

зобов'язанням доставити вантаж у порт призначення і видати його законному власникові коносаменту. Є одним з основних документів, що застосовуються при митному оформленні та митному контролі товарів, що переміщуються морським транспортом.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гаджинский А.М. Логістика: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - 12-е изд., Перераб. і доп. - М.: Видавничо-торгова корпорація «Дашков і К», 2006.
2. Неруш Ю.М. Логістика: Учеб. для вузів. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
3. Транспортна логістика: Підручник / За заг. Ред. Л.Б. Миротина. - 2-е вид., Стереотип. - М.: Видавництво «Іспит», 2005.
4. Соколов В. Транспортно-експедиційне обслуговування // Логінфо. - 2006. - № 11.
5. Тітюхін Д. Сморгчов І. Основні тренди в становленні ринку логістичних послуг // Логінфо. - 2007. - № 12.

**Фришев Сергій**

д.т.н., професор кафедри агроінженерії

**Махмудов Ілхом**

к.т.н., старший викладач кафедри транспортних технологій  
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

м. Ніжин

Україна

### **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Отримано економіко-математичні (економетричні) моделі, що дозволяють здійснити розрахунок і прогнозування системних показників для ефективних технологій збирання та транспортування зерна. Розроблено методику визначення рекомендації щодо застосування варіанту ефективної перевантажувальної технології.

Аналіз традиційної технології збирання та транспортування зерна із застосуванням прямих автоперевезень від комбайнів вказує на наявність високих витрат ресурсів, пов'язаних насамперед з простоями зернозбиральних комбайнів (ЗК) в очікуванні розвантаження зерна з бункера, а також з простоями на завантаження транспортних засобів. Суттєвим негативним фактором є також ущільнення ґрунту поля колесами великовантажних автомобілів.

З метою зменшення цих технологічних недоліків розроблена перевантажувальна технологія перевезення зерна, яка передбачає застосування збирально-транспортного комплексу у складі: 1) ЗК, функціонуючі як транспортно-технологічні засоби, 2) причепи-перевантажувачі (ПП) з тракторами, як міжопераційні компенсатори, 3) великовантажні автотранспортні засоби (АТЗ).

За існуючої різноманітності технічних засобів особливо важливою стає задача вибору найбільш ефективних і практично прийнятних технічних

комплексів, що рекомендуються новими науковими й системно-аналітичними дослідженнями. Тому проблема оптимізації процесів збирання та транспортування зерна від комбайнів, шляхом виявлення закономірностей впливу складу, структури й параметрів технічних засобів комплексу, спрямованих на мінімізацію витрат, є актуальною [1-4].

Дана робота і стосується системного моделювання логістичних схем та синтезу моделей ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до хлібоприймальних пунктів (ХПП) в зернозбиральний період. Цей напрямок досліджень безсумнівно викликаний нагальними потребами практики у сучасних агротехнологіях. Тому проблема оптимізації процесів збирання та транспортування зерна від комбайнів шляхом виявлення закономірностей впливу структури, складу, параметрів технічних засобів комплексу, а також природно-виробничих умов, спрямованих на мінімізацію витрат ресурсів, є актуальною.

**Метою досліджень** є побудова моделі (макета) документа інформаційно-рекомендаційного (консалтингового) характеру стосовно створення технології конструювання транспортно-логістичних схем збирання, перевантаження й перевезення урожаю зернових із гнучкою їх адаптованістю під конкретні агротехнічні, технічні, природно-виробничі, економічні та інші численні умови в період їх збирання.

**Результати досліджень.** Збирально-транспортний процес функціонує як динамічна система в заданих структурних і просторово-часових межах. Його дослідження пов'язане насамперед з обґрунтуванням характеристик, що відображають властивості і умови протікання процесу і складових його операцій, їх зв'язку і мінливість.

Проблема конструювання моделі розглянутої логістичної технології як складної системи і формулювання критеріїв її ефективності нами вирішувалася за допомогою методології системного аналізу і зокрема з використанням індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень та математичного моделювання складних систем.

Вихідні дані системних інформаційно-аналітичних досліджень (кількісні характеристики техніко-експлуатаційних показників машин збирально-транспортного комплексу) для моделювання були отримані в ході польових досліджень (хронометражу) під час збору врожаю зерна з використанням перевантажувальної технології в господарствах Миколаївської, Київської та Чернігівської областей. Під час досліджень досліджень оцінювався широкий спектр сучасної вітчизняної техніки, техніки країн СНД та країн далекого зарубіжжя. У ході виконання проекту синтезу гнучких збирально-транспортних технологічних процесів (ЗТТП) створений і застосований первинний інформаційний базис (табл.1), в який були включені і класифіковані за групами основні параметри.

Результатом системно-аналітичних досліджень проблеми у рамках даної науково-дослідницької роботи став певний варіантний макет документа інформаційно-рекомендаційного (консалтингового) характеру.

Таблиця 1 - Первинний інформаційний базис у проекті синтезу гнучких ЗТПП

Група (№, назва)	№ парам	Умовне позн.	Назва параметра й одиниця виміру	Значення параметрів певних рівнів		
				1	2	3
<b>I.</b> Зернозбиральний комбайн	1	$W_k$	номінальна продуктивність, т/год.	7	12	17
	2	$N_k$	потужність двигуна, кВт	103	154	245
	3	$C_k$	вартість комбайна, тис. грн.	602,34	1076	1433
	4	$V_k$	місткість/вантажність по пшениці зернового бункера, м <sup>3</sup>	3/2,25	6/4,5	10,5
	5	$W_{шк}$	продуктивність вивантаж шнека, т/год.	45	194	325
<b>II.</b> Причеп-перевантажувач та трактор	1	$V_{п}$	Місткість/вантажність/ причепа-перевантажувача, м <sup>3</sup> /т	20/15	30/22,5	40/30
	2	$C_{пп}$	вартість причепа, тис. грн.	215	356	550
	3	$W_{шп}$	продуктивність вивант. шнека, т/год	180	270	360
	4	$N_{пп}$	потужність двигуна трактора, кВт	90	150	190
	5	$C_{тр}$	вартість трактора, тис. грн.	768	1280	1621
<b>III.</b> Авто-мобільн. Т.З.	1	$Q_a$	вантажопідйомність автомобіля, т	15	22,5	30
	2	$Q_n$	нормативні витрати палива, л/100 км	47	50	52
	3	$C_a$	вартість автомобіля, грн.	604	760	804
	4	$v_a$	технічна швидкість руху автомобіля, км/год	30	40	50
	5	$T_{ра}$	час розвант. у прийм. пункті, год	0,1	0,3	0,5
<b>IV.</b> Природно-виробничі умови	1	$K_{пр}$	коефіцієнт складності природно-виробничих умов	1,0	0,9	0,8
	2	$T_{агр}$	агротерміни (період збирання), дні	10	12	14
	3	$U$	урожайність, т/га	3	5	7
	4	$S$	площа поля, га	500	1500	2500
	5	$l$	відстань (плече) перевезень, км	5	10	15

Примітка: прийнятий курс долара США до гривні: 8,0.

Такий консалтинговий документ націлений на допомогу особі, що приймає рішення (ОПР) у конкретних умовах для вибору оптимальних транспортно-логістичних схем (ланцюгів) з метою найефективнішого виконання етапів збирання й транспортування урожаю до ХПП. У процесі конструювання оптимальних інформаційних базисів для побудови логістичних технологій зернозбиральних комплексів були використані науково-аналітичні висновки попередніх досліджень з цих питань [5,6].

Оскільки логістична технологія розглядається нами як складна система, проблему конструювання такої технології й формулювання критеріїв її ефективності передбачається вирішувати за допомогою методології системного аналізу [5] й зокрема з використанням індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень (ІТ СІАД). На стадіях моделювання, зокрема класифікації технологій, побудови статистичних та економетричних

моделей були застосовані сучасні методи індуктивного моделювання складних систем, описаних у численній науковій літературі, зокрема [5-6].

Одним із ефективних інструментів такого підходу саме до створення вказаного типу документа є індуктивна технологія системних інформаційно-аналітичних досліджень (ІТ СІАД) [5], у якій застосовані головні принципи теорії індуктивного моделювання складних систем [6].

Збирально-транспортний процес функціонує як динамічна система в заданих структурних і просторово-часових межах. Її дослідження пов'язане насамперед з обґрунтуванням характеристик і змінних, що відображають властивості і умови протікання процесу і складових його операцій, їх зв'язки і мінливість.

Одна з головних відмінних рис роботи – програвання значної кількості варіантів процесу на моделях з попередніми розширеним експериментальним аналізом властивостей і взаємозв'язків його елементів (середовища, продукту, машин, виконавців).

З метою відображення спектру умов і схем роботи та вивчення впливу факторів в моделі варіюють: склад групи комбайнів  $m_k$ , причепів-перевантажувачів  $n_p$  і автомобілів  $n_a$ , вантажопідйомність ПП  $q_p$  та АТЗ  $q_a$ , відстань перевезення  $l$ , урожайність  $U$ , конструктивна місткість бункера комбайна  $W_k$ , номінальна продуктивність ЗК  $W_{кр}$ , спосіб розвантаження зерна з бункера та ін.

При розробці моделей та описі в них процесу враховано також дію чинників, що впливають на режими і собівартість процесу (варіювання величини урожаю на ділянці поля, дорожніх умов, надійності роботи машин, техніко-експлуатаційних показників і економічних параметрів машин та ін.). При такій типізації загальна сукупність умов функціонування збирально-транспортних процесів статистично розділена на ряд класів, для кожного з яких властиві свої закономірності взаємозв'язку елементів, вихідні характеристики і, як наслідок, форма опису в моделі. Один з найбільш важливих і широких таких класів обраний для поглибленого дослідження процесу на моделі; він названий областю типових умов (процесів).

При конструюванні такої моделі введено ряд якісних і кількісних передумов, встановлених на підставі досвіду тривалих натурних спостережень і розрахунків: про квазі-стаціонарність тимчасових елементів процесу; про їх статистичну близькість для однотипних машин групи (виключення досліджуються особливо); про характерні межі мінливості в середньому вихідних випадкових чинників.

На підставі системного імітаційного моделювання логістичних схем із застосуванням індуктивного підходу нами синтезовані економетричні моделі ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів. Такі моделі найкращим (оптимальним з позицій критерію точності апроксимації) чином відображали зв'язок досліджуваних технологічних процесів транспортування зерна з економічними показниками при конкретних

технологічних, фінансових, природно-кліматичних, організаційних та інших умовах. [5-6].

Критерієм оптимальності і, відповідно вибору кращого рішення (технологічного варіанту), обраний інтегральний показник - сукупний рівень витрат того чи іншого варіанта логістичної технології збирання та транспортування зерна від комбайнів у гривнях на 1 тону зерна. При застосуванні комплексу машин з використанням перевантажувальної технології сукупні грошові витрати  $E_{ПЕР}$  на збирання і транспортування однієї тонни зерна визначалися як

$$E_{ПЕР} = S_{ПЕР} + K_{ПЕР} \cdot E_H, \text{ грн./т,} \quad (1)$$

де  $K_{ПЕР}$  – питомі інвестиційні вкладення (грн./т) зерна в комплекс машин для перевантажувальної технології;

$S_{ПЕР}$  - прямі експлуатаційні витрати для перевантажувальної технології;

$E_H = 0,15$  – нормативний коефіцієнт.

Результатом роботи є синтезована модель М1, яка за потужністю ансамблю інформаційних факторів, з одного боку, і кількістю варіантів технологічних ланцюгів, з іншого, є потужною за об'єктивними умовами формування оптимального інформаційного базису [5-6]. Ця модель представлена наступним чином:

$$E_{ПЕР} = 362,266 - 6,456W_k + 1,042Q_n - 1,070Q_a - 0,545V_a + 4,451T_{pa} - 1,627U - 0,013S - 6,540T + 2,396L \quad (2)$$

де -  $W_k$  - продуктивність ЗК, т / год;

-  $Q_n$  - вантажопідйомність ПП, т;

-  $Q_a$  - вантажопідйомність АТС, т;

-  $V_a$ -технічна швидкість АТС, км / ч.;

-  $T_{pa}$  - тривалість перебування АТС на хлібоприймальному пункті, год;

-  $U$  - врожайність зернових культур, т / га;

-  $S$  - площа збирання зернових культур, га;

-  $T$  - тривалість роботи ЗК в день, ч.;

-  $L$  - відстань перевезення зерна від поля до хлібоприймального пункту, км.

Середня помилка апроксимації моделі М1 не перевищувала 9,7 в абсолютних величинах і 5,5% у відносних. Це вказує на високий рівень адекватності даної моделі. Така модель може претендувати на своє місце в комп'ютерному модулі реальної консалтингової системи. Модель М1, незважаючи на свою складність, найбільш прийнятна для практичного застосування у відборі варіантів логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів.

Для порівняльної оцінки перевантажувальної технології із базовою – прямими перевезеннями зерна синтезована модель М2. Основною відмінністю моделі М2 від попередньої моделі у тому, що модель М2 відображає технологію прямих перевезень і оціночним критерієм обраний інтегральний показник – сукупні витрати на 1 тону зерна від застосування комплексу машин з використанням прямих перевезень, які визначено за формулою:

$$П_{II} = S_{III} + K_{II} \cdot E_H, \quad (3)$$

де  $K_{II}$  – питомі інвестиційні вкладення грн./т зерна в комплекс машин для прямих перевезень;

$S_{III}$  - прями експлуатаційні витрати для прямих перевезень.

Модель M2 представлена наступним чином:

$$E_{III} = 1022,615 + 23,320W_k - 11,964Q_a - 0,891V_a - 40,102T_{pa} - 59,761U - 0,274S + 14,590T + 12,662L \quad (4)$$

Середня похибка апроксимації моделі M2 не перевищувала 9,8 в абсолютних величинах і 5,6% у відносних.

Блок моделювання та візуалізації результатів консалтингової комп'ютерно-інтегрованої системи сукупних витрат з прикладом результату моделювання (для перевантажувальної технології і для прямих перевезень) представлений на рис. 1. Сукупні витрати для заданих у прикладі умов стосовно до варіанту перевантажувальної технології склали 205,59 грн. / т, а для варіанту прямих перевезень 305,59 грн / т. Економічний ефект від впровадження нової технології в порівнянні з прямими перевезеннями визначається різницею розрахованих витрат: 100 грн. / т.

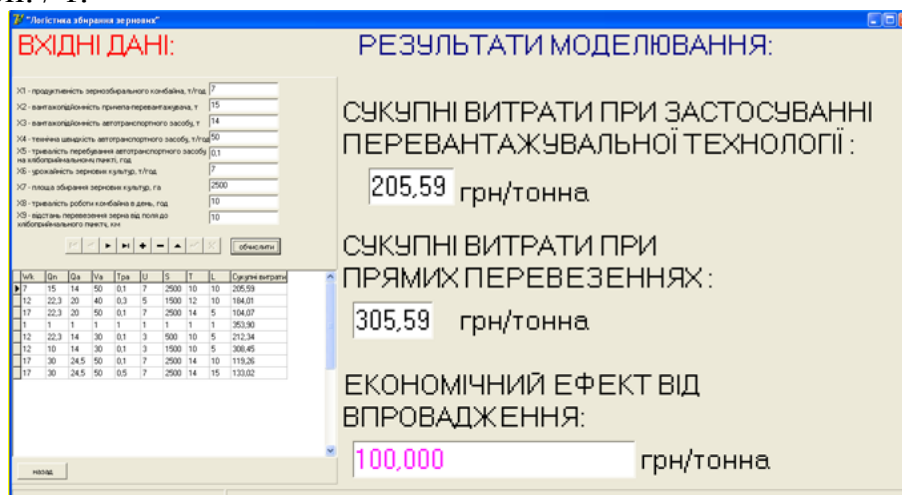


Рис. 1 Блок моделювання та візуалізації результатів консалтингової комп'ютерно-інтегрованої системи сукупних витрат

При використанні результатів досліджень для визначення варіанту ефективною перевантажувальної технології під час збирання і перевезення зерна доцільно виконувати наступну послідовність операцій:

- 1) визначаються сукупні витрати для трьох техніко-технологічних варіантів з послідовним застосуванням груп машин відповідних трьох рівнів первинного інформаційного базису в проекті синтезу гнучких технологічних процесів (табл. 1) із застосуванням моделі M1;
- 2) виконується вартісний аналіз сукупних витрат і вибір варіанту з найменшими витратами;
- 3) у відповідності з обраним рівнем параметрів машин підбирається кілька конкретних комплексів машин. Для цих комплексів машин виконується за

допомогою моделювання (М1) порівняльний аналіз сукупних витрат і потім робиться вибір конкретного варіанту з найменшими витратами;

4) аналогічно з перерахованими п.п. 1-3 визначається комплекс машин з мінімальними сукупними витратами для прямих перевезень зерна з поля - моделювання з використанням моделі М2;

5) визначається порівняльний економічний ефект від застосування перевантажувальної технології як різниця сукупних витрат для технологічних варіантів, які порівнюються;

6) на підставі отриманих даних формуються рекомендації.

На основі аналізу збирально-транспортного процесу як складної системи, розроблено економіко-математичні (економетричні) моделі, що дозволяють здійснити розрахунок і прогнозування системних показників, а також синтез і оптимізацію транспортних ланцюгів. Розроблено методіку визначення варіанту ефективної перевантажувальної технології для збирання та перевезення зерна від ЗК, що дозволяє оптимізувати склад комплексу машин і мінімізувати сукупні витрати.

#### **Список використаних джерел**

1. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. /А.Ю. Измайлов // Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК.— М. ФГНУ «Рос-информатех», 2007. — 200 с.

2. Фришев С.Г. Методика розрахунку параметрів сучасного збирально-транспортного процесу зерна /С.Г. Фришев, С.І. Козупиця //Науковий вісник НУБіП України . - К., 2009. Вип.134 ч.2. – С. 103-110.

3. Фришев С.Г. Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга «зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби» / С.Г. Фришев, С.І. Козупиця // Вісник НУБіП України. — К.: 2011. — Вип. 166 ч. 3. — С. 203 — 211.

4. Фришев С.Г. Аналіз транспортно-виробничого процесу під час збирання зерна / С.Г. Фришев, С.І. Козупиця // Вісник Харківського навчального технічного університету. — 2010. — Вип. 12 (т. 24). — С. 56 — 61.

5. Осипенко В.В. Системно-аналітичний підхід до синтезу логістичних процесів збирання та транспортування зерна / В.В. Осипенко, С.Г. Фришев, С.І. Козупиця, // Вісник НУБіП України. — 2012. — Вип. 170.ч.2 — С. 220-230.

6. Осипенко В.В. Консалтингова підтримка ефективних технологій транспортування зерна в колективних господарствах у зернозбиральний період / В.В. Осипенко, С.Г. Фришев, С.І. Козупиця, М.В. Сенчев// Вісник НУБіП України. — 2012. — Вип. 170.ч.2 — С. 214-222.