

# МЕТОД УЗГОДЖЕННЯ ЗБИРАЛЬНИХ І ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ У ПРОЦЕСІ ОПЕРАТИВНОГО ЇХ ПЛАНУВАННЯ

*Розроблено метод узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування з врахуванням стохастичності агрометеорологічної та предметної складових проектної середовища*

*Ключові слова: узгодження, збиральні та транспортні роботи, збирання зернових, оперативне планування*

*Разработан метод согласования уборочных и транспортных работ в процессе оперативного их планирования с учетом стохастичности агрометеорологической и предметной составляющих проектной среды*

*Ключевые слова: согласование, уборочные и транспортные работы, уборка зерновых, оперативное планирование*

*The method for matching harvesting and transport works in their operational planning is developed, taking into account the stochasticity of agrometeorological and substantive components of the project environment*

*Keywords: matching, harvest and transport work, harvesting, operational planning*

**О. В. Сидорчук**

Доктор технічних наук, професор, заступник директора  
Лабораторія управління системами та проектами\*

Контактний тел.: (04571) 3-11-00

E-mail: sydov@ukr.net

**В. І. Дуганець**

Кандидат технічних наук, доцент, перший проректор\*\*

Контактний тел.: 067-884-25-86

E-mail: duganec-viktor@rambler.ru

**С. П. Комарницький**

Асистент\*\*

Контактний тел.: 096-458-94-47

E-mail: trteh@mail.ru

\*\*Подільський державний аграрно-технічний університет

вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., Україна, 32300

**В. І. Днесь**

Старший науковий співробітник

Лабораторія прогнозування техніко-технологічного переоснащення у  
рослинництві\*

\*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»

вул. Вокзальна, 11, смт. Глеваха-1, Васильківський р-н, Київська обл.,  
Україна

E-mail: mailtobeer@mail.ru

**Л. Л. Сидорчук**

Асистент

Львівський національний аграрний університет

вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівська обл. Україна, 79007

## Постановка проблеми

У процесі оперативного планування збиральних і транспортних робіт на окремих полях вирішується задача визначення параметрів комбайнового та транспортного комплексів для кожного окремого поля, які дають змогу забезпечити своєчасне збирання з мінімальними технологічно потрібними ресурсами. Календарний час  $t_{зук}^k$  збирання  $k$ -ї ранньої культури на  $у$ -у полі обмежується часом появи такої події предметної складової проектної середовища, як початок втрат вирощеного врожаю на заданому полі через його механічне осипання (випадання з колоска) та «стікання» [1].

Цей час становить п'ять календарних діб, упродовж якого можуть виникати такі агрометеорологічні

умови, за яких збирання урожаю є неможливим. А тому нерідко ставиться управлінська задача зібрати урожай на тому чи іншому полі за календарний термін, менший за п'ять діб. Таким чином ставиться задача – обґрунтувати параметри згаданих комплексів, які б забезпечили збирання ранньої зернової культури на заданому полі упродовж  $t_{зук}^k \leq 5$  діб з мінімальною кількістю комбайнів та транспортних засобів.

## Аналіз останніх досліджень та публікацій

Під час організацій збирального процесу можливі два основних способи взаємодії збиральної та транспортної підсистем: знеосблений – коли вивантаження комбайнів і завантаження транспортних засобів

відбувається в порядку черги; незнеособлених – закріплення за комбайном транспортних засобів. Згадані способи, в свою чергу, поділяються на прямотовкові та резервно-перевалтажувальні [2].

До остачнього часу, питання узгодження збиральних та транспортних робіт зводилось до підбору необхідної кількості транспортних засобів для забезпечення безперервної роботи комбайнів без врахування системного впливу цих двох підсистем на ефективність збирального процесу та стохастичності агрометеорологічної та предметної складових проектного середовища.

**Постановка завдання**

Підвищення ефективності проектів збирання ранніх зернових культур на основі розроблення методу та узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування.

**Виклад основного матеріалу**

Ймовірні події агрометеорологічної та предметної складових проектного середовища, а також ймовірні події стосовно виконання складових збиральних і транспортних робіт є основними причинами розроблення статистичного методу для вирішення сформульованої управлінської задачі. Виклад цього методу розпочнемо з аналізу фонду робочого часу. Для регламентованого календарного часу збирання урожаю ранньої зернової культури на заданому полі завжди існує агрометеорологічно допустимий фонд робочого часу, за якого проект збирання є виконуваним, а також фонд неробочого часу, за якого виконання проекту є неможливим. А тому першим станом методу вирішення зазначеної задачі є встановлення для регламентованого календарного часу  $t_{зрк}^k$  агрометеорологічно допустимого фонду робочого часу  $t_{зрк}^a$ . Зауважимо, що  $t_{зрк}^k$ , як уже згадувалось, може бути обмеженим як потребою виконання проекту без втрати виробеного врожаю, так і за певних (допустимих) його втрат. Яким би критерієм не був обмежений час  $t_{зрк}^k$ , завжди існує задача визначити для нього  $t_{зрк}^a$ .

Ймовірний характер виникнення росянистих проміжків часу та їх тривалості є однією з агрометеорологічних підстав ймовірнісного прогнозування  $t_{зрк}^a$  для заданого  $t_{зрк}^k$ . Прогнозування  $t_{зрк}^a$  можливе на основі статистичного імітаційного моделювання подій виникнення роси та її тривалості впродовж часу  $t_{зрк}^k$  (рис. 1). Ймовірний характер часу  $t_{зрк}^a$  виникнення роси (або зниження дефіциту вологості повітря до 4г/га [3]) тієї чи іншої доби є підставою для статистичного аналізу множини значень часу  $\{t_{зрк}^a\}$ , яка дає змогу обґрунтувати його теоретичний розподіл та оцінити статистичні характеристики цього розподілу [4].

Окрім часу  $t_{зрк}^a$  початку роси кожної окремої доби збирального сезону важливе значення має час  $t_{зрк}^n$  її завершення наступної доби. Різниця між  $t_{зрк}^a$  і  $t_{зрк}^n$  називається тривалістю росянистих проміжків, які визначають для кожної доби агрометеорологічно допустимий добовий фонд робочого часу для виконання збирально-транспортних робіт (рис. 1).



Рис. 1. Графічна інтерпретація ймовірного формування агрометеорологічно допустимого фонду робочого часу ( $t^a$ ) у п'яти реалізаціях виконання проекту збирання ранніх зернових культур для  $t_{зрк}^k = 3$  доби

Однак під час виконання проектів збирання ранніх зернових культур результати статистичного аналізу розподілів часу  $t_{зрк}^a$  та  $t_{зрк}^n$  є важливими але недостатніми для ефективного управління (планування) збиральних і транспортних робіт. Для здійснення цього процесу потрібно знати час  $t_{зрк}$  початку виконання збиральних робіт тієї чи іншої доби, а також час  $t_{зрк}$  завершення цих робіт. Зазвичай ці часові обмеження обґрунтовуються у проектах збирання на основі допустимих режимів роботи виконавців проектів – комбайнерів, їх помічників, шоферів, працівників токів тощо. За двозмінної організації збирально-транспортних робіт, яка сьогодні є найпоширенішою в Україні, упродовж доби тривалість цих робіт буде становити 16 год. Однак наявність роси змінює цю тривалість. А тому, враховуючи вплив на агрометеорологічно допустимий добовий фонд робочого часу збирання організаційних обмежень на час  $t_{зрк}$  та  $t_{зрк}$ , матимемо інший фонд робочого часу виконання збирально-транспортних робіт, який називається організаційно відкоригованим добовим фондом робочого часу. Його формування відбувається щодоби.

Кожної окремої доби цей фонд часу буде різним. Його розподіл та статистичні характеристики визначаються розподілом часу  $t_{зрк}^a$  та  $t_{зрк}^n$ , а також плановими значеннями часу  $t_{зрк}$  та  $t_{зрк}$ . Для заданого календарного часу  $t_{зрк}^k$  маємо організаційно відкоригований фонд робочого часу  $t_{зрк}^o$ , який лежить в основі системного узгодження обсягу  $S_{зрк}$  збиральної роботи, параметрів комбайнового ( $Z_k$ ) та транспортного ( $Z_T$ ) комплексів. Узгодження цих характеристик та параметрів можна домогтися на основі статистичного імітаційного моделювання системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби» – знайти такі мінімальні значення  $Z_k$  та  $Z_T$ , які б забезпечили своєчасне виконання заданого обсягу  $S_{зрк}$  збиральної роботи упродовж заданого ка-

лендарного часу  $t_{\text{зк}}^k$ . Статистичне імітаційне моделювання системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби» за заданих  $Z_k$ ,  $Z_T$  та  $S_{\text{зк}}$  дає змогу отримати потрібний фонд робочого часу ( $t_3$ ), щоб виконати відповідний проект. З огляду на ймовірний характер похідних подій, що виникають внаслідок виконання збирально-транспортних робіт, потрібний фонд робочого часу  $t_3$  в окремих реалізаціях функціонування системи-проекту буде неоднаковим. Множина значень цього часу  $\{t_3\}$  дає змогу встановити його теоретичний розподіл та визначити статистичні характеристики, зокрема, оцінку математичного сподівання  $M[t_3]$ .

Порівнюючи математичні сподівання розподілу організаційно відкоригованого добового фонду робочого часу ( $M[t_3^0]$ ) та потрібного фонду робочого часу  $M[t_3]$ , можна означити ризику своєчасного ( $P_y$ ) та несвоечасного ( $P_n$ ) виконання проекту збирання ранньої зернової культури на заданому полі (рис. 2).

З рисунку видно, що за умови  $M[t_3] < M[t_3^0]$  ризик (ймовірність) ( $P_y$ ) своєчасного (узгодженого) виконання збирально-транспортних робіт, який визначається площею правої частини розподілу  $f(t_3^0)$  від  $M[t_3]$ , буде більшим від ризику (ймовірності) несвоечасного їх виконання:  $P_y > P_n$ . І навпаки, за умови  $M[t_3] > M[t_3^0]$  маємо  $P_y < P_n$ . Допустима ймовірність (ризик)  $P_n$  неузгодженого (несвоечасного) виконання збирально-транспортних робіт на тому чи іншому полі може бути критерієм узгодження заданого обсягу  $S_{\text{зк}}$ , планової тривалості  $t_{\text{зк}}^k$  збирання та параметрів комбайнового й транспортного комплексів ( $Z_k + Z_T$ ).

Визначення статистичних характеристик, зокрема, оцінки математичного сподівання розподілу тривалості  $t_3$  та встановлення такого його значення, яке забезпечує задане значення ймовірності  $p_y$  своєчасності виконання збирально-транспортних робіт на основі багатоваріантного статистичного імітаційного моделювання системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби» за змінних параметрів ( $Z_k + Z_T$ ) збирального та транспортного комплексів вимагає значних затрат часу.

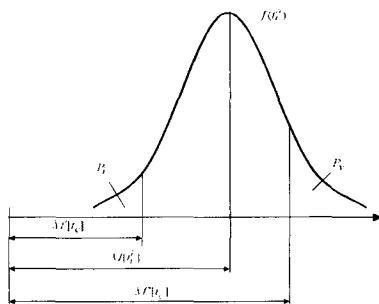


Рис. 2. Графічне відображення ймовірностей узгодженого ( $P_y$ ) та неузгодженого ( $P_n$ ) функціонування системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби» за відомого розподілу ( $f(t,^0)$ ) організаційно відкоригованого фонду робочого часу збирання для різних значень математичного сподівання ( $M[t_3], M[t_3^0]$ ) розподілу планової тривалості збирання:  $M[t_3^0]$  – математичне сподівання розподілу організаційно відкоригованого фонду робочого часу збирання

Щоб уникнути цієї недоречності пропонується інший методичний підхід. Зокрема, раціональним під-

ходом, на наш погляд, слід вважати такий план дій, що забезпечує: 1) встановлення календарного терміну ( $t_{\text{зк}}^k$ ) збирання ранньої зернової культури на заданому полі; 2) встановлення для заданого календарного терміну збирання статистичних характеристик розподілу організаційно відкоригованого фонду робочого часу для виконання збирально-транспортних робіт; 3) визначення на основі статистичного імітаційного моделювання роботи кожного комбайна г-ї марки, що потенційно може бути залучений до збирання ранньої зернової культури на заданому полі, статистичних характеристик розподілу його годинної продуктивності ( $W_{\text{гк}}^i$ ) за ідеального транспортного обслуговування; 4) обґрунтування допустимого ризику ( $P_n$ ) неузгодженості функціонування системи-проекту «поле-комбайни-транспортні засоби» для відомих статистичних характеристик розподілу організаційно відкоригованого фонду робочого часу; 5) визначення для обґрунтованого  $P_n$  значення допустимої тривалості збирання  $t_3$ ; 6) визначення для відомої допустимої тривалості збирання  $t_3$  потрібного годинного темпу збирання -  $W_{\text{гк}} = S_{\text{зк}} : t_3$ ; 7) підбір із множини комбайнів, що можуть бути залучені до збирання, такої їх кількості, яка б уможливила досягнення потрібного годинного темпу -  $N_{\text{гк}} = W_{\text{гк}} : W_{\text{гк}}^i$ ; 8) прогнозування для множини комбайнів  $N_{\text{гк}}$  середнього значення розподілу тривалості циклу  $t_{\text{цк}}$  між замовленнями комбайнів на вивантаження бункера; 9) для заданої віддалі між полем і током визначення середньої тривалості перебування автомобілів на маршруті  $t_{\text{ма}}$ ; 10) визначення потрібної кількості автомобілів -  $N_{\text{а}} = t_{\text{ма}} : t_{\text{цк}}$ ; 11) обґрунтування доцільності застосування перевантажувача; 12) статистичне імітаційне моделювання системи «поле-комбайни-транспортні засоби» та уточнення параметрів комбайнового та транспортного комплексів.

Таким чином, запропонований підхід до обґрунтування параметрів комбайнового і транспортного комплексів дає змогу системно узгодити збиральні та транспортні роботи за мінімального обсягу виконання комп'ютерних експериментів.

## Висновки

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.

Розроблений метод узгодження збиральних і транспортних робіт у процесах оперативного планування функціонування систем-проектів «поле-комбайни-транспортні засоби» передбачає встановлення таких параметрів комбайнових і транспортних комплексів, які дають змогу за мінімальних їх значень виконати відповідні системи-проекти у задані терміни.

Література

1. Цін Є.І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.22 /Цін Євген Іванович . – Львів, 2002. –137 с.
2. Кацлапович М.С. Транспортные работы на уборке / М.С. Кацлапович, Л.Ф. Кормаков, Р.Б. Финнель. – М.: Россельхозиздат, 1972. – 192с.
3. Сидорчук Л.Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проєктах систем централізованого збирання ранніх зернових культур: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проєктами та програмами» / Л.Л. Сидорчук. – Львів, 2008. – 18 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1976. – 576 с.

*Обґрунтовано потребу узгодження інтегрованих програм збирання ранніх зернових культур в Україні. Здійснено класифікацію задач управління інтегрованими програмами збирання ранніх зернових культур. Означено задачі узгодження виробничих та сервісних проєктів у програмах збирання ранніх зернових культур*

*Ключові слова: управління, інтегрована програма, збирання, ранні зернові, задачі*

*Обоснована необходимость согласования интегрированных программ сбора ранних зерновых культур в Украине. Осуществлена классификация задач управления интегрированными программы сбора ранних зерновых культур. Очерчены задачи согласования производственных и сервисных проектов в программах сбора ранних зерновых культур*

*Ключевые слова: управление, интегрированная программа, сбор, ранние зерновые, задачи*

*The necessity of matching problems for integrated programs of early grain harvest in Ukraine is grounded. The classification of management tasks on integrated programs of early grain harvest is done. The matching problems of product and service projects in early grain harvest programs are marked*

*Keywords: management, integrated program, harvest, early grain, tasks*

УДК 658.631.3

## ОЗНАЧЕННЯ ЗАДАЧ УЗГОДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ПРОГРАМ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**О.В. Сидорчук**

Доктор технічних наук, професор, заступник директора\*

Контактний тел.: 067-322-03-23

E-mail: sydov@ukr.net

**А.М. Тригуба**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра управління проєктами та безпеки виробництва

Львівський національний аграрний університет

вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський район,

Львівська область, Україна, 80381

Контактний тел.: 067-379-19-57

E-mail: trianamik@mail.ru

**О.В. Макарчук**

Ассистент

Кафедра технічного сервісу та інженерної екології

Житомирський національний агроєкологічний університет

вул. Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

Контактний тел.: 098-596-92-11

E-mail: shumakar@rambler.ru

**В.І. Скібчик**

Аспірант\*

Контактний тел.: 097-208-13-60

E-mail: skibczyk@mail.ru

\*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України  
вул. Вокзальна, 11, смт. Глеваха-1, Васильківський район,  
Київська область, Україна, 08631

Постановка проблеми

На даний час існує низка проблем щодо ефективного збирання ранніх зернових культур. Для вирі-

шення цих проблем реалізуються відповідні програми, які є інтегрованими, так як вміщують в собі взаємопов'язані проєкти [1]. Управління інтегрованими програмами потребує вирішення низки задач,