

УДК 658.631.3

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ УЗГОДЖЕННЯ ЗБИРАЛЬНИХ І ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ

*В. Іванишин, д. е. н., Т. Гуцол, к. т. н., С. Комарніцький, к. т. н.
Подільський державний аграрно-технічний університет*

Постановка проблеми. Ефективне управління збиральними й транспортними роботами у проєктах збирання раних зернових, зокрема їх узгодження, неможливе без детального аналізу ситуацій, характерних для технологічних складових систем-проєктів. Означені події, що відбуваються в цих проєктах, є важливими елементами моделі збирально-транспортних робіт. Однак вони не повною мірою характеризують усю палітру ситуацій, які виникають під час взаємодії між технологічними складовими проєктів – предметами праці й технічними засобами, за допомогою яких виконавці проєктів здійснюють збирання зерна на тому чи іншому полі та транспортування його до току. Відсутність у моделях цих ситуацій є нерідко причиною помилкових управлінських рішень, що знижує ефективність проєктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що комбайнове збирання раних зернових культур можна виконувати за двома основними технологіями: 1) роздільною; 2) прямого комбайнування [1; 5]. Роздільна технологія передбачає спочатку укладання достиглої до молочно-воскової стиглості зерностеблової маси у валки, досягання її у валках до повної стиглості та комбайнове обмолочування валків. У цьому разі час досягання зерностеблової маси з воскової до повної стиглості скорочується на 5–7 діб [4]. Однак за роздільної технології збирання виникає ризик того, що укладену у валки зерностеблову масу може намочити дощ і подальше перебування її у зволоженому стані впродовж достатньо тривалого часу зумовить більші втрати вирощеного врожаю, ніж би збирання проводили прямим комбайнуванням [2]. Іншими словами, вибір технологій збирання раних зернових культур є важливим елементом підвищення ефективності відповідних проєктів за умови недостатньої забезпеченості сільськогосподарських підприємств комбайнами та наявності певної погоди в період жнив. Це є підставою для розроблення методів узгодження збиральних і транспортних робіт за умови використання як роздільної технології, так і технології прямого комбайнування [3].

Постановка завдання. Необхідно розглянути ситуаційні стани, які виникають у проектах збирання зернових культур під час узгодження збиральних і транспортних робіт та їх вплив на ефективність робіт у проектах.

Виклад основного матеріалу. Аналізуючи події в проектах збирання ранніх зернових культур, необхідно розкрити їх причинно-наслідкові зв'язки, що системно зумовлюють стани, в яких перебувають зерностеблова 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 такі 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 в дорозі між полем і током. Таким чином, якщо не розглядати технологічних і технічних відмов комбайнів і транспортних засобів, то виділяються 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 перебуває в дорозі (T_d); транспорт очікує наповнення бункера комбайна (T_o); транспорт завантажується (T_d). Згадані ситуації можна відобразити через стани

технологічних складових таким чином: 1) $K_e T_3$; 2) $K_p T_d$; 3) $K_p T_o$; 4) $K_o T_d$.

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

Кожен із чотирьох ситуаційних станів системи-проекту збирання ранніх зернових культур виникає в часі ймовірно і характеризується певною тривалістю (t_{cc}). Періодичність виникнення зазначених ситуаційних станів визначається, як уже згадувалося, періодичністю ($t_{нб}$) наповнення зерном бункера комбайна та періодичністю (t_{dT}) перебування транспортного засобу в 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 в 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 і вивантаження бункера комбайна ($t_{ци} = t_{нб} + t_{вб}$) 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 $K_o T_d$, 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 (наприклад, робочу добу), які характеризуються станом $K_p T_o$, буде більшим над числом ситуацій зі станом $K_o T_d$. Тобто простої транспортного засобу домінуватимуть над простоями комбайна.

Простої транспортного засобу дорівнюватимуть простоям комбайна, якщо математичні сподівання тривалостей робочих циклів комбайна і транспортного засобу будуть рівними між собою: $\bar{t}_{цТ} = \bar{t}_{цК}$.

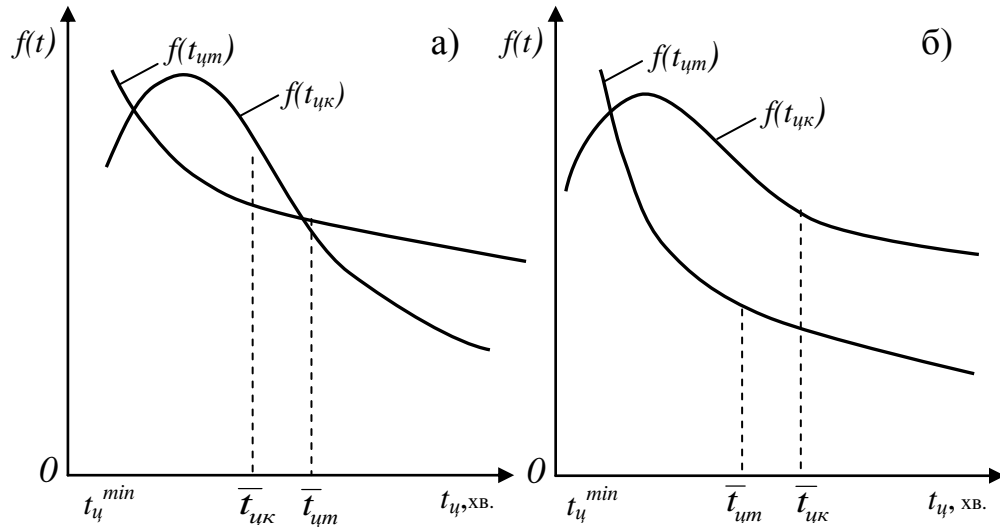


Рис. 1. Розподіли тривалостей робочих циклів комбайна та транспортного засобу за відсутності їх взаємовпливів для характерних умов: а) математичне сподівання робочого циклу $\bar{t}_{цК}$ комбайна менше від математичного сподівання робочого циклу $\bar{t}_{цТ}$ транспортного засобу; б) математичне сподівання робочого циклу $\bar{t}_{цТ}$ транспортного засобу менше від 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-продукту може зростати в міру збільшення числа транспортних засобів. Власне, число транспортних засобів визначає число ситуаційних станів.

Аналізуючи функціонування системи-проекту «поле – комбайн – два транспортні засоби», доходимо 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 в таких самих 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 міжсуміжними появами транспортних засобів (\bar{t}_{CT}) на полі після обслуговування окремих замовлень. Як і в згаданому випадку, коли один комбайн обслуговує один транспортний засіб (див. рис. 1), так і в 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 простоя 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 розподіл тривалості t_{ukr} кожного з них характеризується математичним сподіванням \bar{t}_{ukr} , матимемо:

$$\bar{t}_{cK} = (\sum_r \bar{t}_{ukr}) / r. \quad (1)$$

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

$$\bar{t}_{ct} = (\sum_r \bar{t}_{ur}) / r. \quad (2)$$

Зазначимо, що розглядається система-проект “поле – комбайни – транспортні засоби“, у якій вантажність бункерів комбайнів і транспортних засобів є однаковою, що уможливорює знеособлене транспортне обслуговування комбайнів.

На особливу увагу заслуговує розгляд ситуаційних станів технологічних складових системи-проект “поле – комбайни – перевантажувачі – транспортні засоби“. Кожен із комбайнів цієї системи, як і за попередніх методів організації транспортних робіт, може перебувати в таких трьох станах: робочому (K_p), вивантажуватися ($K_{\delta\delta}$), простоювати (очікувати) вивантаження бункера (K_o). Перевантажувальний засіб може перебувати у таких станах: завантажуватися зерном (P_3), очікувати на завантаження (P_o), очікувати на розвантаження (перевантаження) (P_{op}) і розвантажуватися в транспортні засоби (P_{pT}). Водночас транспортні засоби можуть перебувати в таких станах: знаходитися в дорозі (T_δ), очікувати завантаження (T_o), завантажуватися з бункера комбайна ($T_{зк}$), завантажуватися з перевантажувального засобу ($T_{зн}$). Ситуаційні стани системи-проект в 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) $K_p P_{o3} T_\delta$; 3) $K_p P_{op} T_\delta$; 4) $K_{\delta\delta} P_3 T_o$; 5) $K_{\delta\delta} P_3 T_\delta$; 6) $K_{\delta\delta} T_3 P_{o3}$; 7) $K_{\delta\delta} T_3 P_{op}$; 8) $K_p P_{pT} T_3$; 9) $K_o P_{pT} T_3$; 10) $K_o P_{op} T_\delta$; 11) $K_{\delta\delta} P_3 T_\delta$.

Аналізуючи окреслені ситуаційні стани системи-проект, можна зауважити, що найбільш небажаним (непродуктивним) 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.

Зазначимо, 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 в 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 Mega 204 – 4 од.; пропускна здатність 9,8 кг/с; ширина захвату жнивarki – 6 м; об'єм бункера – 6,2 м³. Транспортну підсистему становить 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 використанням перевантажувача та без нього (рис. 2). Окрім того, дослідили питомі простой 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%.

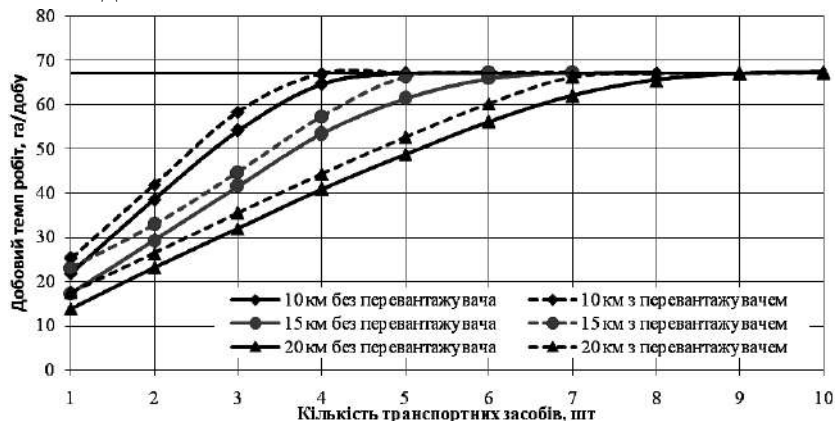


Рис. 2. Залежність темпу збирання від рівня забезпеченості транспортом для різних значень віддалі перевезень урожаю з використанням перевантажувача та без нього.

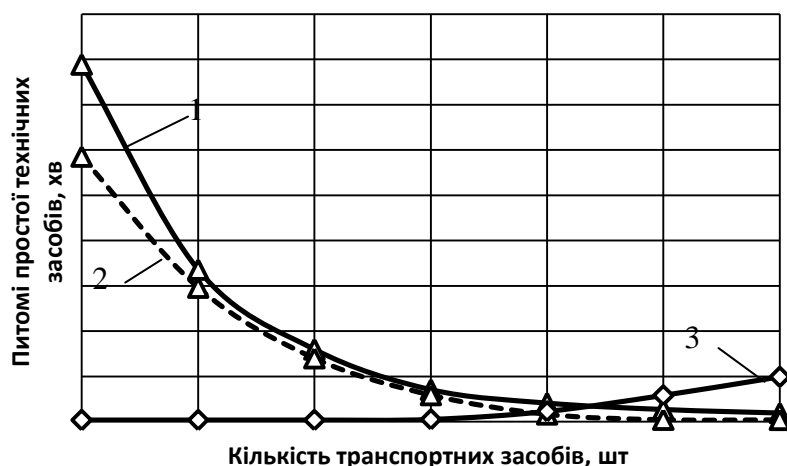


Рис. 3. Залежність питомих простоїв технічних засобів для віддалі перевезення зерна – 15 км: 1 – питомі простої комбайнів без використання перевантажувача, 2 – питомі простої комбайнів з використанням перевантажувача, 3 – питомі простої автомобілів за використання перевантажувача та без нього.

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

Висновки. Аналітично доведено, що узгодження збиральних і транспортних робіт досягають 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 і 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.

Використання перевантажувача дає змогу знизити простої комбайнів, що, у свою чергу, підвищує їх продуктивність, проте його використання не впливає на тривалість простоїв транспортних засобів.

Бібліографічний список

1. Лихочвор В. В. Рослинництво : технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор. – Львів : НВФ «Українські технології», 2002. – 800 с.

2. Панюра Я. Й. Методи та моделі управління змістом та часом у проектах збирання ранніх зернових культур : автореф. дис. на здобуття наук.ступеня. канд. техн. наук : спец. 05.13.22 / Я. Й. Панюра. – Львів, 2010. – 20 с.

3. Сидорчук О. Інженерія машинних систем : монографія / О. Сидорчук. – К. : ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – 263 с.

4. Управління збиранням олійних і зернових культур : головні науково-методичні засади та рекомендації / [О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. О. Тимочко та ін.]. – К. : ННЦ «ІМЕСГ», 2009. – 18 с.

5. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 / Є.І. Ціп. – Львів, 2002. – 15 с.

ІванишинВ., ГуцолТ., КомарніцькийС. Науково-методичні основи узгодження збиральних і транспортних робіт

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

Відомо, що комбайнове збирання ранніх зернових культур можна виконувати за двома основними технологіями: 1) роздільною; 2) прямого комбайнування. 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 зерностеблову масу може намочити дощ і подальше перебування її у зволоженому стані впродовж достатньо тривалого часу зумовить більші втрати вирощеного врожаю, ніж за збирання прямим комбайнуванням. Іншими словами, вибір технологій збирання ранніх зернових культур є важливим елементом підвищення ефективності

відповідних проектів за умови недостатньої забезпеченості сільськогосподарських підприємств комбайнами та наявності певної погоди в період жнив. Це є підставою для розроблення методів узгодження збиральних і транспортних робіт за умови використання як роздільної технології, так і технології прямого комбайнування.

Аналітично доведено, що узгодження збиральних і транспортних робіт досягають 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 і 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.

Використання перевантажувача дає змогу знизити простой комбайнів, що, у свою чергу, підвищує їх продуктивність, проте його використання не впливає на тривалість простоїв транспортних засобів.

Ключові слова: проект, збирання і транспортування, зернові культури, стан, комбайни, вантажні автомобілі, час простою.

IvanyshynV., GutsolT., KomarnitskiyS. Scientific and methodological foundations reconciliation collection and transportationwork

Effective management of harvest and transport of projects gathering early grain crops, including their agreement not possible without detailed analysis of situations specific to the technological components of projects. The mentioned events in these projects are important elements of the model of harvesting and transport operations. However, they do not fully describe the whole range of situations that arise in the interaction between technological components of the project – the subject of labor and the technical means by which artists perform projects picking corn in a given field and transporting it to flow. Lack of models of these situations are often the cause of erroneous administrative decisions, which reduces the effectiveness of projects.

It is known that combine harvesting of early grain crops can be performed in two main technologies: 1) resolution; 2) direct harvesting. Resolution technology provides first conclusion of mature weight in rolls, rolls it in ripening to full maturity and threshing combine rolls. In this case, a mass of wax ripening to full maturity shortened to 5-7 days. However, the

separate assembly technology there is a risk that rolls enclosed in a lot of rain can soak and further its stay in a humidified state within a sufficiently long period will lead to greater losses grown crop than have collection conducted direct combine harvesting. In other words, the choice of technology gathering early grain crops is an important element in improving the efficiency of relevant projects in low security farm combines and the availability of certain weather during harvest. This is the basis for the development of methods of harvesting and transport coordination works when using a separate technology and direct harvesting technology.

Analytical proved that coordination of harvesting and transport operations achieved provided equal durations between adjacent orders harvesters discharge hopper and appearances between adjacent vehicles on the field after individual service orders. The probable nature of these durations requires determining the parameters and theoretical laws of distributions to be early to predict and on this basis to justify management decisions that ensure appropriate coordination of work, choice of transport works execution and installation of structures transport system subsystem project gathering early grain crops.

Using a simple overload can reduce harvesting, which in turn increases their productivity, but it will not affect the length of idle vehicles.

Keywords: project, harvesting and transport operation, grain crops, state, combines, lorries, idle time.

ИванишинВ., ГуцолТ., КомарницкийС. Научно-методические основы согласования уборочных и транспортных работ

Эффективное управление уборочными и транспортными работами в проектах уборки ранних зерновых, в частности их согласования, невозможно без детального анализа ситуаций, характерных для технологических составляющих систем-проектов. Указанные события, происходящие в данных проектах, являются важными элементами модели уборочно-транспортных работ. Однако они не в полной мере характеризуют всю палитру ситуаций, которая возникает при взаимодействии между технологическими составляющими проектов – предметами труда и техническими средствами, с помощью которых исполнители проектов осуществляют сбор зерна на том или ином поле и транспортировку его к току. Отсутствие в моделях этих ситуаций является нередко причиной ложных управленческих решений, что снижает эффективность проектов.

Известно, что комбайновую уборку ранних зерновых культур можно выполнять по двум основным технологиям: 1) раздельной; 2) прямого комбайнирования. Раздельная технология предусматривает сначала укладывание созревшей к молочно-восковой спелости зерностеблевой массы в валки, созревания ее в валках к полной спелости и комбайновый обмолот валков. В этом случае время созревания зерностеблевой массы от восковой к полной спелости сокращается на 5 – 7 суток. Однако при раздельной технологии уборки возникает риск того, что уложенную в валки зерностеблевую массу может намочить дождь и дальнейшее пребывание ее в увлажненном состоянии в течение достаточно длительного времени приведет к большим потерям выращенного урожая по сравнению с уборкой проводимой прямым комбайнированием. Иными словами, выбор технологий уборки ранних зерновых культур является важным элементом повышения эффективности соответствующих проектов при недостаточной обеспеченности сельскохозяйственных предприятий комбайнами и наличии определенной погоды в период уборки. Это является основанием для разработки методов согласования уборочных и транспортных работ при использовании как раздельной технологии, так и технологии прямого комбайнирования.

Аналитически доказано, что согласования уборочных и транспортных работ достигаются при условии равенства длительностей между смежными заказами комбайнов на выгрузку бункера и между смежными появлениями транспортных средств на поле после обслуживания отдельных заказов. Вероятностный характер этих длительностей требует определения параметров и теоретических законов их распределений, которые следует заблаговременно прогнозировать и на этой основе обосновать управленческие решения, обеспечивающие согласование соответствующих работ, выбор метода выполнения транспортных работ и установление структуры транспортной подсистемы системы-проекта уборки ранних зерновых культур.

Использование перегружателя позволяет снизить простои комбайнов, что, в свою очередь, повышает их производительность, однако его использование не влияет на продолжительность простоев транспортных средств.

Ключевые слова: проект, уборка и транспортировка, зерновые культуры, состояние, комбайны, грузовые автомобили, время простоя.