

КОНСАЛТИНГОВА ПІДТРИМКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА В КОЛЕКТИВНИХ ГОСПОДАРСТВАХ У ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ ПЕРІОД

***В.В. Осипенко, кандидат технічних наук
С.Г. Фришев, доктор технічних наук
С.І. Козупиця, кандидат технічних наук
М.В. Сєнчев, магістр***

Конструювання ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів у крупних фермерських та колективних господарствах розглянуто з позицій індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень і математичного моделювання складних систем. Підхід, інструментарій та отримані результати пропонується застосовувати в моделюючих блоках комп'ютерно-інтегрованих консалтингових систем даного напрямку.

Логістична технологія, зернозбиральний комбайн, системно-аналітичне дослідження, індуктивний підхід, моделювання.

Постановка проблеми. Аналіз традиційної моделі транспортування зерна під час прямих перевезень вказує на наявність високих затрат праці та капіталу, пов'язаних із підвищеними затратами часу зміни на очікування завантаження транспортних засобів. Це особливо характерно при застосуванні транспортного засобу високої вантажопідйомності, коли одного бункера комбайна недостатньо для заповнення традиційних автомобілів-самоскидів. Для скорочення витрат при застосуванні транспортних засобів підвищеної вантажопідйомності, як правило обирається перевалочна технологія перевезення зерна від комбайна до хлібоприймального пункту, яка передбачає застосування збирально-транспортного комплексу у складі: зернозбиральні комбайни, причепи-перевантажувачі (міжопераційні компенсатори) та високовантажні автотранспортні засоби [1].

Аналіз останніх досліджень. 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 та техніко-експлуатаційних показників технічних засобів комплексу, спрямованих на мінімізацію витрат, є актуальною [2], [3].

Мета досліджень. Ця стаття стосується системного дослідження й моделювання логістичних схем та синтезу ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до хлібоприймальних пунктів в зернозбиральний період. Цей напрямок досліджень безсумнівно викликаний нагальними потребами практики у сучасних агротехнологіях. За задумкою авторів, кінцевим результатом досліджень за цим вкрай важливим напрямком має стати комп'ютерно-інтегрована система оперативного ухвалення рішень з можливістю маркетингового прогнозування результатів зернозбиральної кампанії для конкретного користувача. Головними цільовими суб'єктами такої системи, очевидно, мають бути крупні фермерські та колективні господарства, які зайняті у сфері вирощування зернових культур. Робота стосується синтезу моделей ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період.

Результати досліджень. У процесах моделювання застосовані сучасні алгоритми регресійного аналізу [4], а також інноваційні комбінаторні алгоритми методу групового урахування аргументів (МГУА) [5], [6].

Системні інформаційно-аналітичні дослідження із застосуванням індуктивного підходу (ІТ СІАД) [7] до створення оптимального виконання таких робіт на попередніх етапах (див. [8] та [2], [3]) дали важливий і оптимальний за прийнятими в цитованих працях критеріями статистичний інформаційний матеріал для побудови системних моделей ефективних технологій, а точніше логістичних ланцюгів, транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у крупних фермерських та колективних господарствах.

Постановка проблеми фактично зводиться до проблеми синтезу оптимальної моделі (чи системи моделей), яка б найкращим чином описувала статистичні дані й висновки експертних комісій, отримані у результаті попередніх системних інформаційно-аналітичних досліджень [8]. Головне завдання такої моделі є розроблення нових логістичних ланцюгів транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у крупних фермерських господарствах при конкретних технологічних, фінансових, природно-кліматичних, організаційних та інших умовах. Конструювання такої моделі, у свою чергу, може бути розглянуто як відоме завдання ідентифікації або «закону функціонування» складної системи. Під окремим станом такої системи у нашому

випадку будемо мати на увазі один із варіантів логістичного ланцюга транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів у крупних господарствах при конкретних вказаних вище умовах.

З позицій сформульованої проблеми, загальна задача ідентифікації стану складної системи (СС) буде зводиться до:

- визначення структури моделі: урахування оптимального в певному сенсі набору змінних;
- оцінки параметрів, які увійшли в структуру такої моделі СС.

Загальну задачу моделювання СС з одним виходом і множиною входів можна сформулювати так. Нехай маємо n спостережень (варіантів логістичних ланцюгів, наприклад) кожне з яких описується m змінними (чинниками, ознаками чи факторами). Тобто, маємо $X[n \times m]$ вхідних незалежних змінних і одну вихідну $y[n \times 1]$ залежну змінну.

Задача структурно-параметричної ідентифікації зводиться до формування за вибіркою статистичних даних деякої множини Φ моделей-претендентів різної структури [5], [6]:

$$\hat{y}_f = f(X, \hat{\theta}_f) \quad (1)$$

та пошуку оптимальної моделі

$$f^* = \arg \min_{f \in \hat{O}} CR(y, f(X, \hat{\theta}_f)), \quad (2)$$

де оцінки параметрів $\hat{\theta}_f$ для кожної моделі $f \in \hat{O}$ є розв'язком ще однієї оптимізаційної задачі виду:

$$\hat{Q}_f = \arg \min_{\theta \in R^{s_f}} QR(y, X, \hat{\theta}_f), \quad (3)$$

де $Q(\cdot) \neq CR(\cdot)$ – критерій якості моделі, s_f – складність моделі.

Одним із найбільш уживаних у сфері індуктивного моделювання складних систем можна вважати критерій регулярності [5]:

$$\Delta^2(B) = \sum_1^{N_B} (y_{\delta} - \hat{y}_i)^2 / \sum_1^{N_B} y_{\delta}^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

де y_{δ} – фактичні значення вихідної змінної на підвибірці B ; \hat{y}_i – значення залежної змінної моделі на B ; $N = N_A + N_B$ – множина всіх варіантів у таблиці вхідних даних, яка, згідно принципу зовнішнього доповнення МГУА, розділена на дві частини: навчальну – N_A , на якій виконується синтез моделі й контрольну – N_B для перевірки якості отриманої моделі.

В дослідженнях при моделюванні були застосовані як класичний підхід регресійного аналізу й відомі алгоритми [4] із наперед заданими структурами моделей, так і алгоритми методу групового урахування аргументів, зокрема комбінаторний [5].

Вихідні дані для моделювання були отримані в ході польових досліджень під час збирання урожаю зерна з використанням перевантажувальної технології в господарствах Миколаївської, Київської та Чернігівської областей в 2010-2012 роках. Метою цих досліджень було одержання кількісних характеристик техніко-експлуатаційних показників машин збирально-транспортного комплексу під час виконання робіт. В ході досліджень оцінювався широкий спектр сучасної вітчизняної техніки, техніки країн СНД та країн дальнього зарубіжжя. Методика проведення досліджень передбачала хронометраж та комбіновані спостереження в яких поєднувалися фотографія робочого дня з поопераційним хронометражем, а також первинну статистичну обробку одержаних даних. Кількісну оцінку оптимальності того чи іншого варіанту технологічного ланцюга необхідно задавати в певному сенсі. Критерієм оптимальності й, відповідно вибору кращого рішення (технологічного варіанту перевезень), доцільно вибрати певний інтегральний економічний чинник. Таким інтегральним показником нами прийнято значення сукупних витрат у гривнях на 1 тону зерна під час збирання та перевезення (ДСТУ 4397:2005) – $E_{пф}$. Така інтегральна кількісна оцінка застосована при формуванні матриць вихідних даних.

Результати моделювання. Етап моделювання передбачав конструювання моделей, які б найкращим чином ідентифікували сформовані експертним шляхом технологічні ланцюги транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у господарствах при конкретних технологічних, фінансових та інших умовах.

Повний список чинників, відібраних на етапі системно-аналітичного дослідження у множину оптимального інформаційного базису є наступним:

$$I_{b,s}^* = \{W_k / x_1, Q_n / x_2, Q_a / x_3, V_a / x_4, T_{pa} / x_5, U / x_6, S / x_7, \dot{O} / x_8, L / x_9\}, \quad (5)$$

де W_k / x_1 – продуктивність зернозбирального комбайна, т/год;

Q_n / x_2 – вантажопідйомність причепа-перевантажувача, т;

Q_a / x_3 – вантажопідйомність автотранспортного засобу, т;

V_a / x_4 – технічна швидкість автотранспортного засобу, т/год.;

T_{pa} / x_5 – тривалість перебування автотранспортного засобу на хлібоприймальному пункті, год;

U / x_6 – урожайність зернових культур, т/год;

S / x_7 – площа збирання зернових культур, га;

\dot{O} / x_8 – тривалість роботи комбайна в день, год;

L/x_9 – відстань перевезення зерна від поля до хлібоприймального пункту, км.

Нижче представлено моделі, синтезовані за найбільш характерними варіантами логістичних ланцюгів з відповідними множинами ознак-чинників.

Отже, було отримано такі результати моделювання.

Модель 1 ($M1$). Зважаючи на суттєві труднощі стосовно отримання релевантної інформації, очевидним є побудова й практичне використання максимально простих моделей. Дослідження таких можливостей також було в полі зору даної роботи. Для цього були використані результати попередніх системно-аналітичних досліджень проблеми конструювання ефективних логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів у фермерських та колективних господарствах. Дані для подальшого моделювання були скореговані відповідно до кількості чинників і основних вимог комбінаторного алгоритму МГУА [5].

$$I_b^*(M3) = \{W_k / x_1, V_a / x_4, U / x_6, S / x_7\} \quad (6)$$

Була синтезована досить проста модель. Але варто зауважити, що такі прості моделі, хоча й показують високі прогностичні властивості, мають суттєві недоліки: незначні зміни в початковому інформаційному базисі можуть кардинально (хоча й необов'язково) погіршити прогностичні якості моделі. У даному випадку такий високий результат був досягнутий лише завдяки попереднім системним інформаційно-аналітичним дослідженням [8].

Наведена нижче модель, як і попередні синтезовані моделі, базувалася на оптимальному базисі $I_b^*(M3)$ результатів $R^*(I_b^*)$ уже попередньо виконаних системно-аналітичних дослідженнях цієї комплексної проблеми.

Отже, найпростіша синтезована модель мала такий вид:

$$E_{ri} = 431,33 + 0,21W_k - 0,86V_a - 28,20U - 0,01S. \quad (11)$$

На рис. 1 показані графіки фактичних рівнів інтегрального параметра $E_{пф}$, які стосуються відповідних фіксованих логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів з поля до кінцевих портів (пунктів призначення) у фермерських та колективних господарствах та апроксимовані значення $E_{пм}$ для найпростішої моделі $M3$. Середня похибка апроксимації (RES) у даному випадку не перевищувала 8,371 в абсолютних значеннях або 3,89%, що теж безперечно вказує на досить високі прогностичні характеристики цієї моделі, вибраної в ході селекції.

Модель 2 ($M2$). Вхідна інформація цієї моделі відповідає такому ж інформаційному базису (6), як і для моделі $M1$,

тобто $I_b^*(M2) = I_b^*(M1)$, а саме до нього увійшли параметри: W_k , Q_a , V_a , U , S .

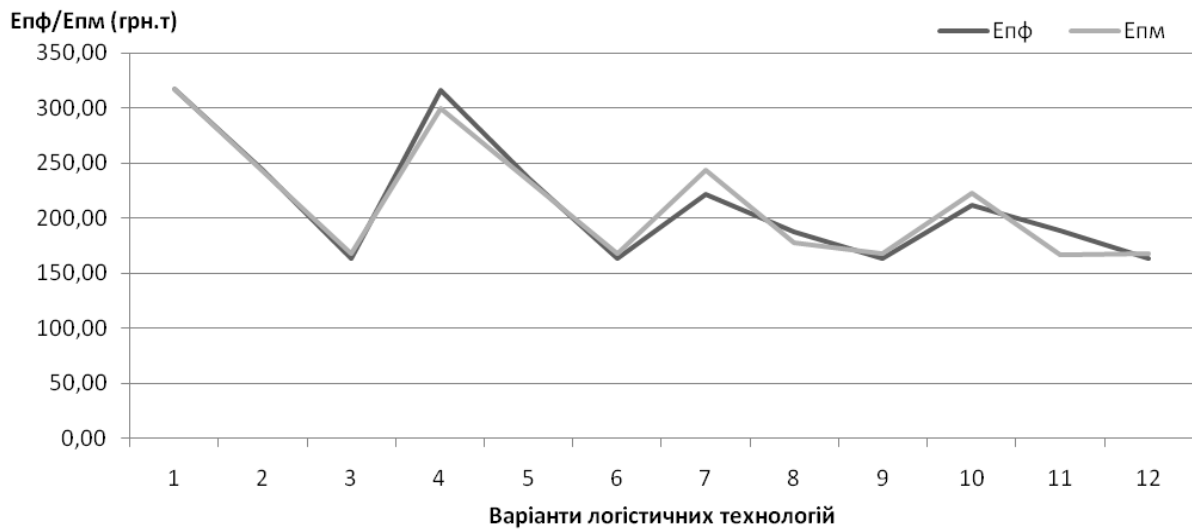


Рис. 1. Графіки фактичних $E_{пф}$ і апроксимованих $E_{пм}$ кривих моделі $M3$.

Аналітичний вигляд моделі $M2$ такий:

$$E_{ii} = 436,016 + 1,369W_k - 0,916Q_a - 0,776V_a - 28,806U - 0,012S \quad (9)$$

На графіку (рис. 2) показані криві, які відображають фактичні значення інтегрального параметра $E_{пф}$ і апроксимовані $E_{пм}$ для моделі $M2$. Середня похибка апроксимації (RES) не перевищувала 6,487 в абсолютних значеннях або 2,95%, що теж вказує на досить високі прогностичні характеристики цієї моделі, вибраної в ході селекції.

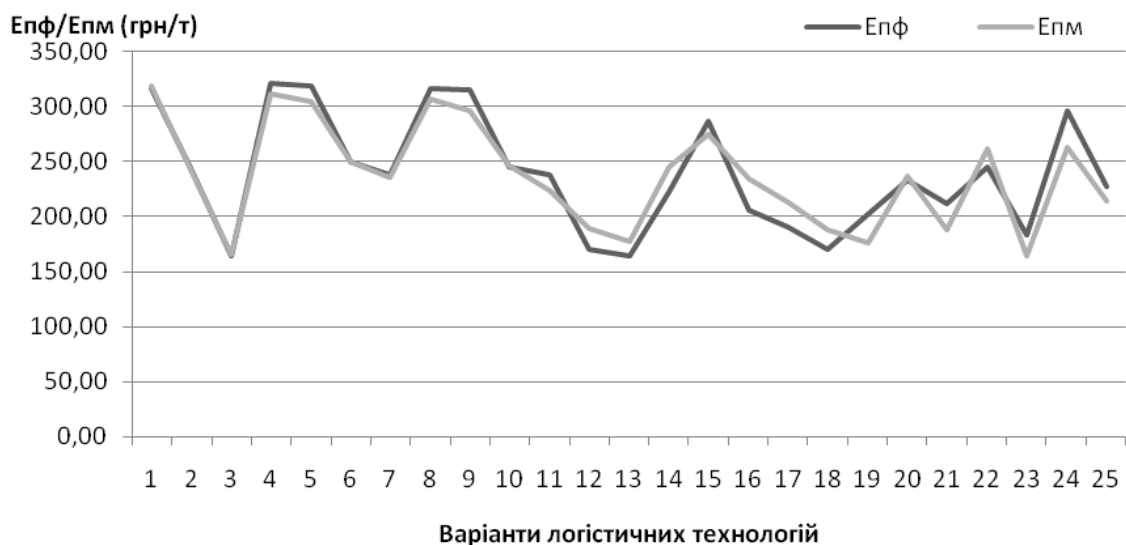


Рис. 2. Графіки фактичних $E_{пф}$ і апроксимованих $E_{пм}$ кривих моделі $M2$.

Модель 3 (МЗ). Модель МЗ за потужністю інформаційної бази, з одного боку, й кількістю варіантів технологічних ланцюгів, з іншого боку, була найбільш потужною. Тобто, оптимальним інформаційним базисом для синтезу моделі МЗ був ансамбль (5). Важливим інноваційним моментом, який суттєво відрізняє цю модель від багатьох інших підходів є той, що кількість причепів визначається алгоритмічно відповідно технологічної потреби.

Аналітичний вигляд моделі МЗ такий:

$$E_{ii} = 362,266 - 6,456W_k + 1,042Q_n - 1,070Q_a - 0,545V_a + 4,451T_{pa} - 1,627U - 0,013S - 6,540T + 2,396L \quad (12)$$

Середня похибка апроксимації в моделі МЗ не перевищувала 9,707 в абсолютних величинах, або 5,5% у відносних. Як і в попередніх моделях відносна похибка визначалася за уже відомою формулою (8).

На рис. 3 показані криві, які відображають фактичні значення інтегрального параметра $E_{пф}$ і апроксимовані $E_{пм}$ відповідно для моделі МЗ.

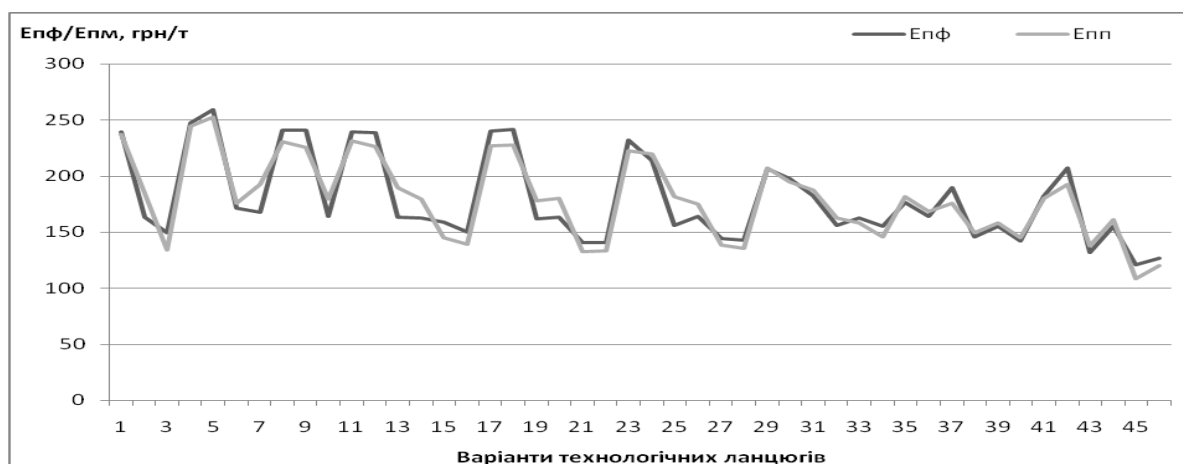


Рис. 3. Графіки фактичних $E_{пф}$ і апроксимованих $E_{пм}$ кривих моделі МЗ.

Очевидно, що модель МЗ, незважаючи на свою складність, може вважатися найкращою для практичного застосування у відборі логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів до кінцевих приймальєних пунктів у фермерських та колективних господарствах.

Висновки

Використовуючи попередньо визначений первинний інформаційний базис по групах технологічних параметрів для зернозбиральних комбайнів, причепів-перевантажувачів, автомобільних транспортних засобів та природно-виробничих умов та застосовуючи сучасний інструментарій системно-аналітичних

досліджень і моделювання складних систем, синтезовані системні економетричні моделі у вигляді регресійних рівнянь.

Отримані моделі дають змогу провести кількісну оцінку роботи технологічних ланцюгів за інтегральним показником – сукупних витрат на одну тонну (грн./т) для певного варіанту логістичного процесу транспортування зерна від комбайнів до пунктів призначення.

Застосування отриманих економетричних моделей дозволяє виконання імітаційних розрахунків раціонального складу збирально-транспортного комплексу і є базою для розробки консалтингового пакету.

Список літератури

1. *Измайлов А.Ю.* Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / *А.Ю. Измайлов.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.
2. *Фришев С.Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / *С.Г. Фришев, С.І. Козупиця* // Вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 166 (3). – С. 203–211.
3. *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.
4. *Дрейпер Н.* Прикладной регрессионный анализ. Том 1 // *Н. Дрейпер, Г. Смит.* – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
5. *Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / *А.Г. Ивахненко.* – К.: Наукова думка, 1982. – 296 с.
6. *Ивахненко А.Г.* Помехоустойчивость моделирования // *А.Г. Ивахненко, В.С. Степашко.* – К.: Наукова думка, 1985. – 216 с.
7. *Осипенко В.В.* Оценка релевантности результатов в индуктивных процедурах системно-аналитических исследований / *В.В. Осипенко* // Управляющие системы и машины. – 2012. – №1. – С. 26–32.
8. *Осипенко В.В.* Системно-аналітичний підхід до синтезу логістичних процесів збирання та транспортування зерна / *В.В. Осипенко, С.Г. Фришев, С.І. Козупиця, М.В. Сєнчев* // Вісник НУБіП України. – 2012. – Вип. 170, ч. 1. – С. 129–131.

Конструирование эффективных технологий транспортировки зерна от комбайнов в крупных фермерских и/или коллективных хозяйствах рассмотрено с позиций индуктивных технологий системных информационно-аналитических исследований и математического моделирования сложных систем. Подход, инструментарий и полученные результаты предлагается применять в моделирующих блоках компьютерно-интегрированных консалтинговых системах данного направления.

Логистическая технология, зерноуборочный комбайн, системно-аналитическое исследование, индуктивный подход, моделирование.

The designing of efficient transporting grain technologies from combine-harvester in large farms from standpoint of system information-analytical researches inductive technologies and mathematical modeling of complex systems are considered. The use of approaches, tools and findings in modeling blocks of computer integrated consulting systems are proposed.

Logistics technology, combine harvester, system-analytical research, inductive approach, modeling.

УДК 004.94:658.01

СИСТЕМО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА

***В.В. Осипенко, кандидат технічних наук,
С.Г. Фришев, доктор технічних наук,
С.І. Козупиця, кандидат технічних наук***

У статті наведені концептуальні засади створення системної технології конструювання логістичних схем збирання й транспортування урожаю зернових культур. Такі схеми є у свою чергу технологіями. Подано інформацію й обґрунтування стосовно доцільності й ефективності застосування найсучасніших індуктивних процедур системних інформаційно-аналітичних досліджень до вирішення поставленої проблеми.

Логістична технологія, зернозбиральний комбайн, системно-аналітичне дослідження, моделювання.

Постановка проблеми. Імовірнісний характер збирально-транспортного процесу обумовлює простоті комбайнів і автомобілів під час збирання урожаю зернових культур і застосування прямих перевезень. Так, при відстані перевезень 8-9 км і оптимальних поєднаннях кількості збиральних машин і автомобілів простоті комбайнів в очікуванні транспорту сягають 20%, а простоті транспортних засобів – 30-36% часу зміни [1]. При використанні на прямих перевезеннях зерна великовантажних автомобілів КамАЗ втрати часу, пов'язані з очікуванням завантаження і переїздами по полю, зростають до 47% часу зміни. Крім того, застосування великовантажних автомобілів призводить до додаткового ущільнення ґрунту.