

УДК 631.354

ОБГРУНТУВАННЯ СТАЦІОНАРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Леженкін О.М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38(0619) 42-24-36

Анотація - у статті приводяться математичні моделі збирального процесу, на підставі яких дається аналіз ефективності функціонування кожної ланки збирально-транспортного комплексу.

Ключові слова - граф стану, збирання, математична модель, рівняння регресії, технологія обчисування, стаціонар.

Постановка проблеми. Збирання є найбільш відповідальною й трудомісткою операцією в загальному технологічному ланцюзі вирощування зернових культур. Механізація збирання зернових культур вступила в той етап, коли подальше підвищення пропускної здатності комбайнів стало економічно недоцільно, тому що це, в основному, приводило до росту енерговитрат, підвищенню маси комбайнів, і, як наслідок, переущільненню ґрунтів і збільшенню вартості комбайнів.

Особливо гостро проблема збирання зернових стоїть перед фермерськими господарствами, які, як правило, не мають власної збиральної техніки. Серйозною альтернативою комбайновому збиранню зернових є стаціонарні технології, найбільш ефективної з яких є технологія з використанням методу обчисування рослин на корені.

Тому, наукове обґрунтування стаціонарної технології для безкомбайнового збирання зернових культур обчисуванням на корені в умовах фермерських господарств є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Загальна методологія розробки стаціонарних технологій викладена в роботах [1, 2, 3, 4]. Однак дані дослідження присвячені розробці стаціонарних технологій, у яких не використовується метод обчисування рослин на корені.

Розробці технології обчисування рослин на корені присвячені дослідження [5, 6, 7].

Наукові підходи до обґрунтування стаціонарної технології із застосуванням методу обчислення рослин на корені приводяться в роботах [8, 9, 10].

Формулювання цілей статті. Обґрунтувати стаціонарну технологію збирання зернових методом обчислення рослин на корені, що забезпечує ефективне функціонування ланок збирального комплексу, а також, що враховує специфіку фермерських господарств.

Основна частина. Для побудови математичної моделі збирального процесу використовуємо теорію випадкових однорідних (марковських) процесів з дискретними станами.

Виходячи з технологічного процесу збирання зернових, за потік вимог у потоковій лінії будемо вважати потік порцій обчисаного вороху з напрямком їх переміщення з поля на стаціонарний пункт. Отже, потік порцій обчисаного вороху (вимог) створюють польові збиральні машини, накопичуючи його в причіпну ємність (візок). Причіп-візок мобільним засобом (трактором) переміщається з поля на стаціонарний пункт доробки й тим самим, створюється потік порцій обчисаного вороху (вимог) на доробку (обслуговування) їх стаціонарним агрегатом.

Якщо машини збирального комплексу розглядати ізольовано, то вони можуть перебувати в наступних станах. Польова збиральна машина в стані заповнення причепа ворохом - 0, якщо причіп заповнений ворохом - 1. Трактор для перевезення вороху перебувати в полі в стані приєднання повного візка й відчіплення порожнього візка - 1, і чекаючи поки наповниться причіп ворохом. Перебуваючи в шляху, трактор може перевозити ворох (1/0) і пересуватися порожняком зі стаціонарного пункту на поле (0/1). Він може перебувати на зернотоку й очікувати (0) або вивантажуватися (1). Стаціонарний агрегат може працювати (0) і очікувати завантаження (1).

З обліком прийнятого позначимо спільні стани машин, у полі й на зернотоку. Збиральна машина працює, причіп не заповнений ворохом й на полі немає трактора для перевезення (00); збиральна машина не працює, причіп заповнений ворохом й на полі немає трактора для перевезення (10); збиральна машина працює, причіп не заповнений ворохом, трактор перебуває на полі чекаючи візка з ворохом (01); збиральна машина не працює через заміну заповненого ворохом візка (11); на зернотоку немає трактора для транспортування вороху, стаціонарний агрегат працює, тобто проводить доробку вороху (00); на зернотоку перебуває чекаючи трактор з повним візком, стаціонарний агрегат працює (10); на зернотоку немає трактора, агрегат доробки очікує надходження вороху (01); вивантаження вороху із причепа в бункер стаціонарного агрегату (11).

Використовуючи теорію графів [11], складемо граф, що складається з переходів збирально-транспортного комплексу (рис. 1).

Інтенсивності потоків обчисаного вороху ($\lambda_{у.м.}$ і $\lambda_{т.}$), трактора з порожнім причепом при русі із зернотоку на поле $\lambda_{т.х.}$ й обслуговування машинами порцій вороху ($\lambda_{т.з.}$, $\lambda_{в.п.}$, $\lambda_{д.}$) визначимо зі співвідношень

$$\lambda_{у.м.} = \frac{1}{t_{у.м.}}; \quad \lambda_{т.з.} = \frac{1}{t_{т.з.}}; \quad \lambda_{т.} = \frac{1}{t_{т.}}; \quad (1)$$

$$\lambda_{т.х.} = \frac{1}{t_{т.х.}}; \quad \lambda_{в.п.} = \frac{1}{t_{в.п.}}; \quad \lambda_{д.} = \frac{1}{t_{д.}},$$

- де $\lambda_{у.м.}$ і $t_{у.м.}$ - інтенсивність і середній час заповнення збиральною машиною візка обчисаним ворохом;
 $\lambda_{т.з.}$ і $t_{т.з.}$ - інтенсивність і середній час заміни повного візка на порожній;
 $\lambda_{т.}$ і $t_{т.}$ - інтенсивність і середній час переміщення візка з ворохом на зернотік;
 $\lambda_{т.х.}$ і $t_{т.х.}$ - інтенсивність і середній час руху трактора з порожнім причепом;
 $\lambda_{в.п.}$ і $t_{в.п.}$ - інтенсивність і час вивантаження повного причепа в бункер;
 $\lambda_{д.}$ і $t_{д.}$ - інтенсивність і час доробки вороху.

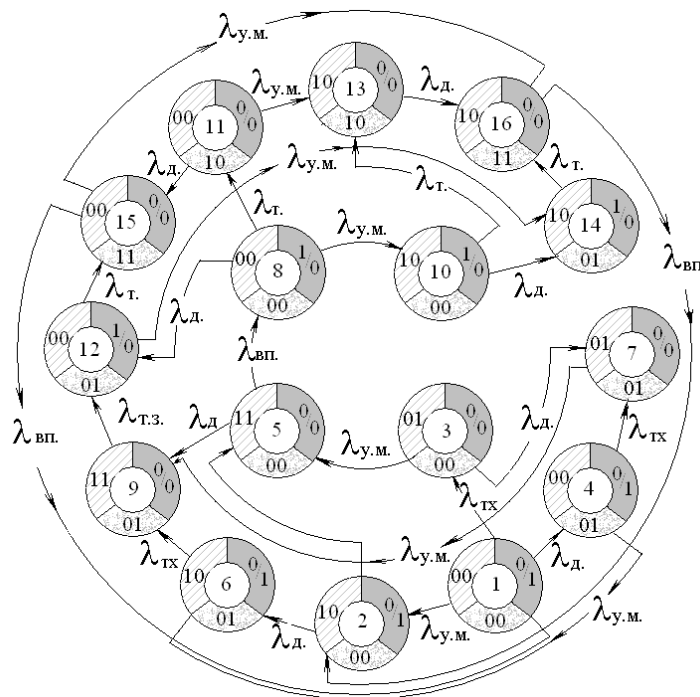


Рис. 1. Граф станів і інтенсивностей переходу збирально-транспортного комплексу.

Як відомо, для стаціонарного марковського процесу в матриці переходу ймовірності приймають постійними в часі й пропорційними проміжку часу Δt [11], наприклад, $p_{12} = \lambda_{y.m.} \Delta t$, $p_{13} = \lambda_{t.x.} \Delta t$ і $p_{14} = \lambda_{д.} \Delta t$.

При цьому, відповідно до властивості матриці переходу [12] $p_{11} = 1 - (\lambda_{y.m.} + \lambda_{t.x.} + \lambda_{д.}) \Delta t$. Аналогічно, через інтенсивності виражають і інші ймовірності в матриці переходу.

Для будь-яких складних систем, у тому числі й збирально-транспортному комплексу можна записати систему лінійних рівнянь.

$$\left. \begin{aligned} & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{t.x.} + \lambda_{д.}) \cdot p_1 + \lambda_{вп.} \cdot p_{15} = 0; \\ & -(\lambda_{т.} + \lambda_{д.}) \cdot p_2 + \lambda_{y.m.} \cdot p_1 + \lambda_{вп.} \cdot p_{16} = 0; \\ & -(\lambda_{т.} + \lambda_{д.}) \cdot p_3 + \lambda_{t.x.} \cdot p_1 = 0; \\ & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{t.x.}) \cdot p_4 + \lambda_{д.} \cdot p_1 = 0; \\ & -(\lambda_{д.} + \lambda_{вп.}) \cdot p_5 + \lambda_{y.m.} \cdot p_3 + \lambda_{t.x.} \cdot p_2 = 0; \\ & -\lambda_{t.x.} \cdot p_6 + \lambda_{д.} \cdot p_2 + \lambda_{y.m.} \cdot p_4 = 0; \\ & -\lambda_{y.m.} \cdot p_7 + \lambda_{д.} \cdot p_3 + \lambda_{t.x.} \cdot p_4 = 0; \\ & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{t.x.} + \lambda_{д.}) \cdot p_8 + \lambda_{тз.} \cdot p_5 = 0; \\ & -\lambda_{тз.} \cdot p_9 + \lambda_{тп.} \cdot p_5 + \lambda_{t.x.} \cdot p_6 + \lambda_{y.m.} \cdot p_7 = 0; \\ & -(\lambda_{т.} + \lambda_{д.}) \cdot p_{10} + \lambda_{y.m.} \cdot p_8 = 0; \\ & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{д.}) \cdot p_{11} + \lambda_{т.} \cdot p_8 = 0; \\ & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{т.}) \cdot p_{12} + \lambda_{д.} \cdot p_8 + \lambda_{тз.} \cdot p_9 = 0; \\ & -\lambda_{д.} \cdot p_{13} + \lambda_{т.} \cdot p_{10} + \lambda_{y.m.} \cdot p_{11} = 0; \\ & -\lambda_{т.} \cdot p_{14} + \lambda_{д.} \cdot p_{10} + \lambda_{y.m.} \cdot p_{12} = 0; \\ & -(\lambda_{y.m.} + \lambda_{вп.}) \cdot p_{15} + \lambda_{д.} \cdot p_{11} + \lambda_{т.} \cdot p_{12} = 0; \\ & -\lambda_{вп.} \cdot p_{16} + \lambda_{д.} \cdot p_{13} + \lambda_{т.} \cdot p_{14} + \lambda_{y.m.} \cdot p_{15} = 0; \\ & \sum_{j=1}^{16} p_j = 1. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Рівняння (2) вирішені в загальному вигляді щодо ймовірностей p_j . Для розрахунку чисельних значень ймовірностей станів була складена матриця варіювання інтенсивностей (таблиця 1). Максимальне значення інтенсивності позначалося знаком (+), а мінімальне знаком (-).

Вихідні дані для розрахунку ймовірностей станів наведені в табл. 2.

Використовуючи дані таблиць 1 і 2, а також загальні вирази для визначення ймовірності станів ланок збирально-транспортного комплексу, були розраховані їх чисельні значення.

Таблиця 1 - Матриця варіювання інтенсивностей

№	$\lambda_{у.м.}$	$\lambda_{д}$	$\lambda_{т} = \lambda_{т.х.}$
1	-	-	-
2	-	-	+
3	-	+	-
4	-	+	+
5	+	-	-
6	+	-	+
7	+	+	-
8	+	+	+

Таблиця 2 - Значення інтенсивностей потоків

	Інтенсивність заповнення візка, $\lambda_{у.м.}$	Інтенсивність доробки продукції вороху, $\lambda_{д}$	Інтенсивність переміщення транспорту, $\lambda_{т}$
Максимальне значення (+)	0,00056	0,0033	0,0023
Мінімальне значення (-)	0,00028	0,0008	0,0014

Чисельні значення ймовірностей станів, при різних значеннях інтенсивностей потоків наведені в таблиці 3.

При розрахунку ймовірностей станів отримані моделі регресії, що описують зміну ймовірностей, перебування комплексу машин у кожному з можливих станів. Для побудови регресійної моделі використаний лінійний дворівневий план. З використанням матриці варіювання інтенсивностей (таблиця 1) реалізований комп'ютерний експеримент для трьох змінних чинників, у якості яких обрані: інтенсивність заповнення збиральною машиною причіпного візка, інтенсивність доробки обчисаного вороху й інтенсивність переміщення трактора. При розрахунках використані чисельні значення інтенсивностей потоків (таблиця 2).

Оцінка адекватності отриманої моделі проводилася згідно значень множинного коефіцієнта регресії й дисперсії неадекватності. Згідно проведених розрахунків, множинний коефіцієнт регресії перебуває в діапазоні 0,9977...1,000, а дисперсія неадекватності рівняється нулю. З наведених даних видно, що отримана модель має достатню точність для опису зміни ймовірностей знаходження машин збирального комплексу в різних станах.

Таблиця 3 - Чисельні значення ймовірностей

Ймовірності	Значення ймовірностей							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P ₁	0,1	0,078	0,032	0,027	0,141	0,116	0,05	0,045
P ₂	0,03	0,032	0,019	0,019	0,047	0,051	0,031	0,034
P ₃	0,064	0,058	0,009	0,011	0,09	0,086	0,015	0,019
P ₄	0,048	0,024	0,062	0,035	0,058	0,032	0,083	0,052
P ₅	0,007	0,01	0,003	0,004	0,013	0,018	0,005	0,008
P ₆	0,027	0,014	0,057	0,032	0,05	0,026	0,107	0,061
P ₇	0,42	0,366	0,423	0,421	0,272	0,256	0,296	0,325
P ₈	0,015	0,016	0,003	0,004	0,026	0,028	0,005	0,007
P ₉	0,029	0,025	0,037	0,037	0,041	0,039	0,059	0,062
P ₁₀	0,00189	0,00148	0,00017	0,0002	0,00658	0,00503	0,00057	0,00069
P ₁₁	0,019	0,035	0,001	0,003	0,027	0,047	0,002	0,004
P ₁₂	0,102	0,06	0,129	0,085	0,129	0,084	0,177	0,129
P ₁₃	0,01	0,0164	0,0002	0,0004	0,0301	0,0474	0,0005	0,0012
P ₁₄	0,022	0,008	0,026	0,011	0,055	0,022	0,072	0,033
P ₁₅	0,099	0,242	0,187	0,298	0,003	0,124	0,08	0,196
P ₁₆	0,008	0,012	0,011	0,013	0,012	0,019	0,018	0,023

Після розкодування математична модель прийняла вигляд

$$\begin{aligned}
 p_1 &= 0,118248 - 31,2267 \cdot \lambda_D - 30,16 \cdot \lambda_T + 8533,33 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 175,975 \cdot \lambda_{UM} - \\
 &\quad - 30285,7 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 6349,21 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_2 &= 0,0140236 - 1,404444 \cdot \lambda_D + 0,568889 \cdot \lambda_T - 711,111 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + \\
 &\quad + 55,0889 \cdot \lambda_{UM} - 6857,14 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 7936,51 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_3 &= 0,0644853 - 18,3289 \cdot \lambda_D - 11,1467 \cdot \lambda_T + 3377,78 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 104,346 \cdot \lambda_{UM} - \\
 &\quad - 29142,9 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 7936,51 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_4 &= 0,0644689 + 5,06667 \cdot \lambda_D - 20,7378 \cdot \lambda_T - 2133,33 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 41,2698 \cdot \lambda_{UM} + \\
 &\quad + 14285,7 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 11111,1 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \quad (3) \\
 p_5 &= - 0,00290133 + 1,40444 \cdot \lambda_D + 2,26667 \cdot \lambda_T - 888,889 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 16,0603 \cdot \lambda_{UM} - \\
 &\quad - 6285,71 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 7936,51 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_6 &= - 0,0218262 + 15,1022 \cdot \lambda_D + 13,0044 \cdot \lambda_T - 7644,44 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 157,397 \cdot \lambda_{UM} + \\
 &\quad + 31428,6 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 65079,4 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_7 &= 0,730871 - 35,6444 \cdot \lambda_D - 114,462 \cdot \lambda_T + 21688,9 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T - 737,733 \cdot \lambda_{UM} + \\
 &\quad + 25142,9 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 138095 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
 p_8 &= 0,00466578 - 1,36 \cdot \lambda_D + 0,444444 \cdot \lambda_T + 44,1841 \cdot \lambda_{UM} - 12571,4 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + \\
 &\quad + 3174,6 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p_9 &= 0,0295476 - 4,01778 \cdot \lambda_D - 8,23111 \cdot \lambda_T + 1955,56 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 19,4032 \cdot \lambda_{UM} + \\
&\quad + 15428,6 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 7936,51 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{10} &= - 0,00122844 - 0,186667 \cdot \lambda_D - 0,871111 \cdot \lambda_T + 533,333 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 21,3365 \cdot \lambda_{UM} \\
&\quad - 5142,86 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 1587,3 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{11} &= - 0,0164431 + 6,59556 \cdot \lambda_D + 21,0222 \cdot \lambda_T - 7111,11 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 24,5016 \cdot \lambda_{UM} - \\
&\quad - 12571,4 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 11111,1 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{12} &= 0,134399 + 3,08444 \cdot \lambda_D - 42,6222 \cdot \lambda_T - 888,889 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 87,3778 \cdot \lambda_{UM} + \\
&\quad + 30857,1 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 12698,4 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{13} &= - 0,0309062 + 14,2578 \cdot \lambda_D + 8,124444 \cdot \lambda_T - 5155,56 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 77,946 \cdot \lambda_{UM} - \\
&\quad - 35428,6 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 22222,2 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{14} &= - 0,027972 + 0,728889 \cdot \lambda_D + 11,2 \cdot \lambda_T - 1777,78 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T + 232,857 \cdot \lambda_{UM} + \\
&\quad + 14285,7 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 85714,3 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{15} &= - 0,055648 + 43,2267 \cdot \lambda_D + 168,16 \cdot \lambda_T - 8533,33 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T - 324,133 \cdot \lambda_{UM} + \\
&\quad + 4571,43 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} - 33333,3 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
p_{16} &= 0,00122 + 1,15556 \cdot \lambda_D + 1,68 \cdot \lambda_T - 711,111 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T - 2,58413 \cdot \lambda_{UM} + \\
&\quad + 3428,57 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM} + 11111,1 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}.
\end{aligned}$$

Використовуючи регресійні моделі (3) визначені коефіцієнти ефективності ланок збирального комплексу

$$\eta_{y.m.} = \frac{1}{Y} \sum Y_j p_{yj}; \quad \eta_m = \frac{1}{T} \sum T_j p_{mj}; \quad \eta_d = \frac{1}{D} \sum D_j p_{dj}; \quad (4)$$

де Y_j - число працюючих збиральних машин;

T - число тракторів для транспортування обчисаного вороху;

D - число агрегатів доробки обчисаного вороху;

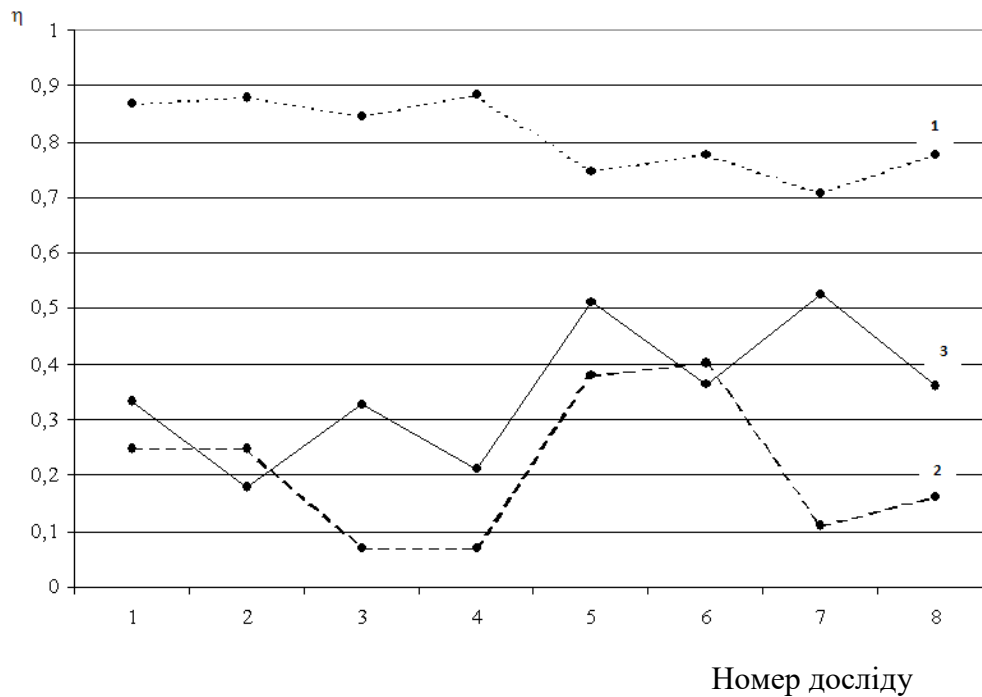
p_{Y_j} , p_{T_j} , p_{D_j} - відповідні ймовірності станів.

Коефіцієнти ефективності, змінні величини, тому що вони залежать від чисельних значень ймовірностей станів ланок збирально-транспортного комплексу, які у свою чергу вимірюються залежно від значень інтенсивностей потоків.

Рівняння, що характеризують зміну коефіцієнта ефективності мають вигляд

$$\begin{aligned}
\eta_{UM} &= 0,62564 - 10,20576 \cdot \lambda_D + 23,36674 \cdot \lambda_T + 14934,1 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_T; \\
\eta_D &= 0,30179 - 14,360615 \cdot \lambda_T + 242,564 \cdot \lambda_{UM} + 28572,3 \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{UM}; \\
\lambda_T &= 0,25802 - 17,76225 \cdot \lambda_D + 498,01 \cdot \lambda_{UM} + 36000 \cdot \lambda_D \cdot \lambda_{UM}.
\end{aligned} \quad (5)$$

чисельні значення коефіцієнтів ефективності залежно від значень інтенсивностей потоків наведені на діаграмі (рисунок 2).



- 1 - зміна коефіцієнта ефективності збиральної машини;
2 - зміна коефіцієнта ефективності агрегату доробки вороху;
3 - зміна коефіцієнта ефективності трактора.

Рис. 2. Діаграма змін коефіцієнтів ефективності ланок ЗТК.

Як видно з наведеної діаграми (рис. 2) коефіцієнт ефективності збиральної машини змінюється в діапазоні 0,746...0,884, тобто його значення незначно залежать від продуктивності збиральної машини. Виходячи з отриманого результату збиральна машина практично повністю завантажена. Її простой обумовлені технологічними причинами (зміною заповненого візка).

В свою чергу, ефективність використання трактора прямо залежить від плеча перевезень. При збільшенні відстаней від поля до зернотоку коефіцієнт ефективності трактора збільшується й становить 0,512...0,520, при мінімальних відстанях його значення перебуває в діапазоні 0,18...0,361. При розрахунках приймалася відстань від поля до зернотоку рівною 2,5...4,0 км. Збільшення плеча перевезень обчисаного вороху до 8 км може призвести до простоїв збирального агрегату, через відсутність порожнього візка. Тому найбільш доцільно для фермерських господарств розташовувати зернотік на відстані 4,0...5,0 км від поля.

Чисельні значення коефіцієнта ефективності агрегату доробки обчисаного вороху коливаються в широких межах 0,07...0,401. Невисокі значення коефіцієнта ефективності агрегату доробки відіграють, у цілому позитивну роль, тому що при цьому немає

простоїв збирального агрегату в полі та порції обчісаного вороху, що доставляються з поля обробляються вчасно.

Висновки.

1. Виконані дослідження в області удосконалення технології збирання зернових культур дозволили сформуванати загальну технологічну схему збирання зернових культур, що включає в себе збирання обчісаного вороху в полі і його наступну доробку на стаціонарі.

2. Аналіз результатів досліджень технологічних процесів збиральних агрегатів і умов їх функціонування дозволили намітити шляхи їх удосконалення, що полягають у формалізованому описі станів ланок збирально-транспортного комплексу (ЗТК) і встановленню характеристик для оцінки станів елементів ЗТК.

3. В якості оціночного критерію функціонування ланок ЗТК пропонується використовувати коефіцієнт ефективності.

4. Встановлено, що для збирального агрегату коефіцієнт ефективності становить 0,746...0,884, тобто агрегат повністю завантажений. Його простої носять технологічний характер.

5. Визначено, що ефективність використання трактора для транспортування обчісаного вороху прямо залежить від плеча перевезень. Найбільш ефективно стаціонарний пункт розташовувати на відстані 4,0...5,0 км від поля, при збільшенні відстані до 8 км можливі простої в полі збирального агрегату, через відсутність змінного візка для збору обчісаного вороху.

6. Проведені розрахунки дозволяють стверджувати, що агрегат доробки обчісаного вороху забезпечує безперебійну роботу збирального агрегату й простої в полі, через агрегат доробки відсутні.

Література.

1. *Иофинов А.П.* Методические вопросы разработки промышленных технологий возделывания полевых культур / *А.П. Иофинов, М.А. Давлетшин* // Механиз.и электриф. сел.хоз-ва. – 1986. - №5. - С. 3-8.

2. *Жалнин Э.В.* Научные основы технологий уборки зерновых с обработкой урожая в стационарных условиях / *Э.В.Жалнин* // Механиз.и электриф. сел.хоз-ва. – 1986. - №8. – С.3-6.

3. *Жалнин Э.В.* Экономико-математическая модель задачи оптимизации технико-экономических показателей работы машин уборочного комплекса по схеме «Невейка» / *Э.В.Жалнин, Н.И.Стружкин* // Моделирование работы поточных линий в сельскохозяйственном производстве: Сб.науч.тр. /ВИМ. – М., 1978. – Т.79.– С. 13-27.

4. *Галенко М.Д.* Обоснование промышленно-поточной комбайновой и бескомбайновой технологий уборки зерновых культур / *М.Д.Галенко и др.* // Механиз.и электриф. сел.хоз-ва. – 1983. - №8. - С.4-8.

5. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки

зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. *Н.Н.Данченко*. - Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1987. – 73 с.

6. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. *Н.Н.Данченко*. - Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1987. – 82 с.

7. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза. Отчет о НИР/МИМСХ. Рук. *П.А.Шабанов*. - Тема 0270-Х; №ГР01860043979. – Мелитополь, 1988. – 44 с.

8. *Леженкин О.М.* Оптимізація технологічного процесу збирання зернових для фермерських та селянських господарств / *О.М.Леженкин* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип.25. – С. 130 – 140.

9. *Леженкин А.Н.* Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины / *А.Н.Леженкин* // Праці ТДАТА. – 2006. – Вип.40. - С. 195 – 204.

10. *Леженкин А.Н.* Математические модели технологического процесса уборки зерновых культур / *А.Н.Леженкин* // Вестник МГАУ им.В.П.Горячкина. Агроинженерия. – 2008. – Вып.1 (26). – С.67-69.

11. *Белов В.В.* Теория графов / *В.В. Белов*. – М.: Высшая школа. – 1976. – 392 с.

12. *Ивченко Г.И.* Теория массового обслуживания/ *Г.И. Ивченко*. – М.: Высшая школа. – 1982. – 256 с.

ОБОСНОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Леженкин А.Н.

Аннотация

В статье приводятся математические модели уборочного процесса, на основании которых дается анализ эффективности функционирования каждого звена уборочно-транспортного комплекса.