

## ЛОГІСТИКА ЗВАЖУВАНЬ: ДО ПИТАННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГИ ТРАНСПОРТОВАНОГО ТОВАРУ

*I. M. Pistunov, д. т. н., професор, pistunov.i.m@nmu.one,  
<https://orcid.org/0000-0002-9041-8368>,*

*О. Ю. Приходченко, к. е. н., доцент, O.Yu@nmu.one, <https://orcid.org/0000-0001-5080-737X>,  
НТУ «Дніпровська політехніка»*

**Методологія дослідження.** Результати отримані за рахунок застосування методів: абстракції – при визначенні сутності категорії «вага», «ціна», «точність зважування»; загального і особливого – при встановленні взаємозв'язку точності зважування з втратами експортера; економіко-математичних методів – при визначенні аналітичних формул зв'язку похибки зважування з вагою, що зважується та з солоністю моря, де вимірюється осадка судна.

**Результати.** У результаті проведеного дослідження визначено можливу величину фінансових втрат при реалізації таких товарів як пісок, пшениця, кукурудза фуражна, кукурудза харчова, залізорудні окатиші, титанова руда, прокат чорних металів. Ці втрати можуть сягати від сотень до десятків тисяч гривень. Проаналізовано перелік наявних пропозицій електронних терезів для зважування вантажів на суші, визначено величину похибки при зважуванні автомобільними та вагонними терезами. Продемонстровано можливість описання похибки за допомогою логарифмічного рівняння, яке доводить, що при збільшенні маси відносна похибка зважування зменшується. Знайдено формулу рівняння аналітичним економіко-математичним методом із застосування електронних таблиць Microsoft Excel. На основі використання властивостей дисперсії зважування розроблено логістично-організаційну методику збільшення точності зважування, яка полягає у декількох повторних зважуваннях і визначенні результуючої ваги як середнього арифметичного від усіх спроб. Розроблено формулу для визначення оптимальної кількості повторних зважувань для підвищення точності з урахуванням вартості одного зважування та втрат при однократному зважуванні. Проаналізовано методику зважування вантажів на воді, виявлено її обмеженість та вказано на необхідність її удосконалення в частині урахування таких факторів, як солоність води, через яку вимірюється заглиблення судна. Розроблена аналітична залежність для визначення ваги товару, завантаженого до судна за його осадкою в залежності від солоності води, в якій знаходиться транспортний засіб.

**Новизна.** У процесі аналізу втрат експортерів при зважуванні товару розроблено логістично-організаційні заходи, які гарантовано зменшують втрати.

**Практична значущість.** Запропоновано методики, які зменшують втрати експортера при зважуванні товарів як на суші так і на морі, які дозволяють регулювати величину похибки зважування наявними пристроями.

**Ключові слова:** втрати експортерів, точність зважування, автомобільні та вагонні терези, властивість дисперсії зважування, вплив солоності води на осадку судна.

**Постановка проблеми.** Україна є експортно-орієнтованою державою сировинного напрямку. Основу сировини складають такі товари як зерно, залізна руда, прокат. Оплата за товар визначається як вага товару помножена на ціну. Очевидно, що похибка при зважуванні товару вплине на дохід. Чим

більша похибка, тим більше втрат понесуть експортери. У залежності від транспорту поставки, зважування відбувається або на суші автомобільними чи вагонними терезами, або у воді, за величиною осадки (величини заглиблення) судна. Кожен метод та пристрій

мають свою точність, яка впливає на визначення ваги товару. Збільшення точності вимірювання дозволить мінімізувати можливі втрати експортера.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах закордонних авторів, які досліджують методи збільшення точності вимірювань ваги, увага акцентується переважно на роботі з похибками. Так, К. Верховен, К. Сімонсен і Л. МакІнтир стверджують, що процедури для контролю ймовірності помилок типу I під час виконання кількох статистичних тестів мають високу вартість: зменшення потужності [1]. Зі збільшенням кількості тестів потужність для окремого тесту може стати неприйнятно низькою. Цей підхід спрямований на контроль частки значущих результатів, які фактично є помилками I типу. Підтримання низької частки помилок типу I серед усіх значущих результатів є розумним, потужним і легким для інтерпретації способом вирішення проблеми багаторазового тестування.

А. Юзфулл і А. Скелтон приділяють увагу приділяється аналізу вартості компонентів пристрою для зважування використовується для розробки методу зменшення контролера [2]. Зменшення регулятора базується на участі станів контролера в значенні квадратичної метрики продуктивності. Стани контролера, які мають найменший внесок у показник продуктивності, скорочуються, щоб отримати зменшені контролери.

Г. Сандох і Т. Хакагава зосереджуються на проблемах зважування [3]. Автори припускають, що на завершальній стадії виробництва, наприклад, хімічних продуктів, є процес, під час якого ми зважуємо кожен продукт за допомогою ваг, щоб отримати його точну вагу, а потім позначаємо кожен продукт його вагою. На практиці такий процес зважування не обов'язково ретельно перевіряється, а пов'язані з ним витрати зменшуються настільки, наскільки це можливо, оскільки це не впливає на якість самого продукту. Однак час від часу ваги стають некаліброваними, тобто неточними, і, отже, видають неточні ваги для окремих продуктів. Особливо, коли виробу дуже важкі, використовуються спеціальні ваги, і лише кваліфіковані особи з ліцензією можуть переві-

рити ваги, щоб виявити їх неточності та відрегулювати їх. Автори пропонують для вирішення цих питань стохастичну модель, спрямовану на контроль обсягу продукції, що відвантажується з неточною маркованою вагою.

Дж. Смітом розглядається похибка вимірювання та її вплив на ймовірність прийняття правильних рішень щодо прийняття продукту та, отже, на витрати, пов'язані з процесом перевірки [4]. Проведення повторних вимірювань однієї одиниці продукту та використання середнього значення для прийняття або відхилення одиниці зменшить шанси неправильної класифікації. Обговорюється метод наближеного визначення оптимальної кількості повторних вимірювань. Поняття прецизійності, точності та відтворюваності обговорюються в контексті похибки вимірювання разом із використанням контрольних карт для моніторингу цих характеристик процесу вимірювання.

Як слідує із цього огляду, визначення точності вимірювання базується на двох підходах: апаратному та аналітичному. Апаратний метод, описаний й цитованих статтях, викликає додаткові витрати на придбання більш точного обладнання, що підвищує собівартість реалізованої продукції, а такі додаткові витрати не завжди доступні експортерам. Статистичний метод менш витратний, але запропоновані моделі вимагають складних розрахунків із застосуванням спеціального програмного забезпечення і для більшості персоналу експортерів є недоступною.

**Формулювання мети статті.** Метою даної статті є розробка методів зменшення економічних втрат при зважуванні товару шляхом розробки надійних, статистично значимих методів і водночас простих методів підвищення точності зважування товару при використанні існуючих пристроїв та методів зважування, а тільки шляхом логістичних, організаційних заходів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Логістика зважувань товару відноситься до процесу організації та керування важкими товарами під час їх транспортування, зберігання та обробки. Це особливо важливо у виробничих, логістичних та роздрібних ланцюгах постачання, де точність зважування може мати величезне значення

для якості обслуговування та вартості. Логістика зважувань є важливим компонентом управління логістичними процесами, особливо у випадку торгівлі товарами, вага яких може впливати на їхню ціну та якість обслуговування.

Основні аспекти логістики зважувань товару включають:

1. Обладнання для зважування: Ефективна логістика зважувань передбачає використання високоточного обладнання для точного вимірювання ваги товарів. Це може бути вагове обладнання на складах, в автомобілях або на об'єктах виробництва.

2. Ідентифікація та маркування: Логістика повинна враховувати можливості ідентифікації товарів та їхню маркування для подальшого визначення ваги. Це може включати в себе використання штрих-кодів, RFID технологій або інших систем автоматичної ідентифікації.

3. Інтеграція з іншими процесами: Логістика зважувань повинна бути інтегрована з іншими логістичними процесами, такими як перевезення, зберігання та обробка. Інформація про вагу товарів може впливати на вибір транспортних засобів, розташування на складі та інші аспекти постачального ланцюга.

4. Забезпечення безпеки: Зважування важких товарів часто пов'язане з питаннями безпеки. Це може включати в себе необхідність дотримання стандартів щодо вантажопідйомності транспортних засобів, а також забезпечення безпеки працівників, які взаємодіють з важкими товарами.

5. Точність та ефективність: Важливо забезпечити точність зважувань для уникнення помилок та оптимізації логістичних процесів. Це допомагає уникнути зайвих витрат, покращує ефективність та сприяє задоволенню клієнтів.

Із цього великого переліку впливу точності зважування на доходи експортерів можна помітити, що навіть прості організаційні засоби логістики зважування можуть дати значний ефект економії або отримання додаткового доходу, втрачено внаслідок похибок зважування.

Базуючись на методах теорії вірогідності і математичної статистики [5], почнемо

з товару, що реалізується насипом. У табл. 1 подано середні ціни та такі товари.

Таблиця 1  
Середні ціни товарів, що реалізуються насипом

Товар	Середня ціна за тону, грн
Пісок	205
Пшениця	7930
Кукурудза фуражна	5925
Кукурудза харчова	7150
Залізорудні окатиші	4750
Титанова руда	7030
Прокат чорних металів	35935

Джерело: складено за: [6–7]

Для визначення похибки при зважуванні на автомобільних та вагонних терезах використовувалися дані фірми ZEMIC [8]. У табл. 2 подано середні значення похибки при зважуванні на автомобільних та вагонних терезах, яке розраховано автором.

Таблиця 2  
Середні похибки при зважуванні на суші

Вага, кг	Похибка, кг
1000	26
10000	122
19000	148
28000	164
46000	185
55000	192
64000	199
73000	204
82000	209
91000	213

За даними табл. 2 засобами Microsoft Excel побудовано графік залежності похибки зважування від ваги товару. Графік представлено на рис. 1.

Графік має виражений характер логарифмоїди, тому його було описано лінією тренду виду

$$\varepsilon = 41,47 \ln P - 260,27, \quad (1)$$

де  $\varepsilon$  – похибка зважування, кг,  $P$  – вага, що зважується, кг.

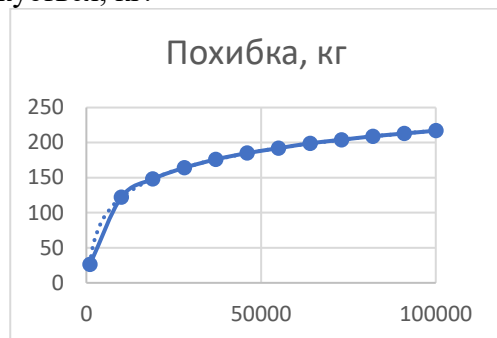


Рис. 1. Похибка при зважуванні на вагонних та автомобільних терезах фірми ZENIC

Якість апроксимації визначалася показником  $R^2 = 0.9514$ , що означає високу якість апроксимації.

Тут і далі будемо розглядати похибку вимірювання ваги з точки зору експортера, тобто, припускаємо що справжня вага, яку ми виміряли, менша на величину похибки, тобто

$$Pr = P - \varepsilon, \quad (2)$$

де  $Pr$  – виміряна терезами вага,  $P$  – справжня вага,  $\varepsilon$  – похибка зважування.

Для прикладу розрахуємо недоотриманий дохід при відвантаженні 60 т прокату чорних металів. Тоді, згідно (1) похибка складе

$\varepsilon = 41,47Ln60000 - 260,27 = 196,2071$ , кг  
Згідно табл. 1, величина недоотриманого доходу буде

$$0,1962071 * 35935 = 7050,70 \text{ грн.}$$

Як видно з прикладу, втрати можуть бути суттєвими.

Логістико-статистичні методи підвищення точності вимірювання ваги полягають у багаторазовому зважуванні товару з наступним знайденням середнього арифметичного від усіх зважувань [12].

Тоді розмір похибки цього середнього буде дорівнювати

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

де  $\varepsilon'$  – похибка середнього від зважування,  $\varepsilon$  – похибка зважування терезів,  $n$  – кількість разів зважування однієї і тієї ж ваги  $P$ .

Скористаємося попереднім прикладом для визначення необхідної кількості зважувань, щоб точність зважування стала вищою у 10 разів. Для цього перетворимо (3) наступним чином

$$n = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}\right)^2. \quad (4)$$

Тоді, якщо ми хочемо у 10 разів збільшити точність зважування (а це означає що співвідношення  $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}=10$ ), то необхідно зважити цей товар 100 разів.

Очевидно, що така процедура є не прийнятною, оскільки кожне зважування – це додаткові витрати, які включають у себе амортизацію терезів, амортизацію транспортного засобу, якому прийдеться заїжджати і з'їжджати з терезів, а також витрату палива і робочого часу водіїв та операторів терезів.

Для визначення оптимальної кількості зважувань висунемо припущення, що витрати на зважування мають не перевищувати розміру недоотриманого доходу, тобто:

$$C_W < C_{NI}, \quad (5)$$

де  $C_W$  – витрати на одне зважування,  $C_{NI}$  – величина недоотриманого прибутку.

Очевидно, що величина недоотриманого прибутку повинна визначатися для бажаної нової точності вимірювання

$$C_{NI} = \varepsilon' C_T, \quad (6)$$

тут  $C_T$  – ціна одиниці товару,  $\varepsilon'$  – необхідна нова точність зважування.

Підставимо (5) у (6)

$$\begin{aligned} C_W &< \varepsilon' C_T \\ \varepsilon' &> \left(\frac{C_W}{C_T}\right). \end{aligned} \quad (7)$$

У практичних розрахунках використання нерівностей є незручним. Тому в (5) краще ввести коефіцієнт переваги ( $k_p$ ,  $0 < k_p < 0.2 - 0.3$ ), який би задовольнив логістика щодо можливого фінансового виграшу від збільшення точності вимірювань ваги. Тоді нерівність (5) можна переписати як рівняння

$$C_W = k_p C_{NI}. \quad (8)$$

Тоді нерівність (7) прийме вигляд рівняння

$$\varepsilon' = \left( \frac{C_W}{k_p C_T} \right). \quad (9)$$

Тепер додамо (9) у (4) і отримаємо

$$n = \left( \frac{\varepsilon k_p C_T}{C_W} \right)^2,$$

Або, з урахуванням (1), остаточно маємо величину необхідної кількості повторних зважувань

$$n = \left( \frac{[41,47LnP - 260,27]k_p C_T}{C_W} \right)^2. \quad (10)$$

Визначимо необхідну кількість повторних зважувань за даними попередніх прикладів, припустивши, що вартість одного зважування складає  $C_W = 500$  грн.

Тоді

$$n = \left( \frac{[0,1962071]35935 \{0,2\}}{500} \right)^2 = 8 \text{ разів.}$$

Очевидно, що така кількість зважувань може бути непринятною, оскільки це займе занадто багато часу.

Виграш від такої процедури складе

$$M = C_T(\varepsilon - \varepsilon') = C_T \left( \varepsilon - \left( \frac{C_W}{k_p C_T} \right) \right), \quad (11)$$

тоді для нашого прикладу виграш складе

$$M = 35935 \left( 0,1962071 - \left( \frac{500}{0,2 * 35935} \right) \right) = 4550,70 \text{ грн.}$$

Сформулюємо логістичне правило зважування товарів автомобільним або вагонними терезами:

1. Зважуємо товар 1 раз і визначаємо виміряну вагу  $P$ .

2. Визначаємося з величиною коефіцієнта переваги  $k_p$ .

3. За формулою (10) визначаємо, скільки іще разів потрібно повторно зважити товар, враховуючи і перше зважування.

4. За формулою (11) вираховуємо виграш.

Для зважування на воді описаний вище алгоритм неприйнятний, оскільки завантажувати і розвантажувати корабель декілька разів є дуже витратною процедурою. Розглянемо детальніше цю процедуру.

Вага завантаженого товару на корабель визначається за величиною заглиблення корабля після закінчення завантаження. На рис. 3 показано борт корабля з рисками, за якими визначається це заглиблення.



Рис. 3. Марки заглиблення корабля на його міделі [9]

На рис. 4 наведено класичну таблицю визначення завантаження корабля в залежності від його осадки, у табл. 3 – розшифровка умовних позначень таблиці. Ця система розроблена іще у XIX сторіччі і базується на декількох вимірюваннях в основних портах світу, куди частіше за все заходили кораблі Великої Британії [9].

Таблиця 3

Значення букв на вантажній марці

Символ	Розшифрування	Позначення
TF	Tropical Fresh Water	Прісна вода в тропіках
F	Fresh Water	Прісна вода
T	Tropical Seawater	Морська вода в тропіках
S	Summer Seawater	Літня морська вода
W	Winter Seawater	Зимова морська вода
WNA	Winter North Atlantic	Зимова північно-атлантична вода

Джерело: [10]

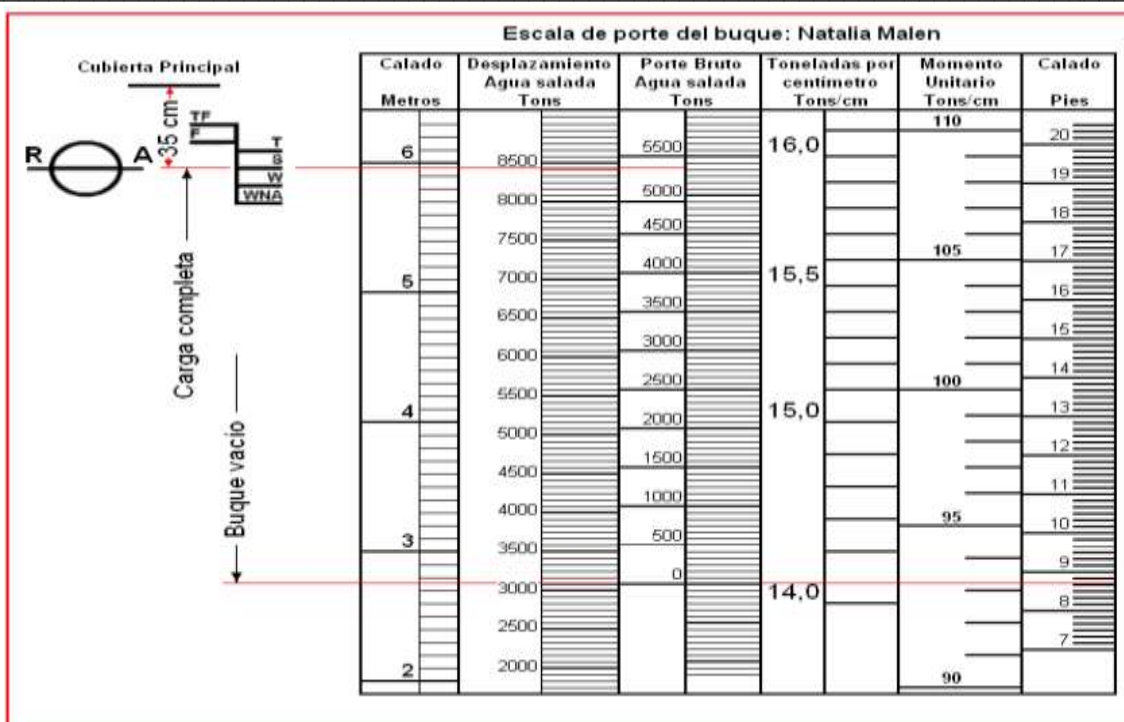


Рис. 4. Система знаків на бортах судна, що визначає допустиму осадку для різних районів та умов плавання [10]

Згідно табл. 3 та рис. 4 залежність від солоності води та її температури – лінійна. Інтервал осадки між кожним із позначень табл.3 складає 12,5 см, а згідно рис. 4 – 28,5 см осадки відповідають 500 тонам вантажу. Отже, згідно пропорції, різниця букв системи знаків відповідає 87,719 тон.

Скористаємося цими даними для розробки таблиці відповідності осадки судна та її зв'язку із солоністю та температурою води. У табл. 4 подано результати такого зведення.

Таблиця 4

Зведені дані залежності осадки судна від температури води та її солоності

Символ	Осадка (D), см	Температура (T), C	Солоність (S), %
TF	0	26	0
F	12,5	10	0
T	24,7	26	38
S	36,9	20	34
W	49,1	0	34
WNA	61,3	-1,2	32

Джерело: побудовано за даними [11]

У табл. 4 перша позиція осадки прийнята за нуль, а наступні визначені шляхом поступового додавання 12,5 см.

Температури і солоності для символів S, W та WNA бралися для Атлантичного океану, для T – для Індійського океану. На підставі даних з табл. 4 за допомогою функції Regression електронних таблиць Excel була розрахована залежність осадки від солоності та температури води

$$D = 27,0271230210562 - 1,12969 T + 0,82330472393996 S. \quad (12)$$

Якість апроксимації отриманої залежності визначався параметром  $R^2 = 0,949$ , що свідчить про високу точність отриманої моделі.

Лінія TF на рис. 4 відповідає вмісткості у 10 000 тон і зі збільшенням солоності та зменшенням температури вмісткість зменшується. Також, на рис. 4 вказано, що 1 см відповідає вмісткості 16 тон. Ці додаткові дані дозволяють перетворити формулу (13) в інструмент для точного визначення ваги товарів, завантажених на корабель.

Отже, маса завантаженого товару буде знайдена за величиною осадки судна під вагою цього товару як

$$M = 10\,000 - 16 \cdot (27,0271230210562 - 1,12969 T + 0,82330472393996 S) \quad (13)$$



Тепер для спеціаліста з логістики, який завантажує корабель можна сформулювати такий порядок дій:

1. Виміряти показання осадки судна до завантаження та після завантаження.

2. Виміряти температуру води у місці завантаження.

3. Визначити солоність води, яка може сильно мінитися від перебування порту завантаження поблизу гирла рік (як для Миколаєва і Херсону).

4. Підставити ці дані у формулу (13) і отримати більш точну вагу, аніж при її розрахунку за таблицями, як на рис. 4.

**Висновки.** Розроблена у статті методика дозволяє збільшити точність визначення ваги товару як при зважуванні на автомобільних чи вагонних терезах, так і при зважуванні на воді. Представлений порядок дій спеціаліста з логістики формалізує застосування цієї методики і робить її доступною для персоналу будь якої кваліфікації. Загалом, це призведе до зменшення недоотриманого доходу.

### Література

1. Verhoeven K., Simonsen K., McIntyre L. Implementing false discovery rate control: increasing your power. *OICOS*. 2005. Volume 108. Issue 3. Pp. 643-647. doi/10.1111/j.0030-1299.2005.13727.x.

2. Yousuff A., Skelton R. Controller reduction by component cost analysis: *IEEE. Trans. Automat. Control*. 1984. Vol. AC-29. № 6. Pp. 520-530. doi: 10.1109/TAC.1984.1103571A.

3. Sandoh H, Nakagawa T. How much should we reweigh? *The Journal of the Operational Research Society*. 2003. Vol. 54. №3. Pp. 318-321. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601509.

4. Smith J. Statistical aspects of measurement and calibration. *Computers & Industrial Engineering*. 1990. Volume 18. Issue 3. Pages 365-371. https://doi.org/10.1016/0360-8352(90)90058-T. PROM: веб-сайт. URL: https://prom.ua/ua/Pesok-zattonnu.html?category=1351

5. Пістунів І.М., Турчанінова І.Ю. Теорія ймовірності та математична статистика для економістів. З елементами електронних таблиць. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2023. 174 с.

6. UA COMMODITIES: Ексклюзивні умови для агрофірм: веб-сайт. URL: https://tripoli.land.ua/pshenitsa-furazh

7. GMK center: Ціни на метолопрокат та сировину: веб-сайт. URL: https://gmk.center/ua/prices/

8. ZEMIC: веб-сайт. URL: https://prom.ua/ua/brands/Zemic

9. WikiTHTY: Плавучість: веб-сайт. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%83%D1%87%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C

10. Вікіпедія: ватерлінія. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%8F

11. Geomap.com.ua. Властивості вод Світового океану: веб-сайт. URL: https://geomap.com.ua/uk-g6/774.html

### References

1. Verhoeven, K., Simonsen, K., & McIntyre, L. (2005). Implementing false discovery rate control: increasing your power. *OICOS*, Volume 108, Issue 3, Pp. 643-647. doi/10.1111/j.0030-1299.2005.13727.x.

2. Yousuff, A., & Skelton, R. (1984). Controller reduction by component cost analysis: *IEEE. Trans. Automat. Control*. Vol. AC-29, (6), Pp. 520-530. doi: 10.1109/TAC.1984.1103571A.

3. Sandoh, H., & Nakagawa, T. (2003). How much should we reweigh? *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 54, (3), Pp. 318-321. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601509.

4. Smith, J. (1990). Statistical aspects of measurement and calibration. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 18, Issue 3, Pp. 365-371. https://doi.org/10.1016/0360-8352(90)90058-T. PROM. Retrieved from https://prom.ua/ua/Pesok-zattonnu.html?category=1351

5. Pistunov, I.M., & Turchaninova, I.Yu. (2023). Теорія ймовірності та математична статистика для економістів. З елементами електронних таблиць. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка».

6. UA COMMODITIES: Ексклюзивні умови для агрофірм. Retrieved from https://tripoli.land.ua/pshenitsa-furazh.

7. GMK center: Tsiny na metoloprokat ta syrovynu. Retrieved from https://gmk.center/ua/prices/

8. ZEMIC. Retrieved from https://prom.ua/ua/brands/Zemic

9. WikiTHTY: Plavuchist. Retrieved from https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%83%D1%87%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C

10. Vikipediia: vaterliniia. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%8F

11. Geomap.com.ua. Vlastyvosti vod Svitovoho okeanu. Retrieved from https://geomap.com.ua/uk-g6/774.html

## WEIGHING LOGISTICS: ON THE ISSUE OF ACCURACY OF DETERMINING THE WEIGHT OF THE TRANSPORTED GOODS

*I. M. Pistunov, D. Sc. (Tech.), Professor, O. Yu. Prykhodchenko, Ph. D (Econ.), Associate Professor, Dnipro University of Technology*

**Methods.** The results are obtained with the following methods: the method of abstractions in determining the essence of the category of «social justice»; general to specific method in establishing the unity of the existing concepts of social justice; standard methods of sociological research in determining the value system of the Ukrainians towards social justice.

**Results.** As a result of the conducted research, the possible value of financial losses during the sale of such goods as sand, wheat, fodder corn, food corn, iron ore pellets, titanium ore, and rolled ferrous metals was determined. These losses can range from hundreds to tens of thousands of hryvnias. The list of available offers of electronic scales for weighing goods on land was analyzed, the value of error when weighing with automobile and wagon scales was determined. The possibility of describing the error using a logarithmic equation has been demonstrated, which proves that the relative weighing error decreases as the mass increases. The equation formula was found by the analytical economic-mathematical method using Microsoft Excel spreadsheets. Based on the use of the properties of the dispersion of weighing, a logistical and organizational method of increasing the accuracy of weighing has been developed, which consists in several repeated weighings and determining the resulting weight as the arithmetic mean of all attempts. A formula was developed to determine the optimal number of repeated weighings to increase accuracy, taking into account the cost of one weighing and losses during a single weighing. The method of weighing cargo on water was analyzed, its limitations were revealed and the need for its improvement was indicated in terms of taking into account such factors as water salinity, through which the draft of the vessel is measured. An analytical dependence has been developed to determine the weight of the goods loaded onto the vessel by its draft depending on the salinity of the water in which the vehicle is located.

**Novelty.** In the process of analyzing exporters' losses during product weighing, logistical and organizational measures have been developed that are guaranteed to reduce losses.

**Practical value.** Techniques are proposed that will reduce the exporter's losses when weighing goods both on land and at sea, which will allow adjusting the size of the weighing error with available devices.

**Keywords:** loss of exporters, accuracy of weighing, car and wagon scales, property of dispersion of weighing, influence of water salinity on ship's draft.

*Надійшла до редакції 03.12.23 р.*