

*Гнідой Р.І.*

Одеський національний морський університет

## ПРИКЛАДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВНУТРІШНІМ ВОДНИМ ТРАНСПОРТОМ

*Дослідження обґрунтування перспективного обсягу перевезень внутрішнім водним транспортом (ВВТ) є надзвичайно важливим для подальшого розвитку транспортної інфраструктури України. Особливе значення воно набуває у контексті збільшення ефективності цих перевезень з використанням внутрішніх водних шляхів. Україна недостатньо використовує свій потенціал, що безумовно впливає на стан промисловості та сільськогосподарської сфери. Основною метою цієї роботи є створення науково-методичних положень щодо адекватної оцінки обсягу транспортної роботи підприємств ВВТ.*

*У роботі проаналізовано існуючі науково-практичні підходи до прогнозування. Встановлено, що статистичні методи дозволяють визначити закономірності і тренди, які спостерігаються в динаміці обсягів перевезень. Натомість методи експертних оцінок дозволяють враховувати фактори, які не піддаються повноцінному статистичному вимірюванню. У першу чергу це стосується політичної стабільності, технологічних інновацій чи соціальних змін. Усі вони безпосередньо впливають на розвиток внутрішнього водного транспорту. Запропоновано синтез вказаних вище методів, що поєднує їх переваги та спростовує недоліки. Теоретичний матеріал проілюстровано на прикладі прогнозування обсягів перевезень експортного зерна, яке є одним із бюджетоутворюючих джерел України. Це дозволяє зрозуміти не лише загальні об'єми транспортної роботи, а й оцінити вимоги до портів потужностей, флоту та інфраструктури внутрішніх водних шляхів. Серед показників, на які необхідно зважати, розглядається насамперед обсяг та структура тоннажу, ступінь розвитку відповідної інфраструктури для забезпечення ефективності водних перевезень. Це, безумовно, забезпечить виконання вимог промисловості та сільського господарства і відобразиться на ефективності морсько-господарського комплексу країни.*

*У роботі також проаналізовано фактори підвищення експлуатаційно-економічного ефекту, які можуть бути досягнуті за рахунок отримання достовірної та своєчасної інформації щодо обсягів транспортної роботи підприємств ВВТ. Вона, у свою чергу, забезпечить ріст пропускної спроможності портів та провізної – флоту, раціональне використання існуючих потужностей та процедур, сприятиме зниженню витрат на транспортування та покращенню якості обслуговування клієнтів. Таким чином, прогнозування обсягів перевезень не лише допомагає визначити майбутні потреби в технічному забезпеченні транспортування, а й сприяє підвищенню ефективності управлінських рішень у логістичній сфері.*

*Важливим результатом дослідження є синтез імовірнісно-статистичних та експертних методів формування адекватних рішень. Подібне об'єднання методів проявляє синергетичний ефект при проведенні оцінки перспектив розвитку транспортних процесів і систем. У свою чергу, експертні оцінки дають змогу врахувати такі фактори, як зміни в економічній ситуації, технологічні новації, соціальні та політичні чинники, що безпосередньо впливають на розвиток ВВТ.*

*Таким чином, результати цього дослідження мають ключове та найважливіше значення для стратегічного планування та подальшого розвитку водного транспорту в Україні. Вони дають змогу не лише оцінити потенційні обсяги перевезень на найближчі роки, але й передбачити необхідність інвестицій у розвиток інфраструктури водних шляхів, модернізацію портів та закупівлю нового флоту. Крім того, прогнози допоможуть удосконалити систему управління перевезеннями, зменшити витрати та підвищити ефективність роботи державних контролюючих органів і портів операторів.*

**Ключові слова:** транспортні технології, перевезення, внутрішній водний транспорт, флот, порти, прогнозування, синтез методів, обґрунтування рішень.

**Постановка проблеми.** Внутрішній водний транспорт є важливою складовою транспортної інфраструктури більшості країн світу. Він забезпечує ефективне переміщення вантажів між різними регіонами держави, а також переміщення експортно-імпортних вантажів. В Україні внутрішні водні шляхи мають значний потенціал для розвитку. На її території простягаються водні шляхи таких великих річок, як Дніпро, Дністер, Дунай, Південний Буг та інші. Однією із найважливіших складових, що створюють бюджет держави, є експорт зерна. Однак, попри наявність значних ресурсів, ефективний потенціал внутрішніх водних шляхів залишається нереалізованим. Це пов'язано з неефективним управлінням перевезеннями, обмеженою інфраструктурою та застарілим флотом.

Проблема обґрунтування перспективного обсягу перевезень внутрішнім водним транспортом є ключовою для розробки стратегії розвитку цієї сфери державної діяльності. Відсутність достовірних прогнозів, які би враховували всі фактори, що впливають на розвиток ВВТ, обмежує можливості для стратегічного планування, інвестування в інфраструктуру та підвищення ефективності перевезень. Крім того, нестабільність економічної ситуації та постійні зміни в міжнародній політиці потребують адаптації та розвитку існуючих підходів до нових умов. Це робить актуальним створення окремої сукупності операцій та послідовності їхнього виконання, які поєднують статистичні та експертні підходи.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Аналіз існуючих підходів та методів прогнозування показав, що кожен з них має свої переваги та недоліки. Також має місце складність їх практичного використання, так як усі вони потребують спеціальних знань у галузі економічних та ймовірісно-статистичних методів. Саме тому створення складу і послідовності операцій (методичних положень), орієнтованих на практичне використання, є метою наведених у статті результатів.

Розв'язання цієї проблеми має безпосереднє значення як для наукових досліджень, так і для практичного застосування в галузі транспорту та логістики. З наукової точки зору, розробка точних моделей прогнозування обсягів перевезень внутрішнім водним транспортом вимагає створення синергії таких методів як ймовірісно-статистичних моделей та експертних. Це дозволить врахувати соціальні, економічні та політичні

фактори, які можуть суттєво вплинути на динаміку перевезень.

З практичної точки зору, розв'язання цієї проблеми є також важливим для вдосконалення управлінських рішень у сфері водного транспорту. Прогнозування обсягів перевезень дозволяє забезпечити баланс між попитом та пропозицією транспортних послуг, оптимізувати використання існуючих ресурсів, зокрема потужностей порту і флоту. Це безумовно сприяє зменшенню витрат на транспортування вантажів. Завдяки цьому можна розробити рекомендації стосовно інвестування в модернізацію інфраструктури та технічного переоснащення флоту, що є необхідним для підвищення конкурентоспроможності ВВТ на внутрішньому та міжнародному ринках.

Таким чином, обґрунтування перспективного обсягу перевезень внутрішнім водним транспортом є важливим науковим завданням, яке має безпосередній вплив на ефективність економічних процесів в Україні та на міжнародні торговельні відносини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом в Україні зростає увага до розвитку внутрішнього водного транспорту, який має великий потенціал для ефективного перевезення вантажів, зокрема зернових, що є одним із основних експортних товарів країни. Відповідно, дослідження, спрямовані на прогнозування обсягів перевезень та керування внутрішніми процесами, набувають великого значення для подальшого розвитку цієї сфери.

У галузі стратегічного планування та розвитку внутрішнього водного транспорту (ВВТ) застосування математичних методів є ключовим для обґрунтування управлінських рішень.

Однією з основних проблем стратегічного планування у сфері водного транспорту є прогнозування обсягів перевезень. У науковій літературі розглядаються різноманітні підходи до цієї проблеми. Більшість досліджень зосереджені на окремому використанні ймовірісно-статистичних моделей або експертних оцінок. Так, Ільченко С.В. у своїй роботі [1] застосував економіко-математичне моделювання для підвищення конкурентоспроможності водного транспорту України, використовуючи ентропійну функцію цілі. Проте, його дослідження зосереджене переважно на оптимізації логістичних потоків, без розробки прогнозів обсягів перевезень та без залучення експертного підходу. Сілантьєва Ю. [2] аналізує процеси доставки

вантажів у змішаному сполученні, розглядаючи аспекти логістичної адаптації, однак математичні методи прогнозування у її дослідженні не застосовуються. У роботі не представлено формалізованих моделей, що дозволяють оцінити обсяги перевезень водним транспортом у динаміці. Прокудін Г.С. [3] досліджує прогнозування транспортних потоків на прикладі переміщення через митні пункти пропуску. Автори використовують методи регресійного аналізу, проте їх підхід не охоплює експертні фактори, що значно обмежує можливості врахування невизначеності та нестабільності середовища. Каплун А. [4] досліджує ринкову рівновагу у вантажних перевезеннях з використанням математичного моделювання. У його роботі застосовуються класичні економічні моделі попиту і пропозиції, проте відсутній прогнозний аналіз динаміки перевезень у сфері водного транспорту.

Із англomовних джерел слід відзначити роботу Ф. Нур [5], у якій запропонована стохастична модель оптимізації функціонування портів внутрішнього водного транспорту. Її підхід є математично глибоким, однак не поєднується з якісними експертними оцінками, що є критично важливим у нестабільному середовищі. У свою чергу, у роботі Х. Юан і співавт. [6] представлено метод оптимізації маршрутів ВВТ на основі даних AIS, де застосовано математичні моделі, проте завдання стратегічного прогнозування обсягів перевезень не розглядається. Л. Берріо [7] досліджує пасажирські перевезення на річці Магдалена в Колумбії за допомогою транспортних моделей, однак підхід не включає жодних методів статистичного аналізу чи експертного узагальнення для вантажних перевезень.

Таким чином, наведений огляд наукових праць свідчить, що існуючі дослідження зосереджуються або на математичному аналізі, або на експертних оцінках, але не поєднують ці два методи одночасно. У цьому контексті, запропонований у роботі синтез статистичного прогнозування та експертної оцінки забезпечує об'єднання переваг кожного з цих підходів з нівелюванням їх недоліків. Поряд з цим створюється синергетичний ефект від цього поєднання. Це, безумовно, забезпечує достовірність і якість отриманих прогнозів, новизну та ширші можливості у формуванні стратегічного бачення розвитку ВВТ.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є створення науково-методичних положень щодо встановлення перспективного обсягу транспортної роботи ВВТ. Особливу увагу приділено

можливості практичного застосування отриманих результатів.

**Виклад основного матеріалу.** Прогнозування обсягів перевезень внутрішнім водним транспортом є важливим інструментом стратегічного планування у сфері логістики та транспортної інфраструктури. У сучасній практиці особливе значення надається методам аналізу часових рядів, які дозволяють виявити наявні тенденції, сезонність і закономірності зміни досліджуваного показника. Прогнозування динаміки обсягів перевезень базується на гіпотезі про те, що виявлені в минулому тренди будуть зберігатися в майбутньому.

З-поміж наявного інструментарію математичного прогнозування ефективним є застосування методів функціонального моделювання, які передбачають побудову рівнянь тренду з найкращою відповідністю до наявного емпіричного ряду. Такий підхід забезпечує аналітичне представлення залежності між роками (або іншими часовими інтервалами) та обсягом перевезень, що дає змогу здійснювати екстраполяцію отриманої моделі в межах прогнозного періоду.

Проведений огляд існуючих моделей екстраполяції дозволяє виявити основні підходи до опису динаміки економічних і транспортних процесів, зокрема зміни обсягів перевезень у часі. Встановлено, що найбільш поширеними функціональними формами є лінійна, поліноміальна (другого ступеня), ступенева, логарифмічна та експоненціальна моделі. Вони реалізуються у загальнодоступному математичному програмному забезпеченні та широко використовуються в аналітиці транспортних систем.

Лінійна модель є найпростішою формою регресії, яка передбачає сталу швидкість зміни показника. Її перевагою є легкість побудови та інтерпретації, проте вона малоприматна для випадків, коли динаміка змінюється нерівномірно, або має фазові переходи.

Поліноміальна модель другого ступеня дозволяє описати вигнуті тренди, включаючи прискорення або уповільнення зростання. Основною її перевагою є здатність моделювати змінні темпи розвитку, проте така модель схильна до переадаптації та може бути нестабільною при прогнозуванні за межами наявного ряду.

Ступенева модель використовується у випадках, коли зміна показника відбувається пропорційно до певного ступеня незалежної змінної. Вона є корисною для опису економічних і технологічних залежностей, однак потребує

логарифмічного перетворення даних та не завжди забезпечує високу точність.

Логарифмічна модель є доцільною, коли спостерігається швидке зростання на початку періоду з подальшим вирівнюванням. Вона особливо ефективна для опису насичуваних процесів або систем зі зниженням граничної продуктивності.

Експоненціальна модель застосовується для процесів з прискореним зростанням. Вона є математично обґрунтованою для багатьох біологічних і фінансових процесів, проте погано узгоджується з системами, що демонструють стабілізацію або коливання.

Для порівняння зазначених моделей використано фактичні дані обсягів експорту зерна за 2012–2024 роки. З цих даних побудований початковий динамічний ряд, що наведений на рис. 1. Далі створено відповідні трендові рівняння та обчислено коефіцієнти детермінації, що характеризують ступінь відповідності моделі емпіричним даним (табл. 1).

Найвищу тісноту зв'язку продемонструвала ступенева модель ( $R^2 = 0,783$ ), що свідчить про її потенціал для опису змінної динаміки. Логарифмічна модель виявилась другою за точністю ( $R^2 = 0,732$ ), перевершуючи поліноміальну модель другого порядку, експоненціальну та лінійну.

Проте, незважаючи на не найвищу кореляцію, саме логарифмічна функція використана в даній роботі для подальшого прогнозування.

Цей вибір зумовлений низкою практичних та теоретичних міркувань. По-перше, логарифмічна модель краще відображає природу процесу, у якому темпи зростання обсягів перевезень сповільнюються внаслідок обмеженої інфраструктурної ємності. По-друге, вона забезпечує аналітичну стійкість при екстраполяції, тоді як поліноміальні функції за межами наявного ряду можуть призводити до нефізичних (наприклад, від'ємних) значень. Нарешті, побудований за логарифмічною моделлю довірчий інтервал узгоджується з оцінками експертного прогнозування, що забезпечує цілісність застосованого підходу.

Логарифмічна модель дозволяє точно описати нелінійний характер зростання досліджуваного показника та забезпечує прийнятний рівень достовірності апроксимації. Загальний вигляд функції, що використовується для опису логарифмічного тренду, подається у такій формі:

$$y_i = a \cdot \ln(x_i) + b \quad (1)$$

$y_i$  – значення показника (обсяг експорту зерна),  
 $x_i$  – спостережуване значення, порядковий номер періоду (рік),

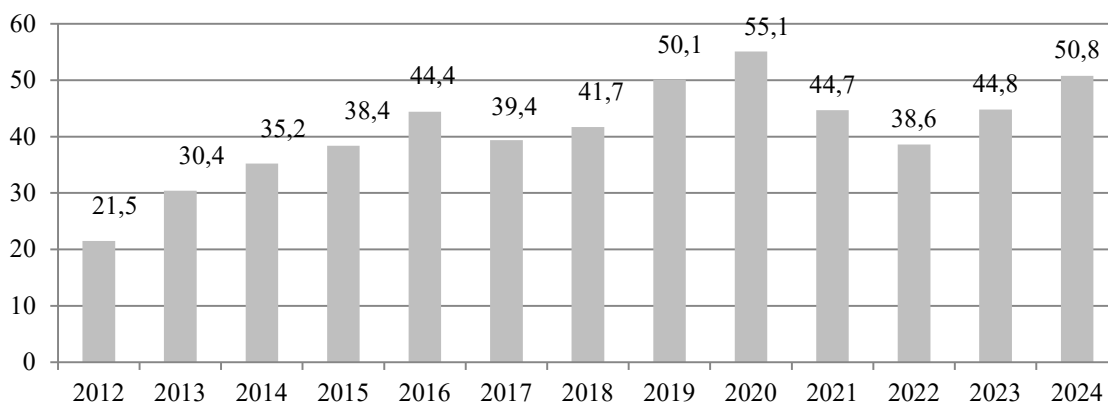


Рис. 1. Початковий динамічний ряд (експорт зерна, млн. т.)

Таблиця 1

#### Типи моделей екстраполяції

| № | Тип             | Функціональна залежність | Формула                            | Тіснота зв'язку |
|---|-----------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 1 | експоненціальна | $y = ae(bx)$             | $y = 28.83e^{0.0472x}$             | $R^2 = 0.557$   |
| 2 | лінійна         | $y = ax + b$             | $y = 1.7165x + 29.146$             | $R^2 = 0.559$   |
| 3 | логарифмічна    | $y = a \ln(x) + b$       | $y = 9.9915 \ln(x) + 23.828$       | $R^2 = 0.732$   |
| 4 | поліноміальна   | $y = ax^2 + bx + c$      | $y = -0.2959x^2 + 5.8591x + 18.79$ | $R^2 = 0.722$   |
| 5 | ступенева       | $y = ax^b$               | $y = 24.484x^{0.2847}$             | $R^2 = 0.783$   |

$a$  – коефіцієнт, що визначає нахил лінії тренду та швидкість зміни величини  $y$  щодо  $x$ ,

$b$  – константа, що визначає перетин лінії тренду з віссю  $y$ .

Цей підхід особливо корисний, коли дані підкоряються зростаючим або зменшуваним темпам, які, однак, не є постійними, а поступово стабілізуються чи прискорюються.

З метою прогнозування формується функціональний опис тренду у формі логарифмічної кривої (рис. 2).

Для динамічного ряду [лави, низки] критерій максимуму значення достовірності апроксимації

має величину значно більшу ніж 0,5 ( $R^2 = 0.732$ ), що свідчить про достатню якість моделі для подальшого використання в прогностичних цілях. Ця модель (2) і приймається для проведення прогнозування.

$$y = 9.9915 \ln(x) + 23.828 \quad (2)$$

Для формування вихідних даних, з метою подальшого проведення експертної оцінки, розраховані прогностичні значення об'єму експорту зерна ( $y_i$ ), величини дисперсії ( $\sigma^2$ ) і стандартного відхилення ( $\sigma$ ), які наведені в табл. 2.

На основі логарифмічної функції тренду здійснюється розрахунок прогностичних значень обсягу

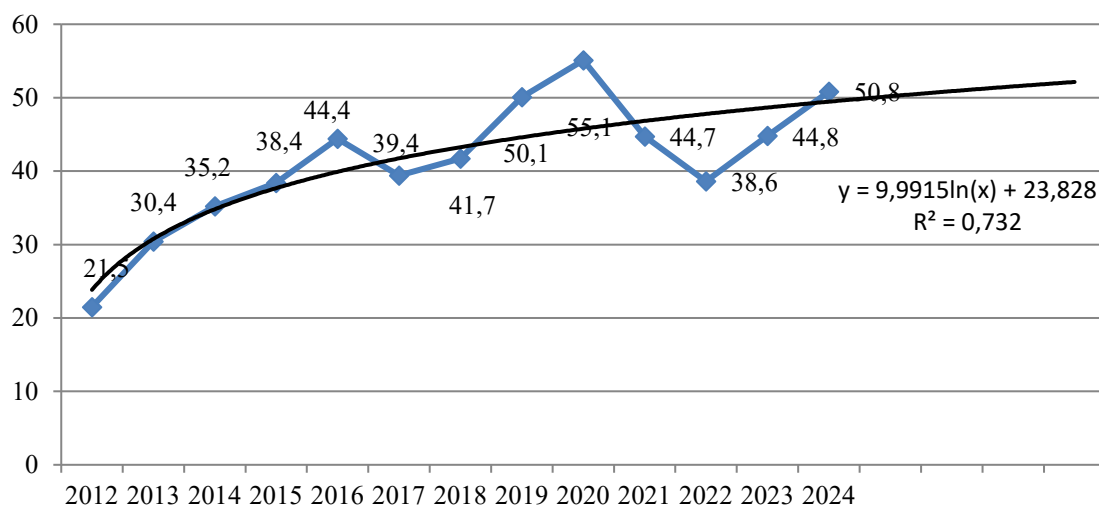


Рис. 2. Логарифмічний тип тренду

Таблиця 2

Розрахунки прогностичного об'єму експорту зерна

| Роки | $y'_i$ | $y_i$ | $y_i - y'_i$ | $(y_i - y'_i)^2$ | $\sigma^2$ | $\sigma$ |
|------|--------|-------|--------------|------------------|------------|----------|
| 2012 | 23,83  | 21,5  | -2,33        | 5,42             | 25,694     | 5,069    |
| 2013 | 30,75  | 30,4  | -0,35        | 0,13             |            |          |
| 2014 | 34,80  | 35,2  | 0,40         | 0,16             |            |          |
| 2015 | 37,68  | 38,4  | 0,72         | 0,52             |            |          |
| 2016 | 39,91  | 44,4  | 4,49         | 20,17            |            |          |
| 2017 | 41,73  | 39,4  | -2,33        | 5,43             |            |          |
| 2018 | 43,27  | 41,7  | -1,57        | 2,47             |            |          |
| 2019 | 44,60  | 50,1  | 5,50         | 30,20            |            |          |
| 2020 | 45,78  | 55,1  | 9,32         | 86,83            |            |          |
| 2021 | 46,83  | 44,7  | -2,13        | 4,56             |            |          |
| 2022 | 47,79  | 38,6  | -9,19        | 84,39            |            |          |
| 2023 | 48,66  | 44,8  | -3,86        | 14,87            |            |          |
| 2024 | 49,46  | 50,8  | 1,34         | 1,81             |            |          |
| 2025 | 50,20  |       |              |                  |            |          |
| 2026 | 50,89  |       |              |                  |            |          |
| 2027 | 51,53  |       |              |                  |            |          |
| 2028 | 52,14  |       |              |                  |            |          |

експорту зерна на період до 2028 року. Результати обчислень наведено у відповідній таблиці. У процесі аналізу також обчислюється дисперсія ( $\sigma^2 = 25,694$ ) та стандартне відхилення ( $\sigma = 5,069$ ), які слугують основою для визначення інтервалів довіри.

Побудова інтервального прогнозу дозволяє оцінити рівень невизначеності моделі та сформулювати довірчий інтервал, у межах якого очікується реальне значення показника. Такий підхід є особливо важливим у транспортному прогнозуванні, де на результат впливають численні зовнішні чинники – політичні, економічні, кліматичні.

У дослідженні отримано прогнозне значення обсягу експорту зерна у 2028 році на рівні  $Y_{28} = 52,14$  млн. т, відповідно довірчий інтервал становить 47,07–57,21 млн. т, що свідчить про відносну стабільність прогнозу в межах розрахованої похибки.

З метою підвищення адекватності до майбутніх умов та врахування факторів, які не можуть бути повністю відображені статистичними методами, у дослідженні використано метод експертного оцінювання. Методичні рекомендації щодо проведення експертизи базуються на методі «Дельфі» з урахуванням особливостей об'єкта дослідження. Цей підхід дозволяє отримати професійну думку фахівців щодо перспектив розвитку галузі, зокрема щодо можливих значень обсягу експорту зерна у прогнозованому періоді. Врахування думок експертів дає змогу охопити чинники політичного, технологічного, економічного та ринкового характеру, які

складно формалізувати у вигляді математичної моделі.

Очікуваний обсяг експорту зерна в 2028 році визначається інтервалом 47,07–57,21 (млн.т), ( $Y_{28} = 52,14$  (млн. т) – точковий прогноз).

Проведений прогноз об'ємів експорту і попередній аналіз дозволили сформулювати для експертної оцінки 5 діапазонів, які представлені в табл. 3.

Склад чинників, по яких оцінюватиметься об'єм експорту зерна в 2028 р., включає: Технічний ( $K_1$ ); Технологічний ( $K_2$ ); Економічний ( $K_3$ ); Маркетинговий ( $K_4$ ); Політичний ( $K_5$ ).

Для участі в експертизі залучаються компетентні фахівці. При їх відборі дотримуються положення щодо однакової кількості експертів ( $E_1$ – $E_5$ ) по кожному напрямку (складу чинників):  $E_1$ ;  $E_2$ ;  $E_3$ ;  $E_4$ ;  $E_5$ .

Експертами за десятибальною шкалою визначена ваговитість кожного з відібраних критеріїв. Результати проведення першого етапу експертизи приведені в табл. 4.

Результати оцінки (від 0 до 10) занесені у верхній лівий кут кожної клітки таблиці. Потім їх значення множаться на величини відповідних коефіцієнтів ваговитості і отримані результати вказуються в середній частині клітки. Далі визначаються суми середніх частин рядків, величина яких визначила ступінь вірогідності діапазону вантажопереробки.

Для узагальнення думок окремих експертів складається звідна таблиця (табл. 9) і по ній визначений найбільш вірогідний діапазон вантажопереробки в 2028 р.

Таблиця 3

Діапазонів вантажопереробки, млн. т

| Діапазон | $D_1$    | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$     |
|----------|----------|-------|-------|-------|-----------|
| Значення | менше 42 | 42–47 | 47–57 | 57–62 | більше 62 |

Таблиця 4

Критерії оцінки

| Експерти | Критерії оцінки об'єму вантажопереробки |       |       |       |       | Разом |
|----------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $K_1$                                   | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ | $K_5$ |       |
| $E_1$    | 9                                       | 8     | 10    | 8     | 9     | 44    |
| $E_2$    | 9                                       | 9     | 10    | 9     | 10    | 47    |
| $E_3$    | 8                                       | 7     | 9     | 7     | 10    | 41    |
| $E_4$    | 10                                      | 8     | 9     | 8     | 10    | 45    |
| $E_5$    | 9                                       | 8     | 10    | 9     | 10    | 46    |
| Разом    | 45                                      | 40    | 48    | 41    | 49    | 223   |
| $C_j$    | 0,2                                     | 0,18  | 0,22  | 0,18  | 0,22  | 1     |

Як видно з табл. 4, експерти основну перевагу віддали політичному критерію, вважаючи, що саме нестабільність економічної політики є визначальним чинником, котрий впливає на перспективи розвитку виробництва і зокрема вантажопереробки.

На другому етапі кожен експерт заповнив власну анкету шляхом чисельної оцінки діапазонів вантажопереробки залежно від чинників  $K_1 - K_5$ . Наведено розрахунки для Експерта  $E_1$  у табл. 5.

Аналогічним чином створюються анкети для Експертів 2–5.

Далі формується узагальнена таблиця, що включає бали Експертів  $E_{1-5}$  по діапазонах  $D_{1-5}$ . Завдяки ній можна зрозуміти, якому саме діапазону експерти дали найвищу оцінку.

Як видно з приведених у табл. 6 підсумкових результатів, найбільш вірогідним, на думку експертів, діапазоном експорту зерна у 2028 р. є  $D_4$  (57–62 млн. т).

У результаті досягається узгодження між даними математичного прогнозування та

судженнями фахівців, що в сукупності підвищує надійність отриманого стратегічного прогнозу для потреб внутрішнього водного транспорту.

Такий підсумок отримано на основі багатокритеріального аналізу, який поєднує статистичну модель та зважені експертні оцінки. Це дозволяє мінімізувати вплив викривлень окремих джерел даних і дозволяє врахувати складові, що не піддаються кількісному виміру (наприклад, політичні або інституційні ризики). У результаті формується сценарій прогнозу, який має прикладну цінність для планування використання портових потужностей, завантаження флоту, організації перевезень і обґрунтування інвестиційних рішень.

Отримані оцінки створюють базу для економічно обґрунтованого управління транспортною інфраструктурою, зменшення ризиків перевантаження або недовантаження об'єктів логістики, своєчасного розрахунку потреби в судовому складі, а також оптимізації витрат, пов'язаних з інфраструктурною підготовкою. Таким чином, економічний ефект полягає в підвищенні

Таблиця 5

Анкета експерта  $E_1$ 

| Діапазон | Критерії оцінки об'єму вантажопереробки, коефіцієнти їх ваговитості ( $C_j$ ) |       |       |       |       | Разом |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $K_1$                                                                         | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ | $K_5$ |       |
|          | 0,2                                                                           | 0,18  | 0,22  | 0,18  | 0,22  |       |
| $D_1$    | 4                                                                             | 4     | 3     | 4     | 3     | 3,56  |
|          | 0,8                                                                           | 0,72  | 0,66  | 0,72  | 0,66  |       |
| $D_2$    | 6                                                                             | 6     | 5     | 6     | 5     | 5,56  |
|          | 1,2                                                                           | 1,08  | 1,1   | 1,08  | 1,1   |       |
| $D_3$    | 8                                                                             | 8     | 9     | 8     | 9     | 8,44  |
|          | 1,6                                                                           | 1,44  | 1,98  | 1,44  | 1,98  |       |
| $D_4$    | 9                                                                             | 9     | 10    | 9     | 10    | 9,44  |
|          | 1,8                                                                           | 1,62  | 2,2   | 1,62  | 2,2   |       |
| $D_5$    | 8                                                                             | 9     | 9     | 9     | 10    | 9,02  |
|          | 1,6                                                                           | 1,62  | 1,98  | 1,62  | 2,2   |       |

Таблиця 6

Узагальнення думок експертів

| Діапазон | Експерти |       |       |       |       | Разом |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $E_1$    | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $E_5$ |       |
| $D_1$    | 3,56     | 4,74  | 4,98  | 5,78  | 4,78  | 23,84 |
| $D_2$    | 5,56     | 6,38  | 6,62  | 7,4   | 6,4   | 32,36 |
| $D_3$    | 8,44     | 9     | 8,8   | 9     | 9     | 44,24 |
| $D_4$    | 9,44     | 10    | 9,44  | 10    | 10    | 48,88 |
| $D_5$    | 9,02     | 9,44  | 9,58  | 9,6   | 9,62  | 47,26 |

ефективності управлінських рішень та скороченні витрат на транспортування і логістичне забезпечення.

Результати проведеного дослідження свідчать про доцільність використання синтезованого підходу до прогнозування обсягів перевезень внутрішнім водним транспортом, який базується на поєднанні статистичного аналізу та експертного оцінювання. Такий підхід забезпечує вищу гнучкість та адаптивність моделі до умов нестабільного ринкового середовища та обмеженої достовірної статистики.

Отримані прогнозні значення (зокрема, очікуваний обсяг експорту зерна в 2028 році на рівні 52,14 млн т) і підтвердження його вірогідності з боку експертного оцінювання (перевага за діапазоном 57–62 млн т) створюють надійну основу для:

- стратегічного планування перевезень на внутрішніх водних шляхах;
- розрахунку потреби в тоннажі флоту та завантаженні інфраструктури;
- формування інвестиційних програм у сфері портової логістики;
- визначення обґрунтованих норм завантаження перевалочних потужностей.

Особливо важливо підкреслити, що використання лише одного з методів – статистичного або експертного – не забезпечує такої повноти охоплення чинників. Саме їх поєднання дозволяє компенсувати обмеження кожного з підходів, що в умовах обмеженої інформації та складної політико-економічної ситуації є критично важливим для галузі водного транспорту.

Таким чином, запропонована та проілюстрована методика може бути рекомендована як основа для прогнозування інших транспортних потоків, що відзначаються значною волатильністю, а також для оцінки сценаріїв розвитку логістичної системи країни.

Застосування синтезованого підходу до прогнозування обсягів перевезень внутрішнім водним транспортом забезпечує економічний ефект за рахунок зниження втрат від неефективного управління логістичними ресурсами. Установлення достовірного прогнозу обсягів експортних перевезень зерна дозволяє:

- завчасно планувати завантаження портової інфраструктури, уникаючи простоїв, резервування зайвих потужностей або створення «вузьких місць»;
- забезпечити ефективне розміщення та використання флоту внутрішнього водного

транспорту, виходячи з очікуваного обсягу перевезень;

- скоротити витрати на експлуатацію портів та суден шляхом узгодженого планування обробки вантажопотоків;
- зменшити втрати на зберігання зерна та черги на перевалку завдяки точному погодженню перевезень з логістичними вікнами;
- підвищити якість, швидкість та адекватність прийнятих рішень щодо модернізації інфраструктури та обґрунтування інвестицій у внутрішній водний транспорт.

**Висновки.** Внутрішній водний транспорт України має великий потенціал для розвитку, зокрема в сфері перевезень зернових вантажів, що складають значну частину експортних товарів країни. Однак для максимізації ефективності використання водних шляхів необхідно вирішити низку проблем, пов'язаних з модернізацією інфраструктури, оновленням флоту та оптимізацією логістичних процесів. Прогнозування обсягів перевезень є важливим інструментом для визначення потреби у розвитку транспортної інфраструктури та флоту, а також для оптимізації управління перевезеннями.

На відміну від класичних підходів, які базуються лише на ретроспективній статистиці, синтез статистичної моделі з експертними оцінками дозволяє враховувати нерегулярні впливи (політичні, технологічні, ринкові), які суттєво позначаються на плануванні транспортних операцій. Це забезпечує більш стабільне управління ресурсами, знижує ризики недовантаження або перевантаження, а також створює передумови для зменшення операційних витрат та збільшення пропускної здатності логістичних вузлів.

Прогнозна модель може бути використана як інструмент економічного управління, який дозволяє підвищити загальну ефективність функціонування внутрішнього водного транспорту в умовах обмеженого ресурсного забезпечення.

Розглянуті аспекти прогнозування дозволяють сформулювати наступні твердження:

1. Методи прогнозування на основі статистичного аналізу найбільш ефективні в умовах великого об'єму початкової статистичної інформації.
2. Експертні методи припускають можливість використовувати практичний досвід і знання (евристики фахівців-експертів) для створення баз знань з метою вирішення важко формалізованих завдань. База знань здатна підтримувати міркування експертів при сумнівних (нечітких, неточних) даних.

3. Загалом, поєднання методів статистичного і експертного прогнозування може дозволити подолати відмічені вище труднощі в оцінці економічних показників при вирішенні завдань стратегічного планування.

Отримані результати створюють базу для подальших досліджень у напрямі оптимізації транспортної логістики, модернізації інфраструктури ВВТ та формування сценаріїв сталого розвитку водного транспорту України.

#### Список літератури:

1. Ільченко С.В., Грищенко В.Ф., Грищенко І.В. Інституціонально-економічні механізми забезпечення конкурентоспроможності водного транспорту України / С.В. Ільченко та ін. Одеса : Інститут економіки та прогнозування НАН України. 2024. Наукові результати відділу ринку транспортних послуг. URL: <https://impeer.org.ua>
2. Сілантьєва Ю. Моделювання процесу доставки вантажів у змішаному сполученні / Ю. Сілантьєва / *Транспортні системи і технології*. 2024. № 2. С. 143–178. URL: <https://surl.li/oteqmn>
3. Прокудін Г.С., Мельников І.А., Поляк П.К. Прогнозування переміщення автотранспортних засобів через митний кордон України / Г.С. Прокудін та ін. / *Технічні науки та технології*. 2025. № 1. С. 301–308. URL: <https://surl.li/xwugll>
4. Каплун А.Е. Економіко-математичне моделювання ринкової рівноваги на ринку вантажних транспортних перевезень / А.Е. Каплун. Магістерська дисертація. Київ: НТУУ «КПІ», 2018. URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23677/1/Kaplun\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23677/1/Kaplun_magistr.pdf)
5. Nur F. Developing models and algorithms to design a robust inland waterway transportation network under uncertainty / F. Nur. Mississippi State University, 2020. URL: <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/1376/>
6. Yuan X., Wang J., Zhao G., Wang H. Comprehensive Study on Optimizing Inland Waterway Vessel Routes Using AIS Data / *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. Vol. 12, No. 10. URL: <https://www.mdpi.com/2077-1312/12/10/1775>
7. Berrio L., Cantillo V., Arellana J. Strategic modelling of passenger transport in waterways: The case of the Magdalena River / *Transport*. 2019. Vol. 34, No. 2. P. 215–224. URL: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/Transport/article/download/8943/8138>

#### **Hnidoi R.I. APPLIED RESEARCH TO JUSTIFY THE PROSPECTIVE VOLUME OF INLAND WATERWAY TRANSPORT**

*The justification of the prospective volume of inland waterway transport (IWT) is critically important for the further development of Ukraine's transport infrastructure. This issue becomes particularly relevant in the context of increasing the efficiency of freight flows using inland waterways. Ukraine currently underutilizes its water transport potential, which directly affects the state of industry and agriculture. The main objective of this study is to develop scientific and methodological provisions for an adequate assessment of the transport work performed by IWT enterprises.*

*The paper analyses existing scientific and practical approaches to forecasting. It is established that statistical methods make it possible to identify regularities and trends in the dynamics of freight volumes. In contrast, expert evaluation methods enable consideration of factors that cannot be fully captured through statistical measurement – such as political stability, technological innovation, and social transformation. These factors have a significant influence on the development of inland navigation. The study proposes a synthesis of both approaches, combining their advantages while compensating for their limitations. The theoretical framework is illustrated using the case of forecasting grain export volumes – one of Ukraine's key budget-forming components. This allows not only an assessment of overall transport work but also an evaluation of the requirements for port capacities, fleet characteristics, and inland waterway infrastructure. Particular attention is given to such indicators as fleet tonnage and the condition of the supporting infrastructure, which are crucial to ensuring the efficiency of inland waterborne transport. Improvements in these areas will meet the needs of industry and agriculture and positively impact the performance of Ukraine's maritime-economic complex.*

*The study also analyses factors that contribute to operational and economic effectiveness, which can be achieved through timely and reliable information about the transport activity of IWT enterprises. This, in turn, will ensure greater port throughput, rational fleet utilization, improved use of existing capacities and procedures, and lower transportation costs – thereby improving customer service quality. Thus, forecasting transport volumes not only helps anticipate technical needs in future logistics operations but also supports more effective management decisions in the field of transport logistics.*

*An important result of this research is the synthesis of probabilistic-statistical and expert methods for decision support. The combination of these tools creates a synergistic effect when assessing the development*

*prospects of transport systems and processes. Expert input, in particular, helps account for external factors such as shifts in the economic environment, technological change, and socio-political dynamics – all of which directly influence inland waterway development.*

*In summary, the results of this study are of critical importance for strategic planning and the further advancement of water transport in Ukraine. The findings provide a basis for evaluating the expected freight volumes in the coming years, forecasting the need for investment in waterway infrastructure, port modernization, and fleet renewal. In addition, the proposed forecasting framework will support improvements in transport management systems, cost reduction, and greater efficiency of regulatory authorities and port operators.*

**Key words:** *transport technologies, freight transport, inland waterway transport, fleet, ports, forecasting, method synthesis, decision support.*