

## ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ЗЕРНОВОГО ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ GPSS

Лубко Д.В., к.т.н.,

Зінов'єва О.Г., ст.викл.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

**Постановка проблеми.** Автомобільний транспорт є основним видом транспорту в сільському господарстві, на частку якого припадає до 80% всього обсягу перевезень. При визначенні потрібної кількості автомобілів для обслуговування зернозбиральних комбайнів у складі збирально-транспортного комплексу для відповідних природно-кліматичних умов за відомими методиками невідомо, чи буде при даному співвідношенні комбайнів і автомобілів досягнута ефективна робота збирально-транспортного комплексу, тобто чи комбайни будуть наповнювати бункери зерном, а автомобілі своєчасно транспортувати зерно на тік або склади господарства.

Тривалість збирання зернових культур залежить від: наявності, технічного стану та роботоздатності збиральної техніки, транспортних засобів, організації роботи збирально-транспортних комплексів, погодних умов і інших факторів [1]. У період збирання зернових велика кількість комбайнів простоює з технічних причин, що збільшує строк виконання робіт і приводить до великих втрат зерна.

Важливим під час збирання врожаю є не допустити простоювання зернозбиральних машин через відсутність транспортних засобів, або ж простоювання самих транспортних засобів. Уникнути цього можна завдяки правильній організації збирально-транспортних робіт, для чого розраховують необхідну кількість зернозбиральної техніки (власної чи залученої), робота якої не допустить її простоювання.

Оперативне управління комплексом збирально-транспортних робіт вимагає від його організаторів ліквідації простоїв зернозбиральних комбайнів і автотранспортних засобів та узгодження технологічних параметрів обслуговуючих механізмів. Головний результат злагодженої роботи збирально-транспортних комплексів господарств полягає в визначенні оптимальних термінів збирання врожаю та розрахунку взаємної відповідності технічних параметрів агрегатів і механізмів комплексу [2].

При збільшенні відстані перевезень і використанні високопродуктивних транспортних засобів для забезпечення їх безперебійної роботи в виробничих умовах відбувається

необґрунтоване збільшення технічних засобів при їх наявності, що веде до простоїв останніх. Збільшення тривалості операцій призводить до зменшення ефективності використання як прибиральних машин, так і транспортних засобів [3].

Питаннями аналізу роботи зернового (і не тільки) збирально-транспортного комплексу та обґрунтування його складу, особливостей та визначення технічних характеристик, а також принципами покращання та поліпшення ефективності роботи таких комплексів в сучасних умовах було частково розкрито в працях таких закордонних науковців, як Rogovskii I.L. [4], Arifin Moh Zainal [5], Kleijnen J.P.C. [6], Narchol-Balter M. [7], Villarreal Gonzalo Luján [8]. Зараз багато і вітчизняних науковців також активно займаються теоретичними та практичними аспектами імітаційного моделювання та проблематикою роботи збирально-транспортних комплексів, а це вчені: Лубко Д.В. [9], Зінов'єва О.Г. [9], Шаров С.В. [9], Кравець І.О. [10], Загорянський В.Г. [11], Гайкова Т.В. [11], Хорольський В.Л. [11], Кузев І.О. [11], Домуші Д. [1], Петрик А.В. [2], Мамука Б. [3].

Проте сучасне становище даної проблемної області визначає необхідність ще більших досліджень та пошук оптимальних рішень щодо покращання ефективності роботи таких комплексів у житті. Також, не зважаючи на значну кількість праць присвячених вивченню даної проблематики, чимало питань залишаються досі невирішеними і потребують переосмислення та корегування.

**Основні матеріали дослідження.** Під час руху по полю зернозбиральних комбайнів у складі збирально-транспортного комплексу постійно виникають заявки на обслуговування (розвантаження бункерів наповнених зерном в кузов автомобіля). Після задоволення заявки на обслуговування (розвантаження бункера) комбайн продовжує роботу і виникають нові заявки. Різноманіття факторів, що впливають на хід збирально-транспортних операцій, визначає імовірнісний характер процесу, що, в свою чергу, зумовлює технологічні простої автомобілів в очікуванні розвантаження. Якщо технологічно необхідна величина простоїв автомобілів в очікуванні навантаження не враховується при визначенні потреби в рухомому складі при комплектуванні збирально-транспортних бригад, будуть простоювати комбайни, в результаті чого їх вироблення знизиться на 10–15% [11].

Основна вимога до побудови поточних процесів збирання врожаю є в забезпеченні роботи зернозбиральних (та інших) комбайнів без простоїв з причин відсутності транспортних засобів.

Такі системи вивчають шляхом моделювання. У нашому випадку імітаційне моделювання передбачало розробку алгоритму моделювання та використання «системи моделювання дискретних систем» (GPSS), яка є найбільш поширеною системою імітаційного моделювання у світовій практиці.

У складі збирально-транспортного ланки –  $m$  зернозбиральних комбайнів. У процесі збирання зернових культур вони стають джерелом потоку заявок обслуговування у вигляді наповнених зерном бункерів. Для вивезення зерна необхідно передбачити транспортні засоби (канали обслуговування). Для визначення технологічно необхідного часу простою автомобілів в очікуванні навантаження застосовується математичний апарат теорії масового обслуговування. У математичній моделі збирально-транспортна бригада (комплекс) представляється як системи масового обслуговування з очікуванням, у якій обслуговуючим апаратом є автомобіль, тим, що обслуговується - комбайн.

*Опишемо докладно принцип роботи розробленої нами імітаційної моделі.* Структурна схема розробленої програми моделювання наведена на рисунку 1.

Моделювання починається, коли транзакт (комбайн) приступає до збирання. Каналами обслуговування є транспортні засоби. Система є замкнутою багатоканальною системою масового обслуговування. Потік вимог (заявок) обслуговування в ній характеризується інтенсивністю -  $\lambda$ , а пропускна спроможність каналів обслуговування заявок - інтенсивністю обслуговування -  $\mu$ .

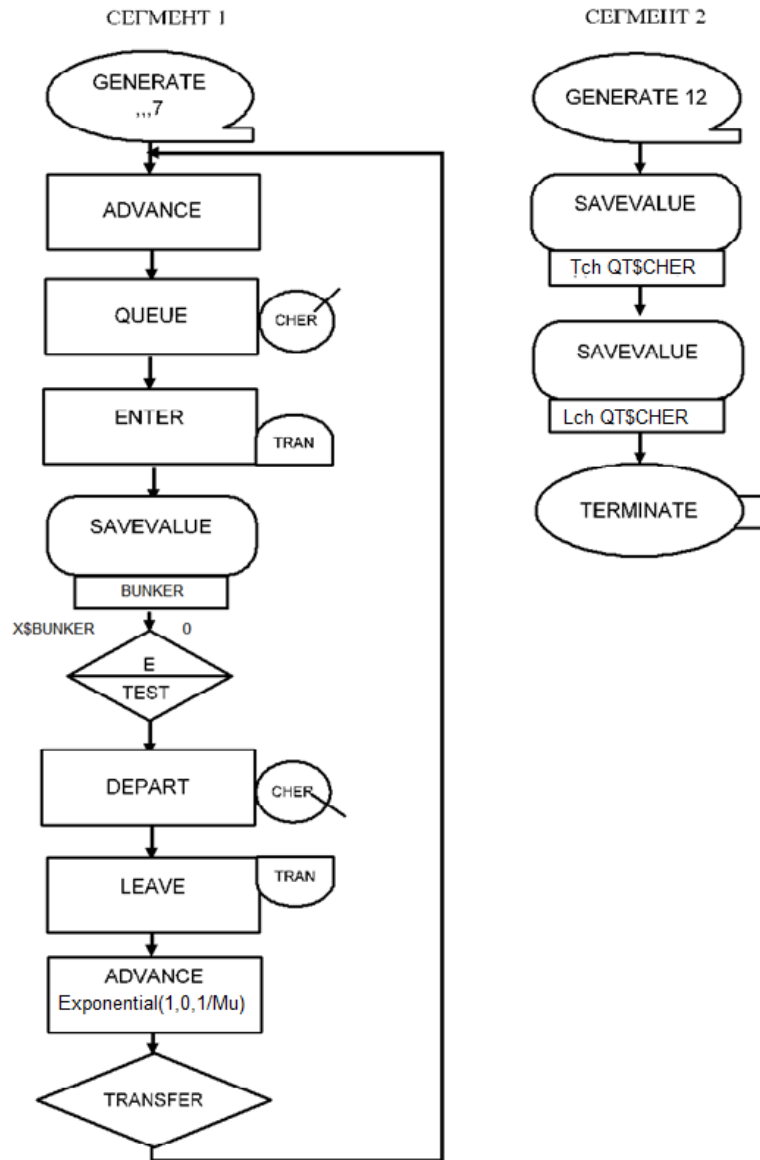
Комбайн, заповнений зерном, становиться в чергу (CHER) на очікування вільного транспортного засобу.

При входженні в пристрій обслуговування TRAN він розміщує в BUNKER (комірку пам'яті) одиницю і затримується до тих пір, поки ця комірка не буде дорівнювати нулю (рис. 1).

Виявивши порожній BUNKER, комбайн одразу ж виходить з пристрою і звільняє місце наступному. Статистика очікування транспорту для комбайнів збирається за допомогою блоку CHER. Далі, після затримки на розвантаження, транзакт повертається в початок циклу. Після закінчення зміни, транзакти видаляються з моделі (імітація закінчення роботи).

За допомогою блоків SAVEVALUE  $T_p(QT\$CHER+1/Mu)$  і SAVEVALUE  $Lch QA\$CHER$  визначаються відповідно час очікування комбайнів в черзі та середня довжина черги, тобто кількість комбайнів, які очікують транспортний засіб (рис. 1).

*Примітка.* В даній моделі ми не враховуємо перевезення транспортними засобами зерна на приймальний пункт і розвантаження їх, хоча для повноти експерименту необхідно врахувати всі фактори. Ми обмежимося тільки розподілом комбайнів за транспортними засобами.



**Рис.1. Структурна схема імітаційної моделі**

Відповідно до цієї блок-схеми програмний код в пакеті GPSS буде виглядати наступним чином (дивись нижче).

Лістинг коду програми:

```

In EQU 15.85
Mu EQU 1.79
TRAN STORAGE 9
GENERATE , , , 7
A ADVANCE (Exponential(1,0,1/In))
  QUEUE CHER
  ENTER TRAN
  SAVEVALUE BUNK,1
  TEST E X$BUNK,0
  DEPART CHER
  LEAVE TRAN
  ADVANCE (Exponential(1,0,1/Mu))
  TRANSFER ,A
GENERATE 12
  
```

```

SAVEVALUE Tr(QT$CHER+1/Mu; середній час простою
техніки
SAVEVALUE Lch QA$CHER; середня довжина черги
TERMINATE 1

```

Після прогону моделі ми отримуємо дані про кількість входів транзактів в кожен блок моделі, коефіцієнт завантаженості каналів обслуговування, середній час перебування транзактів в моделі, середню кількість транзактів, що очікують на обслуговування.

Фрагмент лістингу роботи програми наведено на рисунку 2.

З результатів роботи розробленої програми у системі моделювання GPSS видно, що при використанні 7 транспортних засобів для 7 зернозбиральних комбайнів завантаженість транспортних засобів дорівнює 99,3% (0,993). При цьому в середньому за зміну 6,9 комбайнів очікують вивантаження зерна, що свідчить про недостатність транспортних засобів для обслуговування комбайнів.

**Висновки.** Виконано проектування імітаційної моделі роботи зернового збирально-транспортного комплексу за допомогою системи імітаційного моделювання GPSS.

```

QUEUE          MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME  AVE.(-0) RETRY
CHER           7      7      7      0      6.953      11.919      11.919  0

STORAGE       CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
TRAN          7      0      0      7      7      1      6.953 0.993  0      0

SAVEVALUE     RETRY      VALUE
BUNKER        7          1.000
TP            0          12.478
LCH           0          6.953

FEC XN  PRI      BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER  VALUE
  9     0      24.000      9      0      11

```

**Рис. 2. Фрагмент лістингу роботи розробленої програми**

На підставі проведеного проектування імітаційної моделі зернового збирально-транспортного комплексу було визначено, що при використанні 7 транспортних засобів для 7 зернозбиральних комбайнів завантаженість транспортних засобів дорівнює 99,3% (0,993), що є гарним показником поліпшення ефективності роботи даного комплексу.

**Список використаних джерел:**

1. Домуші Д., Устюянов П., Єнакієв Ю., Ліпін А. Ефективність використання збирально-транспортних комплексів по експлуатаційним та енергетичним показникам. 2019.

2. Петрик А.В. Формування оптимальної інфраструктури транспортних систем в агропромисловому виробництві. *Вісник [Національного транспортного університету]*. 2013. №28. С. 371 – 379.

3. Мамука Б. Методи обґрунтування параметрів збирально-транспортних комплексів. *Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура»*. 2019. С. 32.

4. Rogovskii I.L. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424–431.

5. Arifin Moh Zainal. Applications of Queuing Theory in the Tobacco Supply. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015, Volume 3. P. 255–261

6. Kleijnen J.P.C. Sensitivity Analysis of Simulation Models. *CentER Discussion Paper Series*. 2009. Vol. 11. P. 15. URL: <http://ssrn.com/abstract=1340449>

7. Harchol-Balter M. Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action. *Cambridge University Press, Cambridge*. 2013. P. 576

8. Villarreal Gonzalo Luján, De Giusti Marisa y Texier, José (2013). GPSS Interactive Learning *Environment. the Online Journal of New Horizons in Education*, vol. 3, no. 1 Pages 32–39. URL: <https://www.academica.org/marisa.de.giusti/23>

9. Лубко Д.В., Шаров С.В., Зінов'єва О.Г. Проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії очищення гною на тваринницькій фермі. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Т. 33(72). №3. С. 56–60.

10. Кравець І.О. Імітаційне моделювання: навч. посіб. до виконання практ. робіт із дисциплін «Моделювання систем» та «Ситуаційні моделі». *Чорномор. держ. ун-т ім. Петра Могили. Миколаїв: ЧДУ ім. Петра Могили*, 2010. 107 с.

11. Загорянський В.Г., Гайкова Т.В., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу збирально-транспортного комплексу для врожаю зернових як системи масового обслуговування. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. №2. С. 146–151.