

Поляшенко С.О.,
Єсіпов А.В.,
Шушляпін С.В.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка
E-mail: s.polyashenko@gmail.com

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
ЗБИРАЛЬНИХ МАШИНИ З ТРАНСПОРТНИМИ
ЗАСОБАМИ**

УДК 631.374

Поляшенко С.О., Єсіпов А.В., Шушляпін С.В. «Визначення ефективності роботи збиральних машин з транспортними засобами»

Масове збирання цукрового буряка проводять при груповому використанні збиральних комплексів машин, включених до складу збирально-транспортного загону. Роботу організують, щоб весь зібраний буряк протягом доби був вивезений на бурякоприймальні пункти. Недотримання цієї умови призводить до значних втрат врожаю, зниження технологічної якості сировини. Потреба транспортних засобів для вивезення коренеплодів в технологічному процесі збирання буряка має величезне значення. Кількісний склад машинотракторного парку визначається на основі річних планів механізованих робіт. Вихідними даними в цьому випадку є структура посівних площ на плановані і наступні роки (сівозмінна) та технологічні карти обробітку планованих сільськогосподарських культур.

Такий підхід дозволяє визначити типаж машинотракторного парку з урахуванням агротехнічних вимог до обробітку різних сільськогосподарських культур. У реальних умовах роботи збирального комплексу складові формули для визначення кількості транспорту залежать від великої кількості неврахованих факторів, що визначають їх істотно випадковий характер. Тому фактична кількість транспорту може істотно відрізнятися від розрахункового, обчисленого за формулою. Спільна робота збиральної машини з транспортом розглянута на основі теорії системи масового обслуговування, ототожнивши транспорт з вхідним потоком вимоги, а збиральну машину - з каналом обслуговування. Такий підхід застосований для розрахунків параметрів циклічних транспортних систем до збиральних машин. Отримано формули для розрахунку необхідної кількості транспортних засобів для забезпечення безперебійної роботи збирального комплексу. Визначено вероятність і середній час простоїв збиральної машини в очікуванні транспортних засобів із застосуванням теорії масового обслуговування при поточному або перевалочному способах збирання.

Ключові слова: збиральний комплекс, транспортний засіб, цукровий буряк, теорія системи масового обслуговування.

Поляшенко С.А., Єсіпов А.В., Шушляпін С.В. «Определение эффективности работы уборочных машины с транспортными средствами»

Массовую уборку сахарной свеклы проводят при групповом использовании уборочных комплексов машин, включенных в состав уборочно-транспортного отряда. Работу организуют, чтобы вся собранная свекла в течение суток была вывезена на свеклоприемные пункты. Несоблюдение этого условия приводит к значительным потерям урожая, снижению технологического качества сырья. Потребность транспортных средств для вывоза корнеплодов в технологическом процессе уборки свеклы имеет огромное значение. Количественный состав машинотракторного парка определяется на основе годовых планов механизированных работ. Исходными данными в этом случае является структура посевных площадей на планируемую и последующие годы (севооборот) и технологические карты возделывания планируемых сельскохозяйственных культур.

Такой подход позволяет определить типаж машинотракторного парка с учетом агротехнических требований к обработке различных сельскохозяйственных культур. В реальных условиях работы сборочного комплекса составляющие формулы для определения количества транспорта зависят от большого количества неучитываемых факторов, определяющих их существенно случайный характер. Поэтому фактическое количество транспорта может существенно отличаться от расчетного, вычисленного по формуле. Совместная работа уборочной машины с транспортом рассмотрена на основе теории системы массового обслуживания, отождествив транспорт с входным потоком требования, а уборочную машину - с каналом обслуживания. Такой подход применен для расчетов параметров циклических транспортных систем в уборочных машинах. Получены формулы для расчета необходимого количества транспортных средств для обеспечения бесперебойной работы уборочного комплекса. Определены вероятность и среднее время простоев уборочной машины в ожидании транспортных средств с применением теории массового обслуживания при поточном или перевалочном способах уборки.

Ключевые слова: уборочный комплекс, транспортное средство, сахарная свекла, теория системы массового обслуживания.

S. Polyashenko, A. Yesipov, S. Shushlyapin "Determining the efficiency of harvesting machines with vehicles "

Mass harvesting of sugar beet is carried out with group use of harvesting complexes of machines included in the harvesting and transport detachment. The work is organized so that all harvested beets during the day were taken to the beet reception points. Failure to comply with this condition leads to significant crop losses, reducing the technological quality of raw materials. The need for vehicles for the export of root crops in the technological process of harvesting beets is of great importance. The quantitative composition of the machine-tractor fleet is determined on the basis of annual plans of mechanized works. The initial data in this case are the structure of sown areas for the planned and subsequent years (crop rotation) and technological maps of cultivation of planned crops.

This approach allows to determine the type of machine-tractor fleet taking into account the agronomic requirements for the cultivation of different crops. In real conditions of operation of the harvesting complex, the components of the formula for determining the amount of transport depend on a large number of unaccounted factors that determine their significantly random nature. Therefore, the actual number of vehicles may differ significantly from the estimated, calculated by the formula. The joint work of the harvesting machine with the transport is considered on the basis of the theory of the queuing system, identifying the transport with the incoming flow of demand, and the harvesting machine - with the service channel. This approach is used to calculate the parameters of cyclic transport systems for harvesting machines. Formulas for calculating the required number of vehicles to ensure the smooth operation of the harvesting complex are obtained. The probability and average downtime of the harvesting machine in anticipation of vehicles using the theory of queuing in flow or transshipment methods of harvesting are determined.

Keywords: *harvesting complex, vehicle, sugar beet, queuing system theory.*

Вступ

Масове збирання цукрового буряка проводять при груповому використанні збиральних комплексів машин, включених до складу збирально-транспортного загону. Роботу організують, щоб весь зібраний буряк протягом доби був вивезений на бурякоприймальні пункти. Недотримання цієї умови призводить до значних втрат врожаю, зниження технологічної якості сировини [1–2]. Потреба транспортних засобів для вивезення коренеплодів в технологічному процесі збирання буряка має величезне значення.

Аналіз останніх досліджень

Економія ресурсів в аграрному секторі залежить, перш за все, від механізму підвищення ефективності машиновикористання, а ті безпосередньо пов'язані з великими площами землекористування. Кількісний склад машинотракторного парку в роботах [3–4] визначався на основі річних планів механізованих робіт.

Вихідними даними в цьому випадку є структура посівних площ на плановані і наступні роки (сівозміна) та технологічні карти обробітку планованих сільськогосподарських культур [5].

В роботі [6] формування машинотракторного парку здійснюється на основі технологічної потреби. Такий підхід дозволяє визначити типаж машинотракторного парку з урахуванням агротехнічних вимог до обробітку різних сільськогосподарських культур.

В роботі [6] також представлена номограма для розрахунку технологічної потреби в сільськогосподарській техніці від врожайності та обсягу виробництва.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є забезпечення безперебійної роботи збирального комплексу в технологічному процесі збирання врожаю.

Результати досліджень

Процес збирання врожаю збиральною машиною і навантаження його для відправки споживачеві складається з наступних складових (рис. 1): a_1 – збирання врожаю і навантаження його в транспортний засіб; a_2 – під'їзд наступного транспортного засобу під збиральну машину; a_3 – транспортування зібраного врожаю і під'їзд до місця розвантаження; a_4 – очікування розвантаження; a_5 – розвантаження транспортного засобу; a_6 – від'їзд транспортного засобу від місця розвантаження і переїзд до збиральної машини; a_7 – очікування своєї черги для навантаження врожаю. Терміни виконання робіт: $t_1 \dots t_7$ – випадкові величини; Початок і кінець проведення відповідних робіт: $A_0, A_1 \dots A_7$.

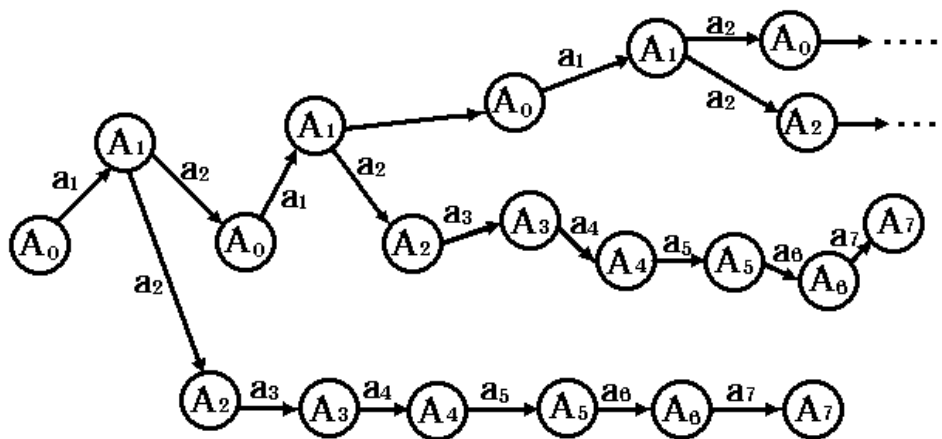


Рис. 1. Мережевий граф процесу збирання цукрових буряків

За прийнятою методикою [7] кількість транспортних засобів до збиральної машини обчислюється за формулою:

$$K = \frac{t_{zan} + t_1 + t_2 + t_p}{t_{zan}}, \quad (1)$$

де t_{zan} – час заповнення ємності транспорту;

t_1 – час руху завантаженого транспорту до місця вивантаження;

t_2 – час руху транспорту від місця вивантаження до збиральної машини;

t_p – час завантаження транспорту.

У реальних умовах роботи збиральної машини складові формули (1) залежать від великої кількості невраховуваних факторів, що визначають їх істотно випадковий характер. Тому фактична кількість транспорту може істотно відрізнятись від розрахункового, обчисленого за формулою (1).

Спільну роботу збиральної машини з транспортом можна розглянути на основі теорії системи масового обслуговування (СМО) [8], ототожнивши транспорт з вхідним потоком вимоги, а збиральну машину – з каналом обслуговування. Такий підхід був застосований в роботі [9] для розрахунків параметрів циклічних транспортних систем до збиральних машин. При збиранні цукрових буряків застосовують потоковий, перевалочний або поточно-перевалочний способи [1, 2], особливості яких не враховані в моделях, розглянутих в роботі [9].

У даній роботі розглядається найпростіший випадок, коли одну збиральну машину обслуговує K однотипних одиниць транспорту при поточному або перевалочному способах збирання сахарного буряка.

Приймаємо, що транспорт до збиральної машини утворює вхідний простий потік вимог з наступною дисципліною обслуговування: надійшов під навантаження транспорт, застав збиральну машину працюючу з транспортом, чекає своєї черги, тобто така система є СМО з необмеженим часом очікування. Ефективність системи при прийнятих припущеннях матиме місце і в інших умовах, що відрізняються від прийнятих [10].

Характеристикою вхідного потоку є його густина (інтенсивність):

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_p},$$

де $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \bar{t}_p$ – відповідні середні їх значення.

Закон розподілу часу $t_{зап}$ в рамках найпростішої теорії СМО прийнятий показовим.

У цьому випадку параметр обслуговування роботи збиральної машини дорівнює $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{зан}}$.

Можливі стани даної системи:

– K – збиральна машина обслуговує транспорт, $K = 1, 2, \dots$, а в черзі на обслуговування очікують, простоюючи, $(K-1)$ одиниць транспорту.

– 0 – збиральна машина простоює (блокована) в очікуванні транспорту.

Склавши диференціальні рівняння для ймовірності станів P розглянутої системи, отримаємо для стаціонарного випадку з урахуванням нормуючої умови систему:

$$\begin{aligned} -(\mu + \lambda)P_{1K} + \mu P_{1,K-1} + \lambda P_{2,0} &= 0; \\ \sum_{i=0}^K P_{1,i} + P_{2,0} &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

Рішення (2) знаходиться в залежності від параметра системи

$$\alpha = \frac{\mu}{\lambda} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_p}{\bar{t}_{зан}},$$

з урахуванням якого формула (1) може бути представлена у

вигляді $K = 1 + \alpha$.

Ймовірність очікування збиральною машиною транспорту визначається за формулою $P_{2,0} = P_{бл}$,

$$\text{де } P_{бл} = \begin{cases} \frac{(\alpha - 1)\alpha^K}{(\alpha^{K+1} - 1)} \text{ при } \alpha > 1 \text{ і } \alpha < 1 \\ \frac{1}{(K + 1)} \text{ при } \alpha = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Залежність $P_{бл}$ від параметра α наведена на рис. 2. Її аналіз показує, що зі збільшенням α $P_{бл}$ зростає для всіх дискретних значень K , асимптотическі прагнучи до 1.

При однакових α зі збільшенням K зменшується $P_{бл}$, причому починаючи з $K \geq 2$ і $\alpha \geq 2$ це зменшення практично несуттєво. Для оцінки ефективності роботи збиральної машини з транспортом скористаємося критерієм вартості експлуатації цієї системи. В якості такого критерія приймаємо наведені (питомі) витрати, що визначаються за формулою:

$$F_{np} = \frac{1}{W}(a + bK) + \frac{1}{W_{см}}(\gamma_m + \gamma_1 K) \quad (4)$$

де $W = BV\tau_{\vartheta}$ і $W = BV\tau_{1cm}$ – відповідно експлуатаційна і змінна продуктивності збиральної машини (тут B – ширина захвату збиральної машини);

V – швидкість руху збиральної машини; τ_{ϑ} і τ_{1cm} – відповідно коефіцієнти використання експлуатаційного і змінного часу роботи машини, що враховують також її простої в очікуванні транспорту;

a, b – коефіцієнти, що враховують оптові ціни машин, витрати пального, нормативні відрахування на реновацію відповідно збиральної машини і транспорту, визначаються за відомими формулами;

γ_i, γ_1 – відповідно годинні ставки комбайнера і тракториста (водія).

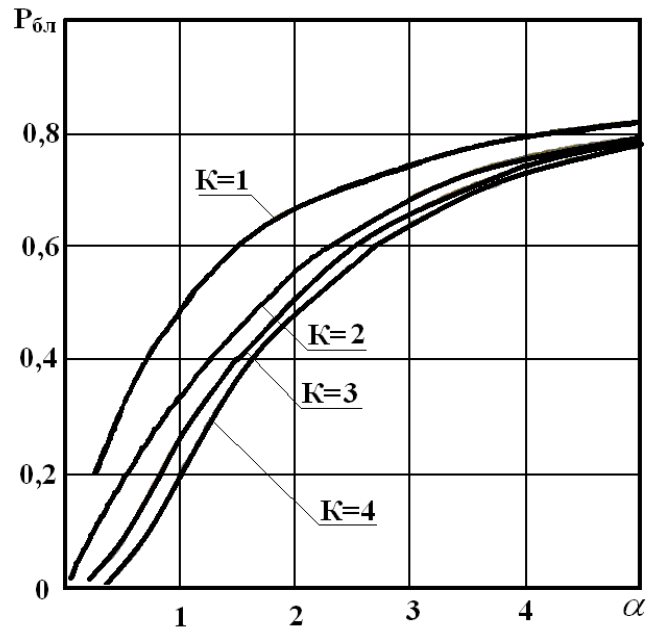


Рис. 2. Можливість блокування збиральної машини через відсутність транспорту.

Відповідно до роботи [11]:

$$\tau_{\vartheta} = \frac{\bar{T}_1^M}{\bar{T}_1 + \bar{T}_{\text{ож}}} \quad \text{і} \quad \tau_{cm} = \frac{\bar{T}_1^M}{\bar{T}_2 + \bar{T}_{\text{ож}}},$$

де \bar{T}_1^M – середній основний час роботи машини;

\bar{T}_1, \bar{T}_2 – сума середніх значень складових часів роботи, що входять відповідно в середній експлуатаційний і змінний час роботи;

$\bar{T}_{\text{ож}} = P_{\text{бл}} \cdot T$ – середній час простоїв машини в очікуванні транспорту (тут T – обліковий час роботи машини).

Позначивши $m = \frac{T}{\bar{T}_1^M}, m_1 = \frac{\bar{T}_1}{\bar{T}_1^M}, m_2 = \frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1^M},$

причому $t > t_1 > t_2,$

отримуємо $W = \frac{BV}{m_1 + mP_{\text{бл}}} \quad \text{і} \quad W_{cm} = \frac{BV}{m_2 + mP_{\text{бл}}}.$

З урахуванням цих виразів мінімізуємо $F_{\text{пр}}$ і визначаємо необхідну кількість транспортних засобів до бурякозбиральної машини K^* . При $\alpha > 1$ і $\alpha < 1$ K^* є позитивним рішенням рівняння:

$$\alpha^{2\kappa} \left[(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) \alpha^2 + m(b + \gamma_{\text{мп}})(\alpha - 1) \alpha \right] + (m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) - \alpha^\kappa \left\{ 2(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) \alpha + m(b + \gamma_{\text{мп}})(\alpha - 1) + m(\alpha - 1) \left[(a + \gamma_{\text{мп}}) + (b + \gamma_{\text{мп}}) K \right] \ln \alpha \right\}$$

При $\alpha < 1$ K^* визначається за формулою:

$$K^* = \frac{-(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) \pm \sqrt{(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}})^2 - (m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) \left[(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}}) + m(b + \gamma_{\text{мп}} - a - \gamma_{\text{м}}) \right]}}{(m_1 b + m_2 \gamma_{\text{мп}})}$$

Залежність K^* до машини КС-6 від параметра α наведена на рис. 3. Її аналіз показує, що для всіх досліджених випадків максимальну кількість транспортних коштів потрібно при $\alpha = 1$. Розгляд залежностей, наведених на рис. 3, показує, що при $\alpha < 1,5$ K^* значно перевищує ці значення, визначені за формулою (1). При цьому відповідні K^* значення $F_{\text{пр}}^*$ значно менше $F_{\text{пр}}$ для K , розрахованих за формулою (1).

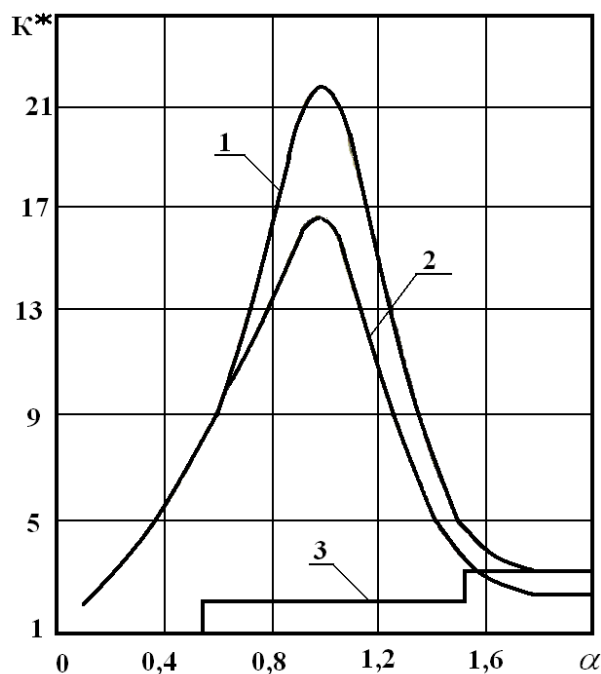


Рис. 3 Залежність необхідної кількості транспортних засобів до збиральної машини від параметра α при $m = 2$, $m = 0,05$ та $m = 0,03$:
 1 – автомобілі ЗІЛ-ММЗ; 2 – трактор МТЗ-80 з причепом 2ПТС-4-887А; 3 – округлені значення K , обчислені за формулою (1)

Висновки

Отримано формули для розрахунку необхідної кількості транспортних засобів для забезпечення безперебійної роботи збирального комплексу. Визначено вірогідність і середній час простоїв збиральної машини в очікуванні транспортних засобів із застосуванням теорії масового обслуговування при поточному або перевалочному способах збирання.

Список використаних джерел

1. Справочник по эксплуатации свеклоуборочных комплексов / А.М. Мазуренко, И.И. Русанов, В.И. Сухомлин и др.; Под ред. А.М. Мазуренко. – К.: Урожай, 1984. – 128 с.
2. Довідник буряковода. – К., Урожай, 1975 – 224 с.
3. В.И. Мельник, С.А. Чигрина Потребность в технике как функция специализации и размера хозяйства //Тракторы и сельскохозяйственные машины –2009. – №4. – С. 8-12.
4. В.И. Мельник и др. Оптимальное комплектование агрегатов //Техника в сельском хозяйстве –2006, №6. – С. 12-15.
5. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / Шмаков М.В. и др. Харків: ХДТУСГ. 2001. – 173 с.
6. В.И. Анискин и др. Технологические аспекты формирования тракторного парка //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – №11. – С. 2-7.
7. Отраслевые методические указания и нормативно-справочные материалы для определения экономической эффективности новой техники в тракторном и с.-х. машиностроении. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1978, ч. 2. – 62 с.
8. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания – М.: Машиностроение, 1979. – 242 с.
9. Exact Solution for Cyclic Transport Systems – Journal of Agricultural Engineering Research, 1973, V.18, – P. 217-230.
10. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории массового обслуживания. – Киев: КВИРТУ, 1963 – 156с.
11. Поляшенко С.А., Єсипов А.В., Поляшенко В.С. Оценка эффективности работы уборочной машины с транспортными средствами // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства // Зб. наук. пр. Вип. 75, т.1 – Харків: ХНТУСГ. – 2009. - С. 75-81.

References

1. Handbook on the operation of beet-harvesting complexes / A.M. Mazurenko, I.I. Rusanov, V.I. Sukhomlin and others; Ed. A.M. Mazurenko. - K. : Harvest, 1984. - 128 p.
2. Dovidnik buryakova. - K.: Harvest, 1975. – 224 p.
3. V.I. Melnik, S.A. Chigrina The need for technology as a function of specialization and the size of the economy // Tractors and agricultural machines –2009. – No. 4. – P. 8- 12.
4. V.I. Melnik et al. Optimal completing of units // Technics in agriculture –2006. - No. 6. – P. 12- 15.
5. Technological picture of the development of the Sylkospodar cultures / Shmakov M.V. et al. Kharkiv: HDTUSG. 2001 .- 173 p.
6. V.I. Aniskin et al. Technological aspects of the formation of a tractor park // Tractors and agricultural machines –2001. – No. 11. – P. 2 - 7.
7. Industry guidelines and reference materials for determining the economic efficiency of new equipment in the tractor and agricultural sector. mechanical engineering. - M.: TSNIITEItraktoroselkhoz mash, 1978, part 2. - 62 p.
8. Kleinrock L. Queuing Theory - M. : Mechanical Engineering, 1979. - 242 p.
- 9.Exact Solution for Cyclic Transport Systems - Journal of Agricultural Engineering Research, 1973, v. 18. - p. 217-230.
10. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Lectures on the theory of queuing. - Kiev: KVIRTU, 1963 - 156s.
11. Polyashenko S.A., Esipov A.V., Polyashenko V.S. Evaluation of the efficiency of the harvesting machine with vehicles // Bulletin of the Kharkiv National Technical University of the Silk State Prize // Zb. sciences. Ave Vip. 75, t.1 - Kharkiv, KhNTUSG. – 2009. - P. 75-81.