довгострокове, так і короткострокове) являється для сучасної залізниці одним з аспектів управлінської діяльності. При довгостроковому прогнозуванні враховується тенденції світового ринку перевезень, які знаходять віддзеркалення у збільшенні або зменшенні частот рейсів в різні напрямки при складанні розкладу рухів. Короткострокове прогнозування дозволяє оперативно відреагувати на зміну ситуації на ринку перевезень і збудувати стратегію роботи залізниці, виходячи з передбачуваного об'єму пасажиропотоку (наприклад, змінити міру комфорту, підгодувати і провести спеціальні акції по залученню пасажирів і так далі).

Одним з варіантів формування прогнозу об'ємів пасажирських перевезень є прогнозування на основі обробки тимчасових рядів, яке дозволяє отримати дуже надійні результати. Основою цього прогнозування є метод перспективної екстраполяції, яку, проте, потрібно розглядати тільки як початкову стадію побудови остаточних прогнозів, оскільки чисто механічне використання екстраполяції може стати причиною значних помилок і невірних висновків.

Застосування методу екстраполяції для прогнозування припускає, що нерівномірність, діюча у минулому, збережеться і в прогнозованому періоді, але при цьому очікується, що загальна тенденція розвитку перевезень не повинна зазнавати серйозних змін в майбутньому, оскільки теоретичною основою поширення на майбутнє є властивість інерційності, яка дозволяє виявляти взаємозв'язки, що склалися, між рівнями тимчасового ряду. Але це тільки при побудові короткострокових прогнозів, оскільки за короткий період умови розвитку явища і характер його динаміки не устигають сильно змінитися. При довгострокових прогнозах динамічність процесів вступає в протиріччя з інерційністю їх розвитку, тому в цих випадках методу екстраполяції недостатньо.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Побудова прогнозів є самим останнім етапом аналізу тимчасових рядів.

Загальна послідовність етапів аналізу тимчасових рядів наступна:

- графічне представлення і опис поведінки ряду;
- виділення і виключення регулярних складових ряду, залежних від часу;
- підбір математичної моделі для опису регулярною складовою і перевірка її адекватності;
- прогнозування майбутніх значень ряду.

При аналізі тимчасових рядів прийнято виділяти дві складові: регулярна і випадкова. Регулярна включає тренд і сезонну компоненти. Тренд характеризує основну тенденцію розвитку тимчасового ряду, сезонна компонента визначає коливання, що періодично повторюються в певний час кожного року. Взаємодія між собою регулярних складових може бути представлено як аддитивна або мультиплікативна комбінація:

$$Y(t) = T(t) + S(t) + err \text{ (адитивна форма)}$$

$$Y(t) = T(t) \times S(t) + err \text{ (мультиплікативна форма)}$$

де  $Y(t)$  – значення рівня у момент  $t$ ;

$T(t)$  – тренд, вибраний з параметричного сімейства;

$S(t)$  – періодична компонента;

$err$  – помилка апроксимації.

Аддитивна модель характеризується головним чином тим, що характер сезонних коливань залишається постійним. У мультиплікативній моделі характер сезонних флуктуацій залишається постійним тільки по відношенню до тренду і їх величина залежить від значень тимчасового ряду.

На рис. 2.4. представлені дані про об'єм пасажирських перевезень залізничним транспортом за 2019р. З графіку видно, що об'єм пасажиропотоку має в часі зростаючий тренд і в ряду є закономірність, що щорічно повторюється, - сезонність. Структура перевезень по місяцях зберігається щороку, тобто період сезонності дорівнює 12.

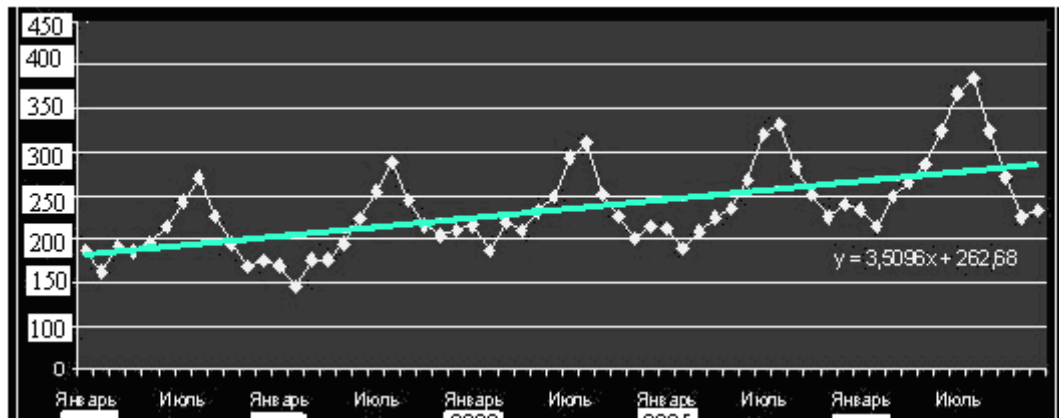


Рис. 2.4. Розподіл об'ємів пасажирських перевезень, млн.чол.

Після того, як встановлена наявність тенденції, необхідно підібрати рівняння тренду. У нашому випадку йдеться про лінійний тренд, який описується наступним рівнянням:

$$\bar{Q}_t = k \cdot t + b$$

де  $\bar{Q}_t$  - згладжені (розрахункові) рівні початкового тимчасового ряду;

$k, b$  - залежні змінні рівняння прямої, що підлягають визначенню;

$t$  - незалежна змінна (час).

Залежні змінні в рівнянні визначаються по методу найменших квадратів з системи рівнянь:

$$\begin{cases} n \cdot b + k \cdot \sum t = \sum Q_t \\ b \cdot \sum t + k \cdot \sum t^2 = \sum Q_t \cdot t \end{cases}$$

$Q_t$  - рівні початкового ряду;

$t$  - незалежна змінна (час);

$n$  - число рівнів ряду.

Рівняння системи відносно шуканих параметрів:

$$b = \frac{\sum Q_t \sum t^2 - \sum t \sum Q_t \cdot t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Спрощений варіант розрахунку параметрів рівняння полягає в перенесенні початку координат в середину ряду. При непарному числі рівнів ряду

перетворення робиться таким чином:  $t = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$  При парному -  $t = -5, -3, -1, 1, 3, 5, \dots$

Тоді  $t=0$  і система рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} n \cdot b = \sum Q_t \\ k \cdot \sum t^2 = \sum Q_t \cdot t \end{cases}$$

Проаналізувавши кожне відділення залізничного комплексу України отримали графіки пасажиропотоку до 2025 року. На рис. 2.5. видно, що пасажиропотік знижувався, але вже після 2015 року пасажиропотік почав поступово збільшуватися.

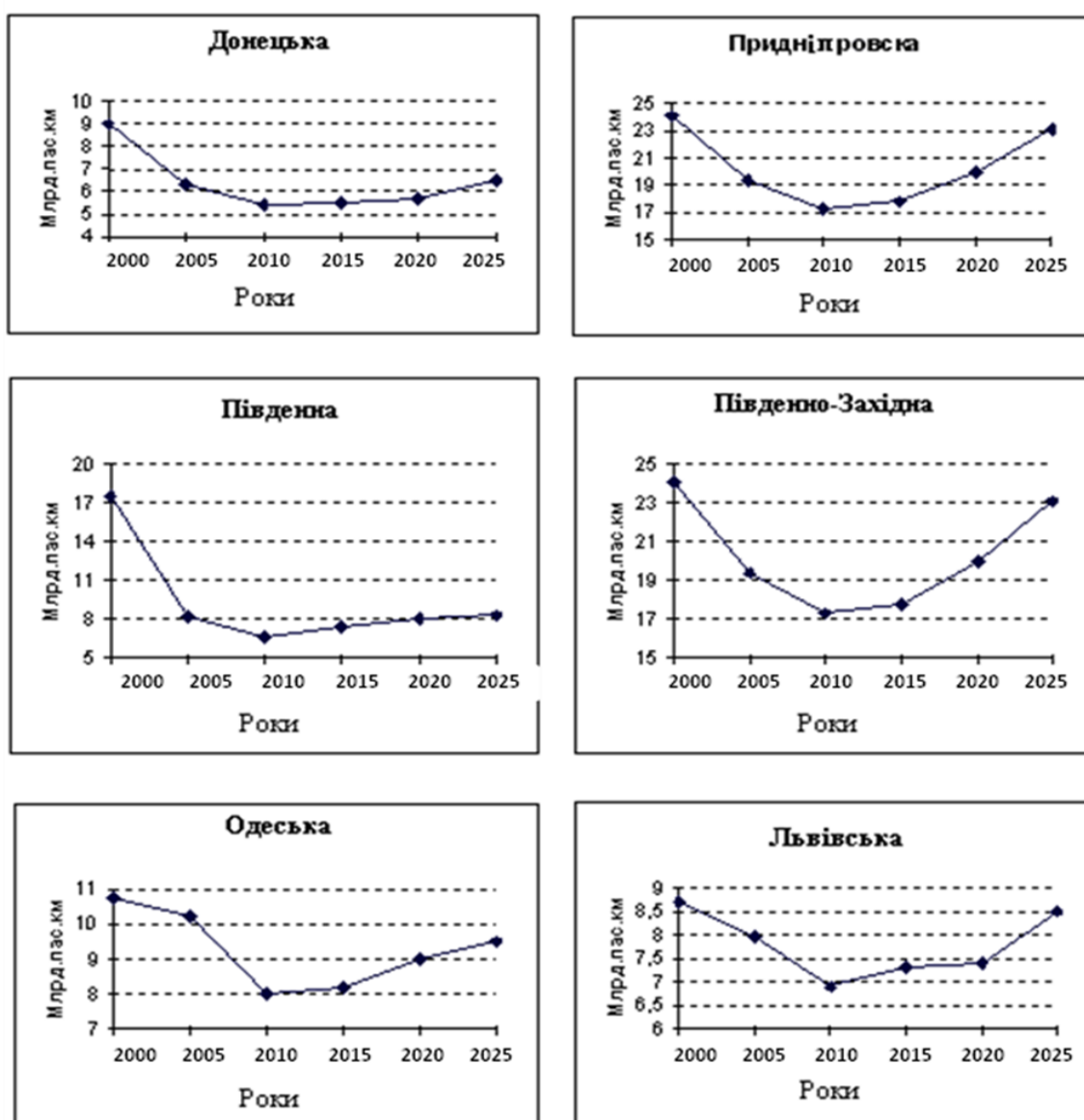


Рис. 2.5. Графік пасажиропотоку на окремих відділеннях залізниці України



## 2.5. Прогнозування дільничної та технічної швидкостей на залізничному транспорті

З великого числа якісних показників, що характеризують рівень технічної озброєності залізниць, особливості експлуатаційної роботи та багато іншого найбільш важливим є дільнична та технічна швидкості руху вантажних поїздів. Незважаючи на велику і детальну вивченість в теоретичному плані проблеми зростання дільничної швидкості руху вантажних поїздів і її залежності від різних факторів, детальний аналіз її зміни в досить тривалому ретроспективному і тим більше перспективному періоді на залізницях України не проводився, до цих пір не досліджено узагальнюючий механізм впливу науково-технічного прогресу на конкретних залізницях. У ряді досліджень з'явилися спроби прогнозу якісних показників використання рухомого складу, в тому числі і швидкості руху вантажних поїздів (у цілому по мережі залізниць), з використанням динамічних багатофакторних регресійних моделей виду:

$$y_t = a \times K^{\alpha x} L^{\alpha x} e^{\gamma t}$$

Для прогнозу дільничної швидкості на період до 2025 р. в цілому по мережі залізниць України була отримана багатофакторна регресійна модель виду:

$$V_y = 0.0355 \times V_t^{1.623} \times L_q^{0.223} \times e^{-0.006t}$$

де  $V_y$  - технічна швидкість руху поїздів у прогнозованому періоді;

$L_q$  - частка двоколієних ліній у загальній довжині експлуатаційної мережі залізниць.

Обґрунтовуючи введені в якості факторів технічну швидкість і частку двоколієних ліній, виходять з того, що до 2025 року має бути помітно покращено стан шляху, зняті всі обмеження і тим самим будуть створені умови для підвищення дільничної швидкості. Якщо виходити з такої методичної посилки, то немає сенсу вводити в модель фактор - "частка двоколієних ділянок", тому що після достовірного (в межах допустимої похибки) визначення рівня технічної

					РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

швидкості прямим розрахунком можна отримати значення дільничної швидкості (шляхом множення значень технічної швидкості на коефіцієнт дільничної швидкості). Крім того, на зміну показника технічної швидкості, крім зняття обмежень швидкостей руху, будуть впливати і структурне зрушення в освоєнні вантажообігу електричної та тепловозною тягою. При прогнозі дільничної швидкості виходячи з припущень, що у прогнозованому періоді будуть витрачені значні кошти на посилення шляху, на будівництво других і третіх шляхів, електрифікацію найбільш вантажонапружених напрямів і багато іншого, що пов'язано не тільки зі збільшенням дільничної швидкості, але, в першу чергу, дозволить різко збільшити пропускні і провізні спроможності залізниць.

Обмеження технічної швидкості через незадоволеного стану колії можна розглядати як фактор, що негативно діє на цей показник, і в кінцевому рахунку на показник дільничної швидкості. Таким же негативним чинником є і ріст вантажонапруженості залізниць. Зниження вантажонапруженості - слід вважати чинником позитивним. Ці фактори в меншій мірі і обсягах будуть діяти і в прогнозованому періоді 2020- 2025 р. У зв'язку з цим, при обробці чинників слід керуватися принципом, при якому в модель повинні вводитися фактори первинного рівня (наприклад, капітальні витрати на посилення шляху, будівництво других колій, електрифікацію залізниць і т.д.), а не їх похідні (наприклад, технічна швидкість руху). У цьому випадку показник дільничної швидкості буде поставлено в залежність від інвестиційної політики та рівня технічної оснащеності залізниць. Слід зазначити, що прогнозування дільничної швидкості (та інших якісних показників використання рухомого складу) в окремих регіонах залізниць має свої особливості, тому що повинно враховувати не тільки експлуатаційні умови роботи окремої дороги, а й різний рівень її технічної оснащеності. Тому вже на стадії вибору та обґрунтування моделі та факторів для прогнозу якісних показників роботи окремих залізниць можна вважати, що навіть найдосконаліша модель не завжди буде "працювати" стійко і враховувати всі характерні особливості і відмінності залізниць. Разом з тим, для перспективних розрахунків слід відбирати невелике число факторів, по яких є

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

достовірна статистика в ретроспективному періоді, а самі процеси, що характеризуються цими показниками, є досить керованими. Аналіз зміни технічної та дільничної швидкості руху поїздів на залізницях України, вироблений за період 2010-2018 рр., Інші фактори (введення автоблокування, посилення верхньої будови дороги, розвиток станцій) є менш впливають або діють в сукупності (наприклад, при будівництві других колій, як правило, здійснюється будівництво автоблокування, посилення станційних пристроїв, споруда тягового господарства, засобів зв'язку та ін.)

Аналіз зміни дільничної швидкості на прикладі шести залізниць, розташованих в регіоні Україна за період 2010-2018 р. показує, що найбільший приріст дільничної швидкості руху поїздів досягнуто у 2013 р, в період масової реконструкції тяги на розглянутих дорогах. За цей час дільнична швидкість зросла на Придніпровській - на 2,5 км / год, а на Південно-Західній залізниці - на 5,3 км / год. У наступні роки темпи електрифікації були уповільнені, що відповідного позначилося на зниженні темпів і абсолютному зростанні значень показників. Зокрема, за залізничної мережі України за 2005-2018 рр. було побудовано других колій 1081 км і переведено на електричну тягу 3902 км залізниць, а в 2006-2018 рр. відповідно 1398 і 1423 км. Ті залізниці, які в аналізованому періоді рівномірно і в випереджальних обсягах здійснювали будівництво других колій і перехід на електричну тягу, мали стійке зростання дільничної швидкості руху вантажних поїздів (до них відноситься Придніпровська, Південна, Південно-Західна залізниці, на яких побудовано 68% всіх других колій і 52% електрифікованих ліній). На Донецькій і Львівській залізницях в цей період збудовано менше другої колії. Електрифікація одноколійних ділянок, як правило, не дає помітного зростання дільничної швидкості руху поїздів. Розгляд рівнів дільничних швидкостей, що досягаються при різних видах тяги, показує, що в порівнянні з паровою тягою, електрична дозволяє підняти дільничну швидкість на 17 - 19 км, у той час як тепловоз тяга всього на 2 - 3 км. У той же час, за останні 10 - 15 років спостерігається досить стійка різниця в рівнях дільничних швидкостей руху вантажних поїздів між

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

електричною і тепловозній тягою, яка становить 12 - 14 км / год. Є підстави вважати, що це велика різниця збережеться на розглянуту перспективу до 2020 – 2025 рр.

На стадії гіпотези зміни дільничної швидкості на залізницях Україна не буде великою помилкою припускати, що верхнім рівнем зміни цього показника можна завжди вважати рівень дільничної швидкості, що реалізується (на окремих залізних дорогах) при електричній тязі.. Комплексний аналіз зміни дільничної швидкості на залізницях України дозволяє запропонувати в якості основних факторів, що визначають рівень показників. Щоб дільничної швидкості в прогностному періоді, питома вага двоколійних ліній і питома вага вантажообігу, виконуваного електричною тягою.

Таблиця 2.1

Зміна технічної та дільничної швидкості руху вантажних поїздів на залізницях України, км/год

Найменування показників	Роки						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Вантажообіг, млрд. ткм.	469,6	488,24	195,79	178,5	195,8	240	280
Вантажообіг, освоюваний електротягою в %	54,5	61,7	83,7	90	92	93	96
Середня технічна швидкість по всім видам тяги $V_{тех. ср.}$	40,1	41,8	38,5	38	39	42	46
Середня дільнична швидкість по всім видам тяги $V_{уч. ср.}$	28,6	30,4	31,3	31	31,6	32,8	34,9
Швидкість технічна при тепловозній тяги $V_{тех.тепл.}$	36	35,1	33,2	33	35,8	36,9	40
Швидкість при тепловозній тяге $V_{уч.тепл.}$	27,5	27,2	26,1	26	27,1	28	31
Швидкість технічна при електровозній тяге $V_{тех.елек.}$	-	52,7	49,1	42	43	46	49
Швидкість дільнична при електровозній тяге $V_{уч.елек.}$	-	38,1	38,5	38,7	38,8	39,4	43

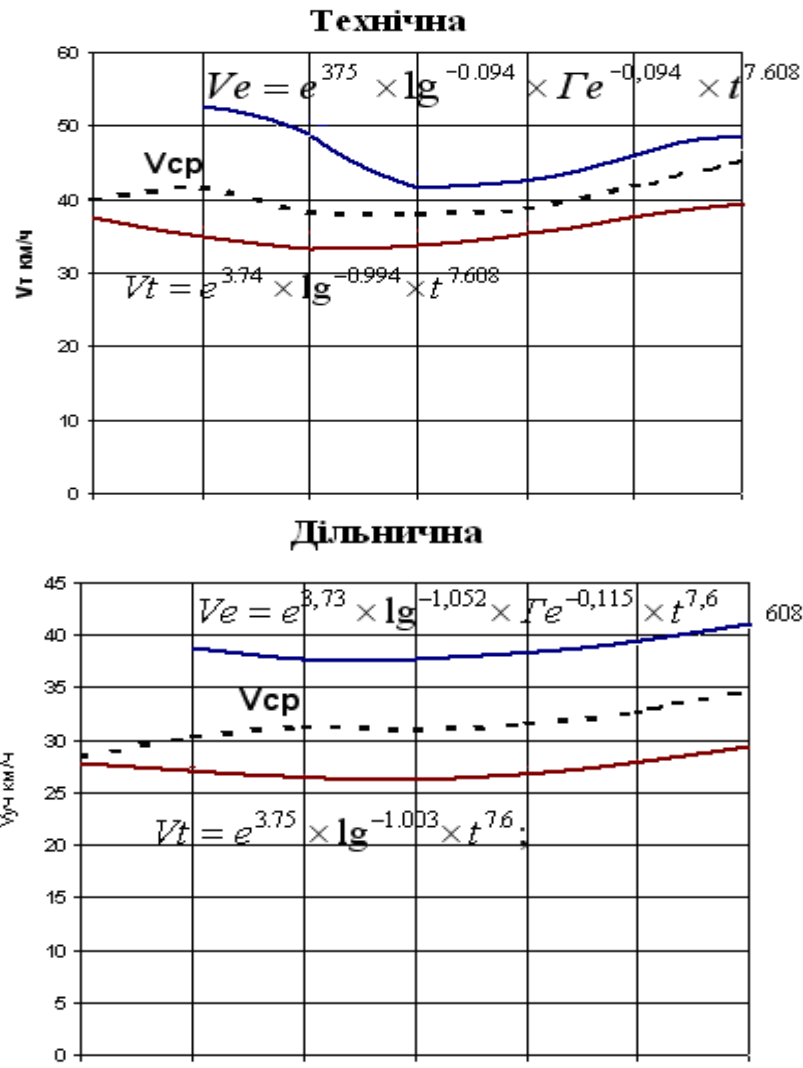


Рис. 2.6. Зміна технічної та дільничної швидкості руху вантажних поїздів на залізницях України

$V_e$  - електрична,  $V_t$  - тепловоз,  $V_{cp}$  - в середньому по всіх видах тяги. Дослідження фактора часу показало, що в регресійних моделях типу виробничих функцій його вплив вельми істотно і виключення його з розрахунків часто призводить до зниження стійкості передбачуваних моделей. У зв'язку з вищевикладеним, для прогнозу дільничної швидкості на окремих залізницях пропонується використовувати динамічні багатофакторні регресійні моделі виду:

$$V_{уч} = e^A Z_{дв}^e \Gamma_{\varepsilon}^c t^e$$

де:  $\Gamma_e$  - вантажообіг освоєваний електротягою.

Результати прогнозних розрахунків дільничної швидкості на залізницях України з використанням методів моделювання та експертних оцінок наведено на рис. 2.7. і 2.8.

Однак аналіз розрахункових результатів показує, що в деяких випадках розрахований прогноз по цих моделях буде далеко не адекватний реальним процесам, тому необхідна не тільки експертну перевірку й відповідне коригування, а й використання тривіальних методів екстраполяції. При розрахунках з використанням рівнянь типу виробничих функцій передбачалися середні рівні темпів технічного переозброєння залізниць в частині будівництва других колій та введення електричної тяги. Але навіть за цих умов відсоток приросту дільничної швидкості в прогнозованому періоді буде з кожним роком досягатися все більш дорогою ціною і головним чином не за рахунок подорожчання будівельних робіт, а перш за все, через негативного впливу таких чинників, як погіршення стану колії і робіт, обмеження за швидкістю руху.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рис.2.7. Прогноз зміни технічної швидкості руху поїздів на залізницях України

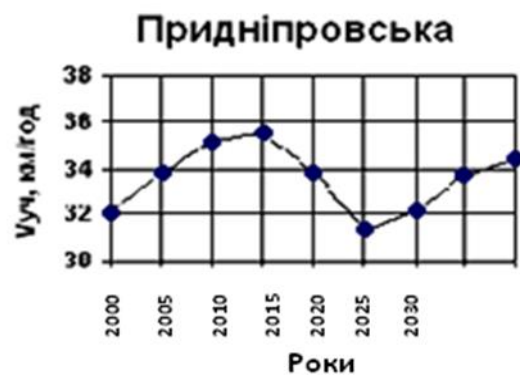


Рис.2.8. Прогноз зміни дільничної швидкості руху поїздів на залізницях України

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі бакалавра приведені задачі, принципи, класифікації та методи прогнозування.

2. У роботі розглянуто також використання прогнозування на залізничному транспорті. При виконанні роботи проведено аналіз розвитку прогнозування на залізничному транспорті. Визначена проблемна значимість прогнозування. Виявлено, що комбінувати та комплексно використовувати різні методи економіко-математичного моделювання й екстраполяції більш ефективно для точності прогнозування. Приведена методика розрахунку методу згладжування в програмі Excel.

3. Проведено аналіз вантажопотоку методом експонентного згладжування. По результатам прогнозування виявлено, що вантажопотік буде збільшуватися, якщо в країні не буде суттєвих змін.

4. Також проведено прогнозування пасажиропотоку на основі обробки тимчасових рядів. В результаті аналізу виявлено, що по місячно з року в рік об'єм перевезень пасажирів суттєво не змінюється.

5. При розрахунках дільничної та технічної швидкостей з використанням рівнянь типу виробничих функцій передбачалися середні рівні темпів технічного переоснащення залізниць в частині будівництва других колій та введення електричної тяги. Але навіть за цих умов відсоток приросту дільничної швидкості в прогнозованому періоді буде з кожним роком досягатися все більш дорогою ціною і головним чином не за рахунок подорожчання будівельних робіт.

Обмеження технічної та дільничної швидкостей через незадоволеного стану колії можна розглядати як фактор, що негативно діє на цей показник, і в кінцевому рахунку на показник дільничної швидкості. Таким же негативним чинником є і ріст вантажонапруженості залізниць. Зниження вантажонапруженості - слід вважати чинником позитивним.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статус залізничних доріг України. Київ Тр. 98р. 83
2. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Київ Тр. 2004р. 431
3. Правила технічної експлуатації залізничних доріг України. Київ Тр. 1998г. 133
4. Методичні вказівки по виконанню курсового проекту з дисципліні: “Основи геодезії на залізничному транспорті ” (для навчання по напрямку “Організація перевезень і управління на залізничному транспорті ”). Частина 1
5. Методичні вказівки по виконанню контрольної роботи з дисципліні «Інформаційні системи і технології» для студентів денного і заочного навчання спеціальності «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті" Укладач: доц. Ключев А.А.
6. В.І. Борисевич, Г.А. Кандаурова, Н.Н. Кандауров и ін. Прогнозування і планування економіки: Практикум: Навчальний посібник / Під ред. Г.А. Кандауровой. Мн.: УП "Экоперспектива", 2004р.
7. Л.П. Владимірова. Прогнозування та планування в умовах ринку, Навчальний посібник (друге видання). М.: 2007 р.
8. Прогнозування і планування на залізничному транспорті: Учеб. пособие / В.И. Борисевич, Г.А. Кандаурова, Н.Н. Кандауров и др.; Під заг. ред. Г.А. Кандауровой. Мн.: БГЭУ, 2005 (Система дистанционного обучения).
9. Математика в понятиях, определениях и терминах: В 2-х ч.: Ч. 1 / О.В.Мантуров и Др. — К.: Рад. шк., 1986 — 333 с.
10. Босов О.О., Кірта Г.М. Формування варіантів раціональної мережі ліній високошвидкісного руху поїздів в Україні: Монографія. — Дніпропетровськ: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. — 144 с.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19з.304.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56