

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗЕРНА ОТ КОМБАЙНОВ

*Сергей Фрышев*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

*Sergey Fryshev*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Получены экономико-математические (эконометрические) модели, позволяющие осуществить расчет и прогнозирование системных показателей для эффективных технологий уборки и транспортировки зерна. Разработана методика определения рекомендации по применению варианта эффективной перегрузочной технологии.

**Ключевые слова:** зерноуборочные комбайны, тракторные прицепы-перегрузчики, эффективность, модели, рекомендации.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Анализ традиционной технологии уборки и транспортировки зерна с применением прямых автомобильных перевозок от комбайнов указывает на наличие высоких затрат ресурсов, связанных прежде всего с простоями зерноуборочных комбайнов (ЗК) в ожидании разгрузки зерна из бункера, а также с простоями на загрузку транспортных средств.

Для сокращения указанных простоев разработана перегрузочная технология перевозки зерна, которая предусматривает применение уборочно-транспортного комплекса в составе: 1) ЗК, функционирующие как транспортно-технологические средства; 2) прицепы-перегрузчики (ПП) с тракторами, как межоперационные компенсаторы, 3) большегрузные автотранспортные средства (АТС). При существующем разнообразии технических средств особенно важной становится задача выбора наиболее эффективных и практически приемлемых технических комплексов, рекомендуемых новыми научными системно-аналитическими исследованиями. Поэтому проблема оптимизации процессов уборки и транспортировки зерна

от комбайнов, путем выявления закономерностей влияния структуры, состава, параметров технических средств комплекса, а также природо-производственных условий, направленных на минимизацию расходов ресурсов, является актуальной.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние 10-15 лет в нашей стране и в Российской Федерации (РФ) проведено ряд научно-исследовательских работ по изучению перегрузочной технологии с применением мобильных межоперационных компенсаторов: ПП и сменных кузовов. В работах А.Ю. Измайлова, Н.Е. Евтюшенкова, А.И. Бурьянова (РФ) [1] проведен анализ уборочно-транспортных процессов, главным образом с применением сменных кузовов и контейнеров, а в работе В.И. Кравчука и Л.В. Погорелого изложены данные результатов экспериментальных исследований работы ПП. Исследования, выполненные в НУ-БиП Украины и представленные в работах [2-4], направлены на обоснование структуры транспортно-технологических уборочно-транспортных комплексов с применением ПП и параметров отдельных машин. В тоже время важным вопросом является оптимизация эффективности технологий уборки и транспортировки зерна в зависимости от конкретной ситуации в хозяйстве с учетом многообразия влияющих на эффективность технических, технологических и природно-климатических факторов [5-20].

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является повышение эффективности уборочно-транспортного про-

цесса путем определения рациональной структуры и состава комплекса машин.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Уборочно-транспортный процесс функционирует как динамическая система в заданных структурных и пространственно-временных пределах. Его исследование связано прежде всего с обоснованием характеристик, отражающих свойства и условия протекания процесса и составляющих его операций, их связи и изменчивость.

Проблема конструирования модели рассматриваемой логистической технологии как сложной системы и формулировка критериев ее эффективности нами решалась с помощью методологии системного анализа и в частности с использованием индуктивных технологий системных информационно-аналитических исследований и математического моделирования сложных систем.

Исходные данные системных информационно-аналитических исследований (количественные характеристики технико-эксплуатационных показателей машин уборочно-транспортного комплекса) для моделирования были получены в ходе полевых исследований (хронометража) во время сбора урожая зерна с использованием перегрузочной технологии в хозяйствах Николаевской, Киевской и Черниговской областей в 2010-2012 годах. В ходе исследований оценивался широкий спектр современной отечественной техники, техники стран СНГ и стран дальнего зарубежья. В ходе выполнения проекта синтеза гибких уборочно-транспортных технологических процессов (УТП) создан и применен первичный информационный базис (табл. 1), в который были включены и классифицированы по группам основные параметры.

На основании системного имитационного моделирования логистических схем с применением индуктивного подхода нами синтезированы эконометрические модели эффективных технологий транспортировки зерна от комбайнов к приемным пунктам. Такие модели наилучшим (оптимальным с позиций критерия точности аппроксимации) образом отражали связь исследуемых технологических процессов транспортировки зерна с

экономическими показателям при конкретных технологических, финансовых, природно-климатических, организационных и других условиях [5-6].

Критерием оптимальности и, соответственно выбора лучшего решения (технологического варианта), выбран интегральный показатель - совокупный уровень затрат того или иного варианта логистической технологии уборки и транспортировки зерна от комбайнов в гривнах на 1 тонну зерна –  $E_{\text{пм}}$ , грн./т.

Результатом работы являются следующие синтезированные модели М1 и М2. Модель М1, которая по мощности ансамбля информационных факторов, с одной стороны, и количеством вариантов технологических цепей, с другой, является мощной по объективным условиям формирования оптимального информационного базиса [5-6]. Эта модель представлена следующим образом:

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

где:  $W_k$  – производительность ЗК, т / ч;  $Q_n$  – грузоподъемность ПП, т;  $Q_a$  – грузоподъемность АТС, т;  $V_a$  – техническая скорость АТС, км / ч.;  $T_{\text{pa}}$  – продолжительность пребывания АТС на хлебоприемном пункте, ч;  $U$  – урожайность зерновых культур, т / га;  $S$  – площадь уборки зерновых культур, га;  $T$  – продолжительность работы ЗК в день, ч.;  $L$  – расстояние перевозки зерна от поля до хлебоприемного пункта, км.

Средняя ошибка аппроксимации модели М1 не превышала 9,7 в абсолютных величинах и 5,5% в относительных. Это указывает на высокий уровень адекватности данной модели. Такая модель может претендовать на свое место в компьютерном модуле реальной консалтинговой системы.

Модель М1, несмотря на свою сложность, наиболее приемлема для практического применения в отборе вариантов логистических технологий транспортировки зерна от комбайнов.

Основным отличием модели М2 от предыдущей модели, в том, что модель М2 отражает технологию прямых перевозок (без перегрузки). Очевидно, что совокупные затраты в такой технологии оказались более значимыми, чем в предыдущих вариантах с перегрузкой.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗЕРНА  
ОТ КОМБАЙНОВ

**Таблица 1.** – Первичный информационный базис

**Table 1.** – Primary information basis

Группа (№, назв.)	№ па- рам в группе	Условн. обозн.	Название параметра и единица измерения	Значение параметров определенных уровней		
				1	2	3
<b>I.</b> Зерноубо- рочный комбайн	1	$W_k$	номин. производи- тельность, т/ч.	7	12	17
	2	$N_k$	мощность двигателя, кВт	103	154	245
	3	$C_k$	стоимость комбайна, тыс. грн.	602,3 4	1076	1433
	4	$V_k$	объем / грузоподъем- ность зернового бун- кера (по пшенице) $m^3/t$	3/2,25	6/4,5	10,5
	5	$W_{шк}$	произв. выгрузного шнека, т/ч.	45	194	325
<b>II.</b> При- цеп- перегруз- чик и трактор	1	$V_n$	объем/грузоподъемн ПП, $m^3/t$	20/15	30/22,5	40/30
	2	$C_{mn}$	стоимость ПП, тыс. грн.	215	356	550
	3	$W_{шн}$	производительность выгрузн. шнека, т/ч	180	270	360
	4	$N_{mn}$	мощность двигателя трактора, кВт	90	150	190
	5	$C_{тр}$	стоимость трактора, тыс. грн.	768	1280	1621
<b>III.</b> Авто- мобильн. Т.З.	1	$g_a$	грузоподъемность ав- томобиля, т	15	22,5	30
	2	$Q_n$	нормативн расход то- плива, л/100 км	47	50	52
	3	$C_a$	стоимость автомоби- ля, тыс.грн.	604	760	804
	4	$v_a$	техническая скорость движения автомоби- ля, км/ч	30	40	50
	5		время розгрузки в приемном пункте	0,1	0,3	0,5
<b>IV.</b> При- родно- производ- ственные условия	1	$K_{пр}$	коэффициент слож- ности природно- про- изводств условий	1,0	0,9	0,8
	2	$T_{agr}$	агросрок (период уборки), дни	10	12	14
	3	$U$	урожайность, т/га	3	5	7
	4	$S$	площадь поля, га	500	1500	2500
	5	$l$	расстояние перевоз- ки, км	5	10	15

Модель M2 представлена следующим образом:

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

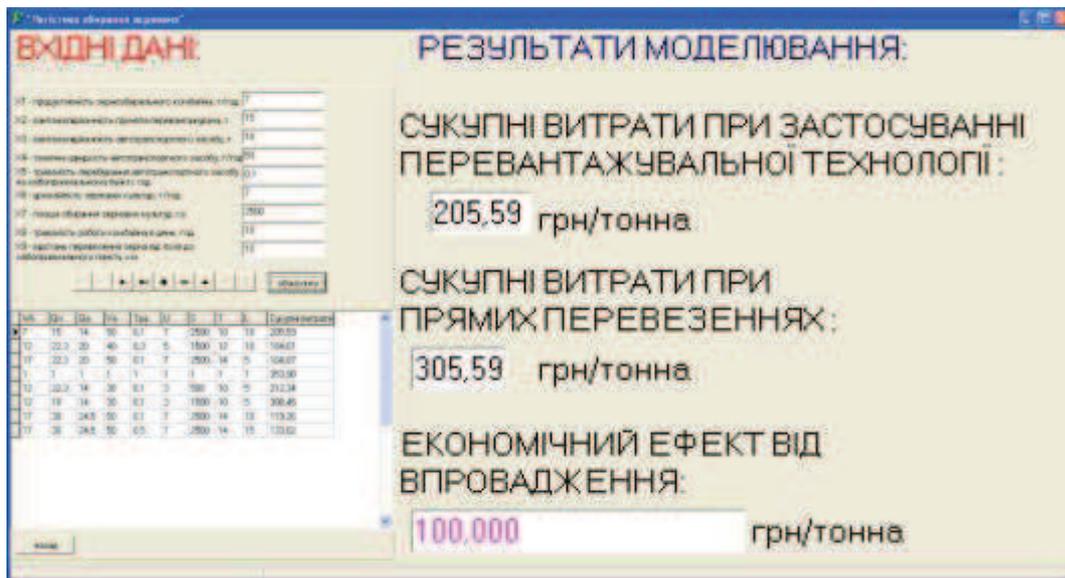


Рис. 1. Блок моделирования и визуализации результатов консалтинговой компьютерно-интегрированной системы совокупных затрат

Fig. 1. Block modeling and visualization of results of consulting computer-integrated system of total costs

Средняя погрешность аппроксимации модели M2 не превышала 9,8 в абсолютных величинах и 5,6% в относительных.

Блок моделирования и визуализации результатов консалтинговой компьютерно-интегрированной системы совокупных затрат с примером результата моделирования (для перегрузочной технологии и для прямых перевозок) представлен на рис. 1. Совокупные затраты для заданных в примере условий применительно к варианту перегрузочной технологии составили 205,59 грн./т, а для варианта прямых перевозок 305,59 грн/т. Экономический эффект от внедрения новой технологии в сравнении с прямыми перевозками определяется разницей рассчитанных затрат: 100 грн./т.

При использовании результатов исследований для определения варианта эффективной перегрузочной технологии во время уборки и перевозки зерна целесообразно выполнять следующую последовательность операций:

1) определение совокупных расходов для трех технико-технологических вариантов с последовательным применением групп машин соответствующих трех уровней первичного информационного базиса в проекте

синтеза гибких технологических процессов (табл. 1) с применением модели M1;

2) стоимостный анализ совокупных расходов и выбор варианта с наименьшими затратами;

3) в соответствии с выбранным уровнем параметров машин подбирается несколько конкретных комплексов машин. Для этих комплексов машин выполняется с помощью моделирования (M1) сравнительный анализ совокупных расходов и затем делается выбор конкретного варианта с наименьшими затратами;

4) аналогично с перечисленными п.п. 1-3 определяется комплекс машин с минимальными совокупными затратами для прямых перевозок зерна с поля - моделирование с использованием модели M2;

5) определяется сравнительный экономический эффект от применения перегрузочной технологии как разница совокупных расходов для технологических вариантов, которые сравниваются;

6) на основании полученных данных формируются рекомендации.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа уборочно-транспортного процесса как сложной системы, разработаны экономико-математические (эконометрические) модели, позволяющие осуществить расчет и прогнозирование системных показателей, а также синтез и оптимизацию транспортных цепей.

2. Разработана методика определения варианта эффективной перегрузочной технологии для уборки и перевозки зерна от ЗК, позволяющая оптимизировать состав комплекса машин и минимизировать совокупные затраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Izmaylov A. Yu. 2007: Tekhnologii i tekhnicheskiye resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK. /A.Yu. Izmaylov // Tekhnologii i tekhnicheskiye resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK. – М. FGNU «Rosinformagrotekh». – 200.

2. Frishev S.G. 2009: Metodika rozrakhunku pa-parametriv suchasnogo zbiralno-transportnogo protsesu zerna /S.G. Frishev, S.I. Kozupitsya //Naukoviy visnik NUBiP Ukraini. – K., Vip.134 ch.2. – 103-110.

3. Frishev S.G. 2011: Vznachennya ratsionalnikh parametriv tekhnologichnogo lantsyuga “ze-rnovi kombayni – prichepiperevantazhuvachi – avtomobilni transportni zasobi” / S.G. Frishev, S.I. Kozupitsya // Visnik NUBiP Ukraini. – K.: – Vip. 166 ch. 3. – 203 – 211.

4. Frishev S.G. 2010: Analiz transportno-virobnichogo protsesu pid chas zbirannya zerna / S.G. Frishev, S.I. Kozupitsya // Visnik Khar'kivskogo navchalnogo tekhnichnogo universitetu. – Vip. 12 (t. 24). – 56– 61.

5. Osipenko V.V. 2012: Sistemno-analitchniy pidkhid do sintezu logistichnikh protsesiv zbirannya ta transportuvannya zerna / V.V. Osipenko, S.G. Frishev, S.I. Kozupitsya, // Visnik NUBiP Ukraini. – Vip. 170.ch.2 – 220-230.

6. Osipenko V.V. 2012: Konsaltingova pidtrimka yefektivnikh tekhnologiy transportuvannya zerna v kolektivnikh gospodarstvakh u zernozbiralniy period / V.V. Osipenko, S.G.

Frishev, S.I. Kozupitsya, M.V. Senchev// Visnik NUBiP Ukraini. – Vip. 170.ch.2 – 214-222.

7. Szeptycki A. 2003: Prognoza wyposazenia polskiego rolnictwa w ciagniki, kombajny i samochody / A. Szeptycki, Z. Wójcicki // Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – Т. 5. – Lublin. – 184 - 191.

8. Shkarivskiy G. 2007: Prospects of agregating self-propelled chassis // G. Shkarivskiy, S. Pogorilyy // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Т. 9А. – Lublin. – 194 - 201.

9. Tipovaya 1976: Tipovaya metodika optimizatsii odnomernogo parametricheskogo (tiporazmernogo) ryada / Nauch. rukovodit. Tkachenko V.V. – М.: Izd-vo standartov, – 64.

10. Trepenenkov I.I. 1963: Ekspluatatsionnyye pokazateli selskokhozyaystvennykh traktorov / I.I. Trepenenkov. – М.: Metallurgizdat. – 271.

11. Fogel A.A. 1991: Tiporazmernyy ryad moshchnykh promyshlennykh traktorov / A.A. Fogel, V.S. Zakharov // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 3. – 9-11.

12. Ksenevich I.P. 1990: Ratsionalnyy tiporazmernyy ryad perspektivnykh selskokhozyaystvennykh traktorov / I.P. Ksenevich, M.I. Lyasko, V.N. Minizon, A.P. Parfenov // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 11. – 4-7.

13. Antyshev N.M. 1993: Prognoz potrebnosti i neobkhodimost struktury traktornogo parka / N.M. Antyshev // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 8. – 1-6.

14. Samsonov V.A. 1998: Obosnovaniye tiporazmernogo ryada traktorov s adaptiruyemy parametrami / V.A. Samsonov, A.A. Zangiyev // Tekhnika v selskom khozyaystve. № 4. – 24-28.

15. Zangiyev A.A. 1999: Obosnovaniye parametrov Semeystvo mobilnykh energeticheskoy platezhi odnogo tyagovogo klassa / A.A. Zangiyev, N.I. Bychkov // Tekhnika v selskom khozyaystve. – № 3. – 3-5.

16. Rossiyskiy 2004: Rossiyskiy traktor: realnost i perspektivy. Po materialam press-sluzhby OAO «Agromashkholding» // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny. № 5. – 2-9.

17. Butova P. 2001: Klassifikatsiya energosredstv po tekhniko-ekonomicheskogo parametrov / P. Butova, P. Nazarov, A. Zatsarinnyy // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. № 7. – 6-8.

18. Shkarivskiy G.V. 2005: Obgruntuvannya rivniv potuzhnosti dviguniv mobilnikh yenergetichnikh zasobiv / G.V. Shkarivskiy, S.P. Pozhidaev // Naukovo-teoretichniy zhurnal Ukrainskoi akademii agrarnikh nauk "Visnik agrarnoi nauki". – №9. – 48-51.
19. Shkarivskiy G.V. 2006: Obruntuvannya rivniv potuzhnosti dviguniv mobilnikh yenergetichnikh zasobiv silskogospodarskogo priznachennya isnuyuchikh tyagovikh klasiv / G.V. Shkarivskiy // Mizhvidomchiy tematichiy naukoviy zbirnik "Mekhanizatsiya ta yelektifikatsiya silskogo gospodarstva". Vipusk 90. – Glevakha, NNTs "IMESG". – 98-107.
20. Shkarivskiy G.V. 2010: Obruntuvannya pereliku golovnikh parametriv tiporozmirnogo ryadu mobilnikh yenergetichnikh zasobiv / G.V. Shkarivskiy // Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu silskogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. – Kharkiv: FOP Chernyak V.Є. – Vip. 93. – T.1. – 302-309.

#### **EFFECTIVE USING OF TECHNOLOGY TRANSPORTING GRAIN FROM COMBINE**

**Summary.** Obtained mathematical economics (econometric) models to make calculation and prediction of system performance for effective cleaning technology and transportation of grain. The technique of determining recommendations for use of technology overload effective option.

**Key words:** combine harvesters, tractor overload trailers, efficiency, models, recommendations.