

УДК 658.631.3

**Іванишин В.В.***д.е.н., професор**кафедра транспортних технологій та засобів АПК  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Кам'янець-Подільський, Україна***Гуцол Т.Д.***к.т.н., доцент**кафедра транспортних технологій та засобів АПК  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail: gtd777@mail.ru***Комарницький С.П.***к.т.н., доцент**кафедра транспортних технологій та засобів АПК  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail: trteh@mail.ru*

## **СИТУАЦІЙНІ СТАНИ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ У ПРОЕКТАХ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

### **Анотація**

Означено ситуаційні стани технологічних складових (комбайнів та транспортних засобів) проектів збирання ранніх зернових культур. Проаналізовано події у проектах збирання ранніх зернових культур. Означено, що взаємодія між комбайнами та транспортними засобами характеризується часом початку та завершення характерних їх станів. Означено чотири ситуаційних стани системи-проекту збирання ранніх зернових культур та обґрунтовано періодичність їх виникнення. Розкрито причини цих станів та їх вплив на ефективність збиральних та транспортних робіт у проектах. Проаналізовано залежність темпу збирання від рівня забезпеченості транспортом для різних значень віддалі перевезень урожаю з використання перевантажувача та без нього. Обґрунтовано залежність простоїв транспортних засобів від робочого циклу комбайна. Обґрунтовано залежність ситуаційних станів системи-проекту від кількості транспортних засобів. Обґрунтовано доцільність використання перевантажувача для зменшення простоїв комбайнів.

**Ключові слова:** проект, збирання, перевезення, зернові культури, комбайн, вантажні автомобілі, час простою.

**Вступ.** Ефективне управління збиральними та транспортними роботами у проектах збирання ранніх зернових, зокрема, їх узгодження на даний час не можливе без детального аналізу ситуацій, характерних для технологічних складових систем-проектів. Означені події, що відбуваються в цих проектах, є важливими елементами моделі збиральних і транспортних робіт. Однак вони не повною мірою характеризують всю палітру ситуацій, які виникають під час взаємодії між технологічними складовими проектів – предметами праці та технічними засобами, за допомогою яких виконавці проектів здійснюють збирання зернових культур на тому чи іншому полі та транспортування його до місця переробки чи зберігання. Відсутність у моделях цих ситуацій є нерідко причиною помилкових управлінських рішень, що знижує ефективність проектів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Відомо, що комбайнове збирання ранніх зернових культур може виконуватися за двома основними технологіями: 1) роздільною; 2) прямого комбайнування [2, 8]. Роздільна технологія передбачає спочатку укладання достиглої до молочно-воскової стиглості зерностеблевої маси у валки, досягання її у валках до повної стиглості та комбайнове обмолочування валків. У цьому разі час досягання зерностеблевої маси з воскової до повної стиглості скорочується на 5-7 діб. Однак за роздільної технології збирання виникає ризик того, що укладену у валки зерностеблеву масу може намочити дощ і подальше перебування її у зволоженому стані упродовж достатньо тривалого часу зумовить більші втрати врожаю, ніж би збирання проводилося прямим комбайнуванням. Іншими словами, вибір технологій збирання ранніх зернових культур є важливим елементом підвищення ефективності відповідних проектів за умови недостатньої забезпеченості СГП комбайнами та наявності певної погоди у період жнив. Це є підставою для розроблення методів узгодження збиральних і транспортних робіт за умови використання як роздільної технології, так і технології прямого комбайнування.

**Мета.** Метою даної статті є аналіз ситуаційних станів, які виникають у проектах збирання зернових культур під час узгодження збиральних і транспортних робіт та означення їх впливу на ефективність робіт у проектах.

**Результати.** Аналізуючи події у проектах збирання ранніх зернових культур необхідно розкрити їх причинно-наслідкові зв'язки, що системно зумовлюють стани, в яких перебувають зерностеблева маса, комбайни і транспортні засоби, і є підставами для їх моделювання та обґрунтування об'єктивних управлінських рішень. Стани технічних засобів (зернозбиральних комбайнів і транспортних засобів) у проектах збирання ранніх зернових культур можуть стосуватися різних етапів життєвих циклів проектів. У даному випадку розглядаються стани цих засобів лише під час організації виконання збирально-транспортних робіт стосовно того чи іншого поля з достиглим урожаєм відповідної культури. Іншими словами, розглядається організація виконання збиральних і транспортних робіт, взаємодія між комбайнами та транспортними засобами, яка характеризується часом початків та завершення певних (характерних) їх станів.

Стани технологічних складових проектів першочергово визначаються методом (формою) організації виконання транспортних робіт.

За умови закріплення за одним комбайном одного транспортного засобу (незнеособлений метод) під час організації збирально-транспортних робіт можуть виникати наступні ситуації: 1) відбувається вивантаження зерна – комбайн і транспортний засіб взаємодіють; 2) вивантаження не відбувається через незаповненість бункера – комбайн працює на полі, транспортний засіб здійснює перевезення; 3) вивантаження не відбувається через незаповненість бункера – комбайн працює на полі, транспортний засіб очікує; 4) вивантаження заповненого бункера не відбувається через відсутність транспортного засобу, який перебуває у дорозі між полем і током. Таким чином, якщо не розглядати технологічних і технічних відмов комбайнів і транспортних засобів, то виділяється чотири можливі ситуації, які характеризують можливість перебування технічних засобів у таких трьох станах: комбайн у роботі ( $K_p$ ); комбайн на вивантаженні ( $K_e$ ); комбайн очікує на вивантаження ( $K_o$ ); транспорт знаходиться у дорозі ( $T_d$ ); транспорт очікує наповнення бункера комбайна ( $T_o$ ); транспорт завантажується ( $T_o$ ). Згадані ситуації можна відобразити через стани технологічних складових таким чином: 1)  $K_e T_o$ ; 2)  $K_p T_o$ ; 3)  $K_p T_o$ ; 4)  $K_o T_o$ .

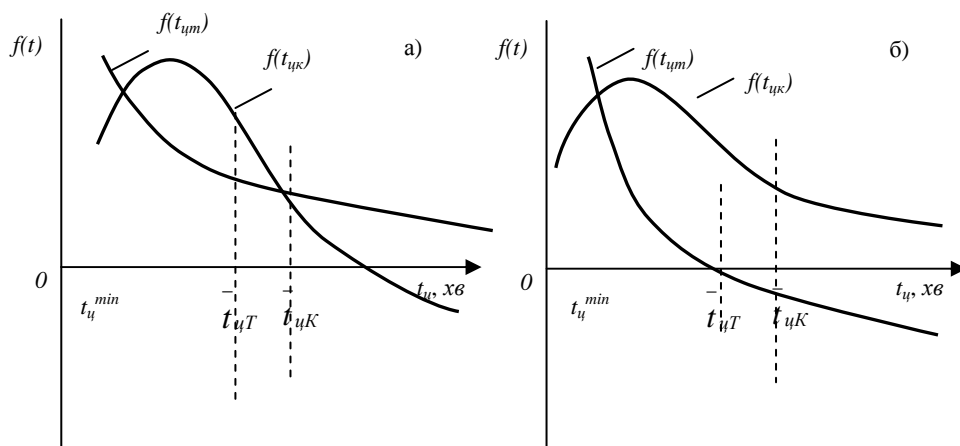
Аналіз ситуаційних станів зазначених технологічних складових проектів збирання ранніх зернових культур свідчить про те, що збиральні та транспортні роботи є узгодженими для першої ( $K_e T_o$ ) та другої ( $K_p T_o$ ) ситуацій. У цьому разі ні комбайн, ні

транспортний засіб не простоюють.

Кожен із чотирьох ситуаційних станів системи-проекту збирання ранніх зернових культур виникає у часі ймовірно і характеризується певною тривалістю ( $t_{cc}$ ). Періодичність виникнення зазначених ситуаційних станів визначається, як вже згадувалося, періодичністю ( $t_{нб}$ ) наповнення зерном бункера комбайна та періодичністю ( $t_{dT}$ ) перебування транспортного засобу у дорозі між полем і током. Якщо до цих періодичностей відповідно додати затрати часу на вивантаження бункера ( $t_{вб}$ ) та завантаження транспортного засобу ( $t_{зТ}$ ), то матимемо в ідеалі періодичності (тривалості) наповнення та вивантаження бункера комбайна ( $t_{нб} + t_{вб}$ ) і завантаження та перебування у дорозі між полем і током транспортного засобу ( $t_{зТ} + t_{dT}$ ).

За ідеалізації взаємного впливу виконання збиральних і транспортних робіт, розглянемо теоретичні розподіли відповідних величин – тривалості робочого циклу наповнення зерном та вивантаження бункера комбайна ( $t_{цн} = t_{нб} + t_{вб}$ ) та тривалості робочого циклу завантаження зерном і перебуванням у дорозі (рейсі) між полем і током транспортного засобу ( $t_{цТ} = t_{зТ} + t_{dT}$ ) (рис.1). За умови, якщо математичне сподівання тривалості циклу ( $\bar{t}_{цк}$ ) комбайна є меншим за математичне сподівання тривалості робочого циклу ( $\bar{t}_{цТ}$ ) транспортного засобу, то в структурі множини ситуаційних станів слід очікувати домінування небажаних ситуацій, що характеризуються станом  $K_o T_o$ , над ситуаціями зі станом  $K_p T_o$ . Іншими словами, за ( $\bar{t}_{цк} < \bar{t}_{цТ}$ ) простої комбайна будуть більшими від простоїв транспортного засобу.

Іншу картину будемо спостерігати за умови, коли  $t_{цТ} < t_{цк}$  (рис. 1 а, б). У цьому разі число ситуацій, що виникатимуть за певний проміжок часу (на-приклад, робочу добу), які характеризуються станом  $K_p T_o$ , буде більшим над числом ситуацій зі станом  $K_o T_o$ . Тобто простої транспортного засобу будуть домінувати над простоями комбайна. Простої транспортного засобу будуть рівними простоям комбайна, якщо математичні сподівання тривалостей робочих циклів комбайна і транспортного засобу будуть рівними між собою –  $\bar{t}_{цТ} = \bar{t}_{цк}$ .



**Рис. 1. Розподіли тривалостей робочих циклів комбайна та транспортного засобу за відсутності їх взаємовпливів для характерних умов:**

а) математичне сподівання робочого циклу  $\bar{t}_{цк}$  комбайна менше математичного сподівання робочого циклу  $\bar{t}_{цТ}$  транспортного засобу; б) математичне сподівання робочого циклу  $\bar{t}_{цТ}$  транспортного засобу менше математичного сподівання робочого циклу  $\bar{t}_{цк}$  комбайна

Розглянуті ситуаційні стани технологічних складових системи-проекту збирання ранніх зернових культур за незнеособленого методу організації транспортних робіт є також характерними для умови, коли один комбайн обслуговується двома і більше транспортними засобами. У цьому разі число ситуаційних станів технологічних складових системи-проекту може зростати у міру збільшення числа транспортних засобів. Власне число транспортних засобів визначає число ситуаційних станів.

Аналізуючи функціонування системи-проекту «поле-комбайн-два транспортні засоби», приходимо до логічного висновку, що розподіли тривалості робочих циклів кожного з транспортних засобів повинні бути однаковими. Водночас, розподіл тривалості між суміжними подіями надходження транспортних засобів, готових обслуговувати комбайни, має певний теоретичний розподіл. Математичне сподівання цього розподілу за ідеального розгляду функціонування системи-проекту (транспортні засоби, що надходять до поля без будь-яких затримок обслуговують комбайн) буде у два рази менше від математичного сподівання тривалості робочого циклу одиничного транспортного засобу –  $\bar{t}_{CT} = \bar{t}_{CT} : 2$ .

Розглянуті ситуаційні стани технологічних складових системи «поле-комбайн-два транспортні засоби», є важливими для аналізу зернозбиральних систем-проектів, у яких транспортне обслуговування комбайнів здійснюється знеособлено, тобто, коли декілька комбайнів обслуговується декількома транспортними засобами на основі правила «будь-який комбайн обслуговується будь-яким транспортним засобом, що першим очікує на завантаження». У цьому разі число ситуаційних станів технологічних складових систем-проектів залежить від числа комбайнів та числа транспортних засобів, що знеособлено їх обслуговують. Зазвичай на практиці число комбайнів за групового методу їх використання становить 2-5 одиниць. Число транспортних засобів, що відповідно їх обслуговують, також здебільшого змінюється у таких же межах. Не вдаючись до визначення числа ситуаційних станів технологічних складових системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби», зазначимо, що для узгодження збиральних і транспортних робіт важливо знати параметри розподілів тривалостей між суміжними замовленнями комбайнів ( $\bar{t}_{CK}$ ) на вивантаження бункера та між суміжними появами транспортних засобів ( $t_{CT}$ ) на полі після обслуговування окремих замовлень. Як і у згаданому випадку, коли один комбайн обслуговує один транспортний засіб (рис. 1), так і у цьому разі простої транспортних засобів будуть домінувати над простоями комбайнів, якщо  $\bar{t}_{CK} < \bar{t}_{CT}$  і навпаки, якщо  $\bar{t}_{CT} < \bar{t}_{CK}$  – будуть домінувати простоями комбайнів над простоями транспортних засобів.

Для визначення тривалості  $t_{CK}$  між суміжними замовленнями комбайнів на вивантаження бункера потрібно знати тривалості робочих циклів кожного комбайна, що знаходиться у системі «поле-комбайни-транспортні засоби». За умови, що комбайнів на полі є  $r$ -е число і розподіли тривалості  $t_{CKr}$  кожного з них характеризується математичним сподіванням  $\bar{t}_{CKr}$ , матимемо:

$$\bar{t}_{CK} = (\sum_r \bar{t}_{CKr}) / r^2 \quad (1)$$

Аналогічним чином можна прогнозувати математичне сподівання тривалості  $\bar{t}_{CT}$  між суміжними появами (надходженнями) транспортних засобів на полі:

$$\bar{t}_{cT} = \left( \sum_r \bar{t}_{cTr} \right) / r^2. \quad (2)$$

Значимо, що розглядається система-проект «поле-комбайни-транспортні засоби», у якій вантажність бункерів комбайнів і транспортних засобів є однаковою, що уможливорює знесоблене транспортне обслуговування комбайнів.

На особливу увагу заслуговує розгляд ситуаційних станів технологічних складових системи-проекту «поле-комбайни-перевантажувачі-транспортні засоби». Кожен з комбайнів цієї системи, як і за попередніх методів організації транспортних робіт, може перебувати у таких трьох станах – робочому ( $K_p$ ), вивантажуватися ( $K_{\text{вб}}$ ), простоювати (очікувати) вивантаження бункера ( $K_o$ ). Перевантажувальний засіб може знаходитися у таких станах – завантажуватися зерном ( $P_3$ ), очікувати на завантаження ( $P_o$ ), очікувати на розвантаження (перевантаження) ( $P_{op}$ ) і розвантажуватися у транспортні засоби ( $P_{pT}$ ). Водночас транспортні засоби можуть перебувати у таких станах – знаходитися у дорозі ( $T_d$ ), очікувати завантаження ( $T_o$ ), завантажуватися з бункера комбайна ( $T_{зк}$ ), завантажуватися з перевантажувального засобу ( $T_{зн}$ ). Ситуаційні стани системи-проекту у цьому разі визначаються одночасним станом комбайнів, перевантажувачів і транспортних засобів. Наприклад, за умови, що система-проект містить по – одному комбайну, перевантажувачу і транспортному засобу, маємо такі її ситуаційні стани: 1)  $K_p P_{o3} T_o$ ; 2)  $K_p P_{o3} T_d$ ; 3)  $K_p P_{op} T_d$ ; 4)  $K_{\text{вб}} P_3 T_o$ ; 5)  $K_{\text{вб}} P_3 T_d$ ; 6)  $K_{\text{вб}} T_3 P_{o3}$ ; 7)  $K_{\text{вб}} T_3 P_{op}$ ; 8)  $K_p P_{pT} T_3$ ; 9)  $K_o P_{pT} T_3$ ; 10)  $K_o P_{op} T_d$ ; 11)  $K_{\text{вб}} P_3 T_d$ .

Аналізуючи окреслені ситуаційні стани системи-проекту, можна зауважити, що найбільш небажаним (непродуктивним) станом є стан, коли простоє комбайн (очікує вивантаження бункера). Це відбувається у двох випадках, коли перевантажувач завантажує транспортний засіб, а також коли перевантажувач заповнений зерном, а транспортний засіб знаходиться на маршруті (у дорозі) між полем і током.

Значимо, що за використання резервно-перевантажувального методу транспортного обслуговування комбайнів важливе значення має вибір черговості обслуговування. Зокрема, якщо маємо ситуацію – комбайн готовий до вивантаження бункера і є альтернатива для завантаження зерна (або у перевантажувач, або у транспортний засіб), то слід надати перевагу завантаженню у транспортний засіб. У такий спосіб уникають виконання додаткової операції перевантажування зерна.

Для дослідження систем-проектів нами розроблено відповідну статистичну імітаційну модель та виконано моделювання. Статистична імітаційна модель системи-проекту включає зернозбиральну підсистему – комбайни Мега 204 – 4 од.; пропускна здатність 9,8 кг/с; ширина захвату жниварки – 6 м; об'єм бункера – 6,2 м<sup>3</sup>. Транспортна підсистема складається – автомобіль – ЗИЛ 130 вантажністю – 5 т. У результаті моделювання встановили залежність добового темпу збирання від рівня забезпеченості транспортом для різних значень віддалі перевезень урожаю з використання перевантажувача та без нього (рис. 2). Окрім того дослідили питомі прості технічних засобів за віддалі перевезення зерна – 15 км (рис. 3). Моделювання виконано для таких характеристик проектного середовища: культура – пшениця яра; урожайність – 40 ц/га; солонистість – 1, 2; довжина гону – 600 м; ухил поля – до 1%.

З отриманих залежностей бачимо, що використання перевантажувача дає змогу дещо зменшити прості комбайнів. Водночас використання перевантажувача не впливає на прості автомобілів.

**Висновки і перспективи.** Аналітично доведено, що узгодження збиральних і транспортних робіт досягається за умови рівності тривалостей між суміжними замовленнями комбайнів на вивантаження бункера та між суміжними появами

транспортних засобів на полі після обслуговування окремих замовлень. Ймовірний характер цих тривалостей вимагає визначення параметрів та теоретичних законів їх розподілів, які слід завчасно прогнозувати і на цій основі обґрунтовувати управлінські рішення, що забезпечують узгодження відповідних робіт, вибір методу виконання транспортних робіт та встановлення структури транспортної підсистеми системи-проекту збирання ранніх зернових культур.

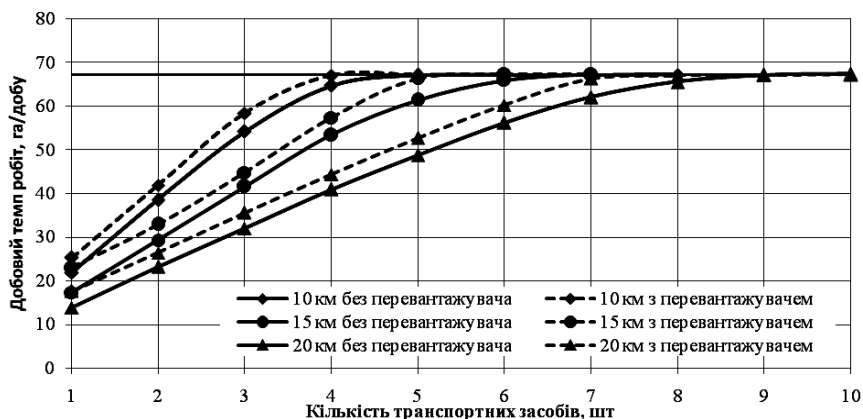


Рис. 2. Залежність темпу збирання від рівня забезпеченості транспортом для різних значень віддалі перевезень урожаю з використання перевантажувача та без нього

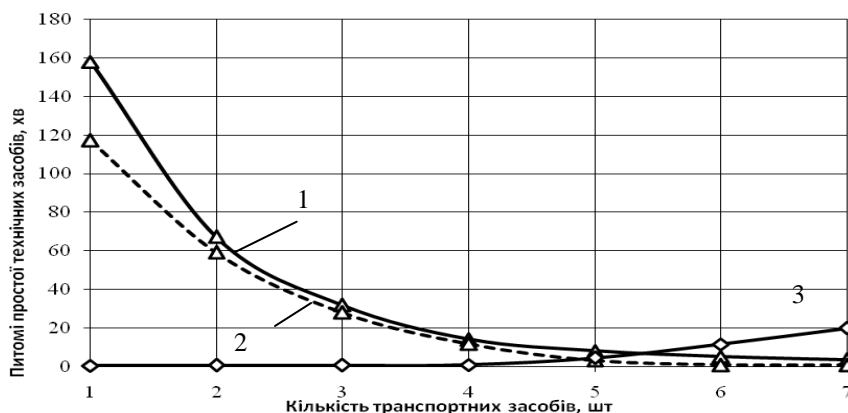


Рис. 3. Залежність питомої простої технічних засобів для віддалі перевезення зерна – 15км:

1 – питомі прості комбайнів без використання перевантажувача, 2 – питомі прості комбайнів з використанням перевантажувача, 3 – питомі прості автомобілів за використання перевантажувача та без нього

Використання перевантажувача дозволяє знизити прості комбайнів, що в свою чергу підвищує їх продуктивність, проте його використання не впливає на тривалість простоїв транспортних засобів.

#### Список використаних джерел

1.Грибинюк О. М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства: автореф. дис. ... канд. техн.

наук : 05.20.01 ; Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства. Глеваха, 1994. 16 с.

2.Лихочвор В. В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2002. 800 с.

3.Нагорский И. С. Пути снижения энергопотребления и потерь зерна. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1999. № 1. С. 15-16.

4.Нелеп В. М. Планування на аграрному підприємстві. Київ : КНЕУ, 2004. 495 с.

5.Панюра Я. Й. Методи та моделі управління змістом та часом у проєктах збирання ранніх зернових культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22; Львівський національний аграрний університет. Львів, 2010. 20 с.

6.Сидорчук О. В. Інженерія машинних систем. Київ : ННЦ «ІМЕСГ», 2007. 263 с.

7.Управління збиранням олійних і зернових культур: головні науково-методичні засади та рекомендації. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». Київ, 2009. 18 с.

8.Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 ; Львівський національний аграрний університет. Львів, 2002. 15 с.

*Дата надходження статті до редакції :05.02.2017  
1 рецензування : 24.02.2017 Прийняття в друк 15.05.2017*

**Ivanyshyn V.V.**

*Dr. Sc.(Econom.), Professor*

*Department of transport technologies and agriculture  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

**Hutsol T.D.**

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor*

*Department of transport technologies and agriculture  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail: gtd777@mail.ru*

**Komarnitsky S.P.**

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor*

*Department of transport technologies and agriculture  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail : trteh@mail.ru*

## **SITUATIONAL CONDITIONS IN TERMS OF GRAIN CROPS HARVESTING PROJECTS**

### **Abstract**

*Effective management of harvest and transport projects of gathering early grain crops, including their coordination is not possible without a detailed analysis of situations specific to the technological components of projects. The mentioned events in the harvesting projects are important elements of the harvesting and transport operation model. However, they do not fully describe the whole range of situations that arise in the interaction between technological components of the project and the technical means. Lack of models of these situations are often the cause of erroneous administrative decisions, which reduce the effectiveness of projects.*

*The situational conditions of technological components (combines and vehicles) of early grain crops harvesting projects are determined in the paper. The causes of these conditions and their impact on the efficiency of harvesting and transport operations in projects are highlighted in the study.*

*The dependence of the temp of harvesting on level of transport provision for different harvest transportation distances both with and without load transfer device is analyzed. The dependence of transport means on combine working cycle is examined. The dependence of situational conditions of project system on quantity of transport means is determined. The study shows the importance of using the load transfer device for reducing vehicle idle time.*

**Keywords:** design, collection, transportation, grain, harvester, trucks, downtime.

### References

1. Grybynjuk, O. M. (1994). Doslidzhennya umov funkcionuvannya i rozrobka metodu opty`mizatsiyi parku zernozbyralnyh kombajniv silskogospodarskogo pidpryemstva. *Extended abstract of Candidate thesis*. Glevaxa : Nacional`ny`j naukovy`j centr «Insty`t mexanizatsiyi ta elektryfikatsiyi sil`s`kogo gospodarstva. [in Ukr.].
2. Ly`xochvor, V. V. (2002). *Roslynnycztvo : texnologiyi vyroshhuvannya silskogospodarskyh kultur* [Plant : technologies of growing crops]. Lviv : Ukrayins`ki texnologiyi.
3. Nagorsky`j, Y. S. (1999). Puty` sny`zheny`ya energopotrebleny`ya y` poter` zerna [Ways to reduce power consumption and grain losses]. *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashyny, 1*, 15-16.
4. Nelep, V. M. *Planuvannya na agrarnomu pidpryemstvi* [Planning for the agricultural enterprise]. Kyiv : KNEU.
5. Panyura, Ya. J. (2010). *Metody ta modeli upravlinnya zmistom ta chasom u proektax zby`rannya rannix zernovyh kultur*. Extended abstract of Candidate thesis. Lviv, Lviv National Agrarian University. [in Ukr.].
6. Sy`dorchuk, O. V. (2007). *Inzheneriya mashynnyh system* [Engineering machine systems]. Kyiv : NNCz «IMESG».
7. *Upravlinnya zbyrannyam olijnyh i zernovyh kultur : golovni naukovo-metodychni zasady ta rekomendatsiyi* [Management of harvesting of cereals: the main scientific and methodological basis and recommendations]. (2009). Kyiv.
8. Cip, Ye. I. (2002). *Sezonna programa kombajna i ry`zy`k u procesi centralizovanogo zby`rannya rannix zernovy`x* [Seasonal harvester program and risk in the process of centralized collection of early cereals]. Extended abstract of Candidate thesis. Lviv, Lviv National Agrarian University. [in Ukr.].

Received: May 10, 2017

1st Revision: May, 20, 2017 Accepted: June 05, 2017