

УДК 330.115

І.А. Слободян

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОРСЬКОГО ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ

*Розроблена автоматна імітаційна модель визначення раціональних економічних показників ефективного функціонування морського зернового терміналу, що сприяє отриманню найбільших прибутків від роботи терміналу.*

Потенційно конкурентоспроможними на світовому ринку є українські зернові культури. Якщо Україна зможе в найближче десятиріччя довести валовий збір зерна до 50-60 млн. т, то його експорт без будь-якої шкоди для внутрішнього ринку споживання можна забезпечити на рівні 15-20 млн. т, тобто сформуванню сприятливих умов для того, щоб стати «житницею» Європи [1].

Програма реформування зовнішньоторговельної політики аграрного сектору економіки повинна бути спрямована в першу чергу на розширення внутрішнього ринку та на підвищення конкурентоспроможності вітчизняної сільськогосподарської продукції, як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках. Особливо великої уваги необхідно приділити такій сільськогосподарській продукції, як зерно, яка має стратегічне значення для України.

Робота зернового терміналу описана за допомогою автоматної імітаційної моделі, яка детально описана в [2] і деякі математичні позначення якої використані в даній статті.

Пропонується до розгляду економічний блок економіко-математичної моделі перевалювання зерна через морський термінал, що дає можливість визначити раціональні економічні показники ефективного функціонування морського зернового терміналу.

Надходження до терміналу зерна залізницею та відвантаження його на морські судна здійснюється через зерновий термінал, в результаті чого створюються черги як на розвантаження вагонів, що надійшли до терміналу, так і суден, що очікують навантаження зерном в морському порту.

Таким чином, виникають непередбачені витрати, що обумовлюється чергами, які виникають. Все це знижує ефективність роботи морського зернового терміналу і потребує детального вивчення можливих станів системи перевалки зерна з метою визначення такої ситуації, яка б сприяла отриманню найбільших прибутків від роботи терміналу.

З цією метою наведемо формули переобчислення накопичених автоматів характеристик системи перевалювання зерна через морський термінал на проміжку  $T(t_1)$ , тобто на достатньо довгому інтервалі  $T$  моделювання системи з приєднанням поточного вузлового інтервалу  $X(t_1)$  моде-

лювання між вузловими моментами  $t_0$  та  $t_1$  при відомому значенні цих автоматів на момент  $T(t_0)$ .

Формула обчислення накопиченого доходу морського зернового терміналу на момент  $T(t_1)$ , який отримано за рахунок проведення розвантажувальних робіт на коліях вивантаження; вантажних робіт на причалі, а також за рахунок зберігання зерна в терміналі на протязі проміжку  $T(t_1)$  буде мати вид:

$$\begin{aligned} ДТ(T(t_1)) = & ДТ(T(t_0)) + \sum_{i \in \{\Gamma(t_1)\}} y_i^{(3)}(t_1) \cdot V_i^{(2)*} \cdot TAR^{(2)} \cdot X(t_1) + \\ & + y^{(4)}(t_1) \cdot R\{V_l^{(5)}(t_1), l^{(5)}(t_1)\} \cdot TAR^{(4)} \cdot X(t_1) + V^{(3)}(t_1) \cdot TAR^{(3)} \cdot X(t_1), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $ДТ(T(t_1))$  - накопичений дохід терміналу на момент  $T(t_1)$

$ДТ(T(t_0))$  - накопичений дохід терміналу на момент  $T(t_0)$

$y_i^{(3)}(t_1)$  - в момент  $t_1$  закінчилося вивантаження партії зерна з  $i$ -ої під'їзної колії в елеватор;

$V_i^{(2)*}$  - директивний обсяг партії зерна на  $i$ -й під'їзній колії;

$TAR^{(2)}$  - норма тарифу за розвантаження 1 т зерна в одиницю часу з однієї ПК під'їзної колії;

$y_i^{(4)}(t_1)$  - в момент  $t_1$  закінчилося навантаження зерна із елеватора в першочергове судно, що обслуговується;

$R$  - оператор порівняння послідовностей;

$V_l^{(5)}(t_1)$  - обсяг зерна, який необхідно навантажити на  $l$ -е судно в момент  $t_1$ ;

$l^{(5)}(t_1)$  - номер першочергового судна на причалі під навантаженням, або в очікуванні навантаження, в момент  $t_1$ ;

$TAR^{(4)}$  - норма тарифу за навантаження 1 т зерна в одиницю часу на першочергове судно;

$V^{(3)}(t_1)$  - обсяг зерна в терміналі в момент  $t_1$ ;

$TAR^{(3)}$  - норма тарифу за схоронність 1 т зерна в одиницю часу в терміналі;

Формула визначення накопиченого значення обсягів надійшовшого зерна в партіях на вхід і відправленого зерна в судах має вид:

$$V^{(1)}(T(t_1)) = V^{(1)}(T(t_0)) + \vartheta_{N+1}^{(1)}(t_1) \cdot y^{(1)}(t_1);$$

$$S^{(4)}(T(t_1)) = S^{(4)}(T(t_0)) + R\{V_l^{(5)}(t_1), l^{(5)}(t_0)\} \cdot y^{(4)}(t_1), \quad (2)$$

де  $V^{(1)}(T(t_1))$  - накопичений обсяг надходження зерна на вхід за період моделювання  $T(t_1)$ ;

$V^{(1)}(T(t_0))$  - накопичений обсяг надходження зерна на вхід на початок моделювання  $T(t_0)$ ;

- $\vartheta_{N+1}^{(1)}(t_1)$  - обсяг надійшовшого в момент  $t_1$  на вхід партії зерна;  
 $y^{(1)}(t_1)$  - в момент  $t_1$  на вхід системи надходить партія зерна;  
 $S^{(4)}(T(t_1))$  - накопичений обсяг відправлення зерна в судах за період моделювання  $T(t_1)$ ;  
 $S^{(4)}(T(t_0))$  - накопичений обсяг відправлення зерна в судах на початок моделювання  $T(t_0)$ ;  
 $l^{(5)}(t_0)$  - номер першочергового судна на причалі під навантаженням, або в очікуванні навантаження.

Формула накопичених витрат терміналу внаслідок наднормативних простоїв зерна на коліях вивантаження:

$$P^{(2)}(T(t_1)) = P^{(2)}(T(t_0)) + \sum_{i \in \Gamma(t_1)} (1 - \delta[t_i^{(оу)3}(t_0), -1]) \cdot (1 - y_i^{(3)}(t_1)) \cdot \vartheta_i^{(2)}(t_1) \cdot (1 - a^{(3)}(t_1)) \cdot X(t_1) \cdot E^{(2)}, \quad (3)$$

де  $P^{(2)}(T(t_1))$  - накопичені витрати терміналу в наслідок наднормативного простою зерна на під'їзних коліях вивантаження;

$P^{(2)}(T(t_0))$  - накопичені витрати терміналу на момент  $T(t_0)$  моделювання в наслідок наднормативного простою зерна на під'їзних коліях вивантаження;

$t_i^{(оу)3}(t_0)$  - накопичений час простою  $i$ -ї під'їзної колії, на якій знаходиться вантаж через недостатній вільний обсяг елеватора в момент  $t_0$ ;

$\vartheta_i^{(2)}(t_1)$  - залишковий, невивантажений обсяг зерна на  $i$ -й під'їзній колії в момент  $t_1$ ;

$a^{(3)}(t_1)$  - індикатор можливості вивантаження зерна в елеватор з під'їзних колій на протязі поточного вузлового інтервалу  $X(t_1)$ ;

$E^{(2)}$  - добові витрати за наднормативний простою 1 т зерна на під'їзних коліях вивантаження.

Формула накопичених витрат за вимушені простої суден під навантаженням внаслідок відсутності зерна на елеваторі (або недостатнього обсягу зерна для навантаження):

$$P^{(4)}(T(t_1)) = P^{(4)}(T(t_0)) + a^{(4)}(t_1) \cdot (1 - \delta[V_i^{(5)}(t_1), \vartheta_i^{(5)+}(t_1)]) \cdot \delta[c^{(4)}(t_0)] \cdot \delta[l, l^{(5)}(t_1)] \cdot \vartheta_i^{(5)+}(t_1) \cdot X(t_1) \cdot E^{(4)}, \quad (4)$$

де  $P^{(4)}(T(t_1))$  - накопичені витрати внаслідок вимушеного простою суден під навантаженням із-за недоліку зерна на елеваторі на момент моделювання  $T(t_1)$ ;

$P^{(4)}(T(t_0))$  - накопичені витрати внаслідок вимушеного простою суден під навантаженням із-за недоліку зерна на елеваторі на початок моделювання  $T(t_0)$ ;

$a^{(4)}(t_1)$  - індикатор, який фіксує факт продовження навантаження зерна в першочергове судно в момент  $t_1$ ;

$V_l^{(5)}(t_1)$  - обсяг зерна, який необхідно навантажити на  $l$ -е судно в момент  $t_1$ ;

$\vartheta_l^{(5)+}(t_1)$  - наповнення першочергового судна в момент  $t_1$

$c^{(4)}(t_0)$  - залишковий час до закінчення завантаження зерном першочергового судна на момент  $t_0$ ;

$l$ - номер судна;

$l^{(5)}(t_1)$  - номер першочергового судна на причалі під навантаженням, або в очікуванні навантаження в момент  $t_1$ ;

$E^{(4)}$  - добові витрати за вимушений простої першочергового судна під навантаженням.

Формула накопичених за період  $T(t_1)$  витрат терміналу за простої суден в черзі для навантаження буде мати вид:

$$P^{(5)}(T(t_1)) = P^{(5)}(T(t_0)) + \sum_{l \in \{L^{(5)}(t_1)\}} (1 - \delta[t_l^{(оч)}(t_0), -1]) \cdot X(t_1) \cdot E^{(5)}, \quad (5)$$

де  $P^{(5)}(T(t_1))$  - накопичені витрати внаслідок вимушеного простою суден під навантаженням із-за недоліку зерна на елеваторі за період  $T(t_1)$ ;

$P^{(5)}(T(t_0))$  - накопичені витрати внаслідок вимушеного простою суден під навантаженням із-за недоліку зерна на елеваторі за період  $T(t_0)$ ;

$L^{(5)}(t_1)$  - послідовність номерів суден в черзі;

$t_l^{(оч)}(t_0)$  - накопичений час очікування  $l$ -м судном в порту початку операції навантаження зерна на момент  $t_0$ ;

$E^{(5)}$  - добові витрати за вимушений простої судна в порту.

Автомати, які усереднюють автомати накопичення (1)-(5) за період моделювання  $T(t_1)$ :

$$dDT(T(t_1)) = DT(T(t_1)):T(t_1); \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} dS^{(4)}(T(t_1)) &= S^{(4)}(T(t_1)):T(t_1); \\ dV^{(1)}(T(t_1)) &= V^{(1)}(T(t_1)):T(t_1); \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$dP^{(2)}(T(t_1)) = P^{(2)}(T(t_1)):T(t_1); \quad (8)$$

$$dP^{(4)}(T(t_1)) = P^{(4)}(T(t_1)):T(t_1); \quad (9)$$

$$dP^{(5)}(T(t_1)) = P^{(5)}(T(t_1)):T(t_1); \quad (10)$$

де  $dDT(T(t_1))$  - усереднений дохід терміналу;

$dS^{(4)}(T(t_1))$  - усереднений обсяг відправлення зерна;

$dV^{(1)}(T(t_1))$  - усереднений обсяг надходження зерна на вхід;

$dP^{(2)}(T(t_1))$  - усереднені витрати терміналу внаслідок простою під'їзних коліях в навантаженому стані;

$dP^{(4)}(T(t_1))$  - усереднені витрати терміналу внаслідок вимушених простоїв суден під навантаженням;

$dP^{(5)}(T(t_1))$  - усереднені витрати терміналу внаслідок простоїв в черзі під навантаження.

Формула визначення усереднених сумарних витрат терміналу має вигляд:

$$dPT(T(t_1)) = dP^{(2)}(T(t_1)) + dP^{(4)}(T(t_1)) + dP^{(5)}(T(t_1)). \quad (11)$$

Функція цілі системи перевалювання зерна через термінал розглядається як усереднений приведений прибуток терміналу, яка пов'язана в доходній частині з доходом від перевалки зерна через термінал в процесі розвантаження зерна з під'їзних колій в елеватор, зберігання зерна в елеваторі і навантаження зерна з елеватора в судна в порядку черги надходження їх в порт (6), а також з сумарними витратами терміналу (11) в зв'язку із наднормативними простоями: партій зерна на під'їзних коліях, суден під навантаженням і суден в черзі, коли очікують початку навантаження. Функція цілі отримана шляхом усереднення сумарних накопичених доходів та витрат за період моделювання  $T(t_1)$ , що забезпечує входження процесу в стаціонарний режим і приведена до 1 т зерна. Таким чином, отримуємо добовий прибуток терміналу в результаті перевалки 1 т зерна.

В витратну частину функції цілі включені добові приведені витрати, які представляють собою суму експлуатаційних витрат по певному варіанту кількості під'їзних колій ( $\mathcal{E}(I^q)$ ) плюс ту частину одноразових витрат на розвиток під'їзних колій ( $EK^{(q)}$ ), яка підлягає щорічній компенсації за рахунок скорочення експлуатаційних витрат з тим, щоб повна компенсація додаткових капітальних витрат відбулася за строк окупаємості  $T^*$ , тобто суму необхідно поділити на 365 діб.

Тоді функцією цілі буде:

$$dПП(T(t_1)) = \{dДТ(T(t_1)) - dPT(T(t_1)) - EK^{(q)} + \mathcal{E}(I^q)\} : 365 : dS^{(4)}(T(t_1)), \quad (12)$$

де  $q$  – варіант розвитку під'їзних колій.

Сутність задачі полягає у визначенні такої стратегії функціонування терміналу, при якій максимізується його прибуток (12), тобто

$$dПП(T(t_1)) \rightarrow \max$$

при виконанні нерівності  $dV^{(1)}(T(t_1)) \leq dS^{(4)}(T(t_1))$ .

Описаний економічний блок математичної моделі перевалювання зерна є завершальним етапом моделювання визначення характеристик ефективного функціонування морського терміналу.

#### Література

- 
1. Лука О.В. Україна на світовому ринку агропромислової продукції // Економіка АПК. – 2003. - № 11. – с. 114.
  2. Слободян І.А. Економіко-математична модель перевалювання зерна через морський термінал // Залізничний транспорт. – 2006. - №4. - с. 27-31.