

А. І. Кузьменко, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
С. В. Мірошніченко, студент Академії митної служби України
В. В. Жураховський, студент Академії митної служби України

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ВАНТАЖНОГО ФРОНТУ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Присвячено питанням оптимізації роботи вантажного фронту під час виконання навантажувально-розвантажувальних операцій з вантажем, що мають сезонний характер з наявним матеріально-технічним забезпеченням з мінімальними матеріальними витратами.

Ключові слова: навантажувально-розвантажувальні операції; імітаційне моделювання; оптимізація; прогнозування.

The article is devoted to the optimization of the freight front during loading and unloading of goods that are seasonal in nature with the existing logistical support with minimal material cost.

Key words: cargo handling operations; imitation modeling; optimization; forecasting.

Постановка проблеми. Транспорт – найважливіша ланка у сфері економічних відносин, одна з провідних галузей матеріального виробництва. Транспорт є необхідною умовою виникнення і розвитку інтенсивного обміну товарами між окремими територіями. Економічне значення транспорту виявляється, перш за все, в тому, що він – органічна ланка кожного виробництва, виконує безперервне та масове постачання всіх видів сировини, палива і продукції з пунктів виробництва до споживача, а також здійснює розподіл праці, спеціалізацію та кооперацію виробництва. Важливу роль тут відіграють вантажні фронти підприємств, на які перепадають значні витрати часу та коштів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню різних виробничих процесів на вантажних фронтах присвячено багато праць учених. Так, у [2] проаналізовано основи взаємодії різних видів транспорту, виділено основні чинники, від яких залежить час простою транспорту на вантажних фронтах, і наведено розрахунок їх технічного оснащення. Праця [3] розкриває технологічні аспекти організації складського господарства як важливої ланки процесу перевезень та містить результати моделювання підйомно-транспортних систем. Дослідження [4] присвячено аналізу використання досягнень логістики на транспорті. Результати роботи дозволяють стверджувати, що застосування логістики значно підвищує ефективність вітчизняного транспортного комплексу та активує його інтеграцію у світову транспортну систему. Але у цих працях не розглядалася доцільність створення на вантажному фронті системи регулювання.

© А. І. Кузьменко, С. В. Мірошніченко, В. В. Жураховський, 2014

Мета статті. Результат аналізу та прогнозування обсягів виробництва готової продукції виявляє певні недоліки в роботі вантажних фронтів, а отже, постає проблема вдосконалення і розробки нових методів аналізу та прогнозування обробки вантажів, особливо тих, що мають сезонний характер. Усе це обумовлює актуальність даного дослідження, мета якого:

- 1) розробка методики прогнозування обсягів виробництва готової продукції сезонного характеру шляхом синтезу способів згладжування сезонності та прогнозування за допомогою екстраполяції лінійного тренду;
- 2) дослідження роботи вантажного фронту за допомогою методу імітаційного моделювання;
- 3) внесення пропозицій щодо вдосконалення роботи вантажного фронту за наявного матеріально-технічного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Щоб максимально ефективно організувати процес перевезення, перевізникові потрібно якомога точніше знати, який обсяг роботи очікується у майбутній період. Прогнозування є основою прийняття управлінських рішень під час оперативного, тактичного і стратегічного планування процесу перевезення. Від точності та надійності прогнозу залежить ефективність реалізації різних логістичних операцій і функцій: від оцінки ймовірності дефіциту транспортних засобів у парку до вибору стратегії розвитку підприємства. Для спрогнозування обсягів виробництва готової продукції (на прикладі цементу) проаналізуємо дані Державної служби статистики України [5], які подано в табл. 1. На підставі отриманих даних побудуємо діаграму в середовищі Excel (рис. 1). Як видно з діаграми, обсяги продукції скорочуються та збільшуються в окремі періоди року. Така тенденція простежується протягом останніх років. Отже, можна зробити висновок, що продукти будівельної промисловості, зокрема цемент, – це сезонні товари.

Таблиця 1

Обсяг виробництва цементу в цілому по Україні

Рік/місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
2011	200	304	551,1	874,8	1147,7	1077,7	1066	1127	1100,9	987,6	819,1	351,1
2012	257,6	396,2	579,8	946,7	1059	1190,3	1173,2	1257,8	1154,3	1172,9	825,5	502
2013	343,6	313,6	620,1	888,4	1141,7	1115,7	1219,2	1095,7	1057,7	967,7	702,6	335,5

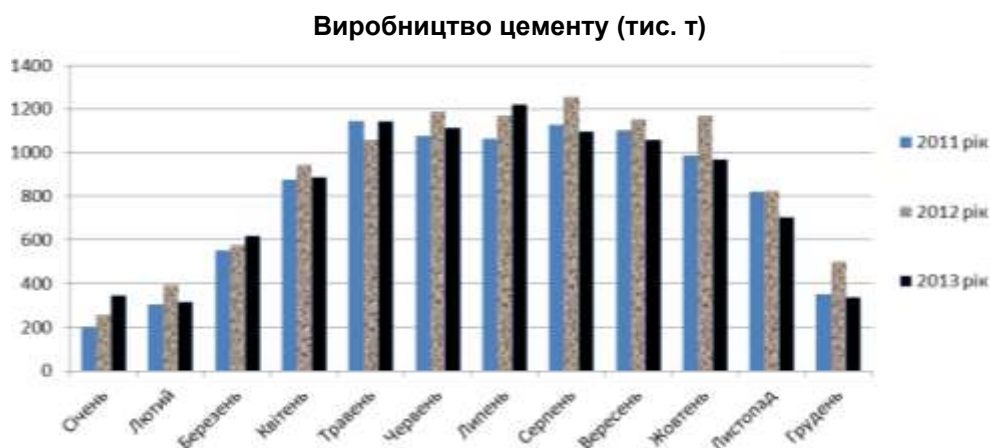


Рис. 1. Діаграма виробництва цементу в цілому по Україні (тис. т)

Одним із найпоширеніших методів короткострокового прогнозування економічних явищ є екстраполяція. Оскільки ми маємо сезонний товар, то визначити стійку тенденцію дуже складно. Щоб і надалі використовувати екстраполяцію часового ряду, потрібно спершу позбавитись від сезонності й отримати так званий “чистий” тренд [3]. Для цього позбавимося від сезонності за допомогою методу ковзних середніх. Він полягає в тому, що визначаються індекси ступеня сезонного коливання часового ряду. Кожен такий індекс грунтується на середньому значенні, яке дорівнює 100 %, і змінюється залежно від сезону в більший або менший бік.

Подальша робота була виконана за таким планом:

- 1) прибирання сезонності методом ковзної середньої;
- 2) формування часового ряду та побудова “чистого” тренду;
- 3) екстраполяція “чистого” тренду;
- 4) накладення сезонності й отримання бажаних даних.

У ході дослідження спочатку знайдено відцентровану ковзну середню, після чого кожне значення з вихідного масиву даних було представлено у вигляді відсотка від відповідного значення ковзної середньої. Такі розрахунки виконувались за формулою:

$$S_i = \frac{N_i}{I_j} \times 100 \%, \quad (1)$$

де N_i – відповідне значення початкової величини;

I_j – значення ковзної середньої.

Далі проведено перевірку значень і прийнято рішення про введення нормуючого множника E :

$$E = \frac{1200}{\sum_n S_i}, \quad (2)$$

де S_i – індекс сезонності.

Потім враховано отримані вище індекси сезонності та побудовано вирівняний і зважений часовий ряд [6]. Для цього вхідні дані розділено на відповідні індекси сезонності, а результати подано в табл. 2.

Таблиця 2

Часовий ряд випадку готової продукції без урахування сезонності

Рік/місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
2011	570,3	731,9	785,8	814,2	886,9	793,03	802,6	800,1	827,2	777,97	845,3	703,4
2012	734,5	953,8	826,7	881,4	818,4	875,9	883,3	892,9	867,3	923,9	851,9	1005,7
2013	979,7	754,9	884,2	826,9	882,3	820,9	917,9	777,9	794,7	762,3	725,1	672,1

Наступним кроком було прогнозування із застосуванням методу екстраполяції на основі середнього рівня ряду з використанням принципу, за якого прогнозований рівень дорівнює середньому значенню рівнів ряду в минулому.

У такому випадку екстраполяція дає прогностичну точкову оцінку. Розглянутий метод екстраполяції тренду найпростіший, але водночас найбільш наближений [5]. Слід звернути увагу на те, що порівняно з початковими вхідними даними, в яких була дуже велика амплітуда коливань випуску продукції, ми отримали рівніший ряд зі значно меншими коливаннями, тому вважаємо за доцільне використовувати такий метод прогнозування.

Після етапу прогнозування зіставлено з реальними даними та обчислено похибку, яка опинилась у межах від 1 до 15 %. Також визначено тенденцію зростання виробництва обсягів готової продукції.

Зіставивши отримані дані прогнозу і реального стану вантажного фронту, а також можливі перспективи зростання виробництва продукції на підприємстві, роботу вантажного фронту в минулі роки і використання перероблювального потенціалу вантажного фронту, зроблено висновок, що доцільно створити на вантажному фронті систему регулювання для збирання і збереження інформації про місцезнаходження автомобілів на вантажних фронтах, стан навантажувально-розвантажувальних механізмів і прийняття рішень про їхнє використання та передачу команд водіям автомобілів, з метою підвищення ефективності роботи під час вантажних операцій. Навантаження і розвантаження вантажів здійснюється двома бригадами з двох секцій ангарного складу. Автомобільний транспорт працює протягом 8 год.

У процесі статистичного дослідження встановлено, що прибуття автомобілів на вантажний двір має випадковий характер і описується законом Пуассона з інтенсивністю $\lambda_a = 4,36$ авто/год. Коливання тривалості обслуговування автомобіля в секції складу описується нормальним законом розподілу з параметрами: математичне сподівання $t_0 = 29$ хв, середнє квадратичне відхилення $\sigma_0 = 7$ хв.

Умовно приймемо, що капітальні вкладення, необхідні для впровадження системи регулювання, становлять 5000 у.г.о., додаткові річні експлуатаційні витрати, пов'язані з її експлуатацією, – 4000 у.г.о.

Традиційною технологією організації взаємодії автомобільного транспорту на вантажних фронтах не передбачено можливість оперативного регулювання підведення автомобілів до секцій складів [6]. Пов'язано це з відсутністю системи, що забезпечує збирання, збереження і передачу інформації про стан вантажного фронту, тривалість вивантаження (навантаження) автомобілів. Як наслідок, автомобілі простоюють на одних вантажних фронтах, коли інші в цей час вільні. Устаткування вантажних дворів системою аналізу даних про завантаження дозволяє скоротити непродуктивні простой автомобілів, підвищити переоборювальну спроможність вантажних фронтів, скоротити простой автомобілів, зменшити потреби у складських приміщеннях. У цьому випадку рішення про адресування автомобіля до вантажного фронту передається диспетчером за інформацією про стан вантажного фронту. Однак упровадження такої системи потребує додаткових витрат, тому пропонуємо оцінити доцільність переходу до нової технології регулювання вхідного потоку, а ефективність упровадження такої системи має підтверджуватись техніко-економічними розрахунками:

$$E_a + E_n K_a \leq \Delta E + E_n \Delta K_a, \quad (3)$$

де E_a , K_a – експлуатаційні витрати і капітальні вкладення, необхідні для впровадження системи регулювання підведення автомобілів до вантажних фронтів;

ΔE – економія експлуатаційних витрат у системі “автомобільний транспорт – вантажний фронт”:

$$\Delta E = 365 e_{a-z} \Delta T_a, \quad (4)$$

де e_{a-z} – вартість 1 автомобіля;

ΔT_a – скорочення простою автомобілів за добу в результаті регулювання підведення автомобілів;

ΔK_a – капітальні вкладення в рухомий склад.

Для розрахунку параметрів, що входять у формулу (3), слід установити простой автомобілів під вантажними операціями за умови традиційної технології та впровадження системи регулювання. З імовірнісним характером транспортних процесів виконати це найповніше можливо методом імітаційного моделювання [7]. Установимо спочатку випадковий характер потоку автомобілів, що надходить на вантажні fronti. Якщо інтенсивність потоку описується розподілом Пуассона, то інтервали між автомобілями, що прибувають, описуються залежністю:

$$P \{ I_a > I_a \} = e^{-\lambda_a I_a} \text{ або } P \{ I_a \leq I_a \} = 1 - e^{-\lambda_a I_a}, \quad I_i = -\frac{1}{\lambda_a} \ln R_i, \quad (5)$$

де R_i – випадкові числа з рівномірним їх розподілом в інтервалі від 0 до 1;

I_i – інтервал між автомобілями, що послідовно прибувають.

Моделювання інтервалів між автомобілями здійсимо в такій послідовності.

1. Сформуємо рівномірно розподілені на інтервалі 0–1 випадкові числа. Кількість імітацій інтервалів відповідає умові:

$$R \geq \frac{x^2}{4\varepsilon^2},$$

де x – величина, що береться з таблиці значень інтеграла ймовірностей залежно від значення P :

$x = 1,96$ при $P = 0,95$;

ε – припустима помилка.

2. Використовуючи вираз (5) і витягнуті випадкові числа, встановимо інтервали між автомобілями. Наприклад, інтервал між першим і другим автомобілями дорівнюватиме:

$$I_{12} = \left(-\frac{1}{4,1} \ln 0,73998 \right) / 24 = 0:04:08 \text{ хв},$$

між другим і третім:

$$I_{23} = \left(-\frac{1}{4,1} \ln 0,14971 \right) / 24 = 0:30:15 \text{ хв},$$

між третім і четвертим:

$$I_{34} = \left(-\frac{1}{4,1} \ln 0,78976 \right) / 24 = 0:33:30 \text{ хв}.$$

Тривалість вантажної операції встановимо, використовуючи довільні нормальні випадкові відхилення. Так, перший автомобіль обслуговуватиметься протягом

$$t_1 = 0:29:00 + 1,833 \times 0:07:00 = 0:41:50 \text{ хв};$$

другий автомобіль:

$$t_2 = 0:29:00 + 0,308 \times 0:07:00 = 0:31:09 \text{ хв тощо}.$$

Ураховуючи те, що водій обирає секцію складу випадково, моделювання процесу її вибору здійснюється за допомогою таблиці випадкових чисел. Якщо на складі дві секції та випадкове число потрапляє в інтервал від 0 до 0,5, то автомобіль прямує до першої секції, якщо в інтервал від 0,5 до 1,0 – до другої. Аналогічно моделюється і структура парку автомобілів, що вивозять (завозять) вантажі зі станції.

У разі регульованого підведення автомобілів кожен наступний автомобіль надходить до того вантажного фронту, що вільний від обслуговування, або до того, де обслуговування автомобіля закінчиться раніше за інших [8].

Аналіз даних дозволяє зробити такі висновки:

1. Мінімальний простій автомобіля забезпечує оптимальне регулювання їхнього підведення до вантажних фронтів.

2. Друга за ефективністю процедура регулювання – почергове проходження автомобілів, що прибувають, до секцій складу.

На основі отриманих значень вхідного потоку визначимо середнє значення простоїв транспортних засобів під вантажними операціями (табл. 3). Використовуючи дані табл. 3 і прийнявши собівартість авто/год рівною 4,5 у. г. о., річна економія експлуатаційних витрат у системі “автомобільний транспорт – вантажний фронт” за умови оптимального регулювання підведення автомобілів становитиме:

$$\Delta E = 365 \times 4,5 \times 3 \times 8 \left(\frac{28,01 - 12,42}{60} \right) = 10236,06.$$

У результаті скорочення простою автомобілів у вантажних фронтах віддаються капітальні вкладення на придбання автомобілів:

$$\Delta K_a = \frac{\Delta \Sigma MH}{t_p} C_a, \quad (6)$$

де $\Delta \Sigma MH$ – добова економія, авто/год;

t_p – середня тривалість роботи автомобіля протягом доби, год;

C_a – вартість автомобіля, у. г. о.

Економія капітальних вкладень на придбання автомобілів

$$\Delta K_a = \frac{3 \times 8(28,17 - 12,43)3328}{60 \times 12} = 1746,1.$$

Підставляючи розрахункові дані у формулу, отримуємо: $4000 + 0,125 \times 5000 < 10236 + 0,125 \times 1746 \quad 4625 < 10454,1$.

Таблиця 3

Середні значення простою вхідного потоку

Способи підведення автомобілів	Випадковий	Черговий	Регульований
Параметри розрахунку			
Простий автомобілів в очікуванні на обслуговування, хв	28,17	13,93	12,43
Кількість машин у черзі	101	101	101
Тривалість очікування завантаження автомобіля в секції, хв	14,01	6,8	6,2

Перевагу введення системи регульованого типу відображено на рис 2.

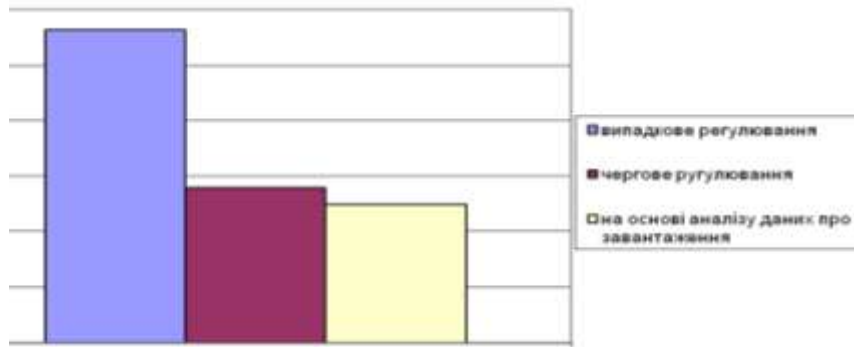


Рис. 2. Порівняльна діаграма роботи систем регулювання вхідного потоку

Таким чином, організація регульованої системи підведення автомобілів до вантажних фронтів дозволяє одержати річну економію в розмірі $(5722 - 4625) = 1097$ у. г. о. Досить ефективна процедура почергового підведення автомобілів. На даному вантажному фронті її впровадження не потребує додаткових капітальних і експлуатаційних витрат. Підхід автомобілів до секцій складу може регулювати диспетчер.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. У ході роботи спрогнозовано обсяг виробництва готової продукції, розраховано параметри вхідного потоку автомобілів, що прибувають на вантажний фронт, визначено параметри простою автомобілів під вантажними операціями. Також обчислено середній час простою автомобіля в очікуванні обслуговування залежно від методу обробки вхідного потоку транспортних засобів, який становить: 28,17 хв для випадкового розподілу; 13,93 хв для чергового; 12,43 хв для регульованого.

На основі отриманих даних виявлено альтернативу підвищення ефективності роботи фронту, яка полягає в запровадженні почергової подачі автомобілів на фронті, що, на відміну від регульованої, не потребує додаткових капітальних вкладень і може бути швидко запроваджена на термін розробки системи регульованої подачі автомобілів.

Список використаних джерел:

1. What Is a Seasonality Index [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.wisegeek.com/what-is-a-seasonality-index.htm>
2. Единая транспортная система : учеб. для вузов / Галабурда В. Г., Персианов В. А., Тимошин А. А. и др. ; под ред. В. Г. Галабурды. – 2-е изд. с измен. и дополн. – М. : Транспорт, 2001. – 303 с.
3. Федосеев В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели : учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев, А. Н. Гармаш. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 391 с.
4. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>
5. Spreadsheet implementation of seasonal adjustment and exponential smoothing [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.people.duke.edu/~rnau/411outbd.htm>
6. Seasonality [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Seasonality>
7. Вельможин А. В. Теория транспортных процессов и систем : учеб. для вузов / Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. – М. : Транспорт, 1998. – 167 с.