

УДК 631.171:636

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗАГОТІВЛІ І ПЕРЕРОБКИ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ КОРМІВ З УРАХУВАННЯМ ЯКОСТІ

Воронін Л. С., ст. наук. співроб.

Інститут механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України
Тел./факс: (061) 289-81-44

Представлено результати моделювання потокового процесу заготівлі і переробки зелених кормів при дотриманні нормованої тривалості часу збереження якості кормової сировини.

Ключові слова: зелена маса, заготівля, переробка, система параметрів, якість, моделювання.

Проблема. При виробництві високопротеїнових кормових добавок з рослинних кормів за технологією вологого фракціонування та інших технологій з використанням свіжоскошеної зеленої сировини необхідно визначати раціональний комплекс машин.

Формування технічного забезпечення повинно здійснюватися на основі системи параметрів, які повинні бути оптимальними для певних умов виробництва, входить до області значень певних закономірностей функціонування визначеної системи і враховувати показники системи якості за вимогами Міжнародної системи якості ISO та Державного стандарту України ДСТУ ISO 9001-2001 [1, 2].

При формуванні техніко-технологічної системи за цими принципами забезпечується енергоощадність за елементами виробництва (праці, матеріалів і енергоресурсів) та збереженість первинної якості кормової сировини.

Мета досліджень. Визначення закономірностей формування системи параметрів поточкових технологічних процесів заготівлі і переробки зеленої маси кормів при забезпеченні нормованої тривалості часу збереження якості кормової сировини.

Методика досліджень. Дослідження проводились за методом моделювання технологічного функціонування заготівлі зелених кормів, яка передбачає виконання наступних технологічних процесів:

– скошування зеленої маси бобових або злакових культур причіпними або самохідними комбайнами з одночасним подрібненням і завантаженням кормової маси у транспортні засоби (тракторні причепа, автосамоскиди);

- транспортування зеленої маси до місця переробки;
- вивантаження зеленої маси у приймальні засоби системи переробки;
- переробка свіжоскошеної зеленої маси кормів (вологе фракціонування з виробництвом протеїнових зелених концентратів, протеїно-вітамінних добавок на основі сої і зелених кормів, тощо).

У разі подрібнення зеленої маси корму та тривалого його збереження відбуваються втрати поживних речовин. Зоотехнічними вимогами регламентується час збереження подрібненої зеленої маси за період від скошування до переробки, який складає для бобових культур 1,5 години, для злакових – 1,0 година [3].

Основними визначальними техніко-технологічними параметрами зазначених технологічних процесів прийнято:

- ширина захоплення жнивarki кормозбирального комбайна (непрямий показник продуктивності процесів скошування та завантаження транспортних засобів);
- місткість кузова транспортних засобів (непрямий показник продуктивності процесу транспортування);
- продуктивність процесу переробки свіжоскошеної зеленої маси.

Технологічні цикли заготівлі і переробки зелених кормів склалися за умовами забезпечення безперервності технологічних процесів, максимального технічного використання комплексу машин, нормованого часу збереження якості зеленої маси.

Результати досліджень. За аналізом технологічних циклів при кількості транспортних засобів $n = 2$ шт тривалість технологічного циклу складається з початку завантаження зеленої маси в причіп і до закінчення переробки останньої порції корму.

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{н}} = T_{\text{зав}} + T_{\text{тр}} + T_{\text{в}} + T_{\text{пер}}, \text{ год} \quad (1)$$

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість технологічного циклу, год;

$T_{\text{н}}$ – нормований час збереження якості зеленої маси, год;

$T_{\text{зав}}$ – тривалість завантаження зеленої маси у транспортний засіб, год;

$T_{\text{тр}}$ – тривалість вивантаження зеленої маси з транспортного засобу, год;

$T_{\text{пер}}$ – тривалість переробки вивантаженого масиву корму, год.

При цьому

$$T_{\text{зав}} = 2T_{\text{тр}} + T_{\text{в}}; \quad (2)$$

$$T_{\text{зав}} = V_{\text{пр}} \gamma_{\text{к}} / Q_{\text{комб}}; \quad (3)$$

$$T_{\text{тр}} = L_{\text{тр}} / v_{\text{тр}}; \quad (4)$$

$$T_{\text{пер}} = 0,5 T_{\text{н}}, \quad (5)$$

де $V_{\text{пр}}$ – місткість причіпу, м^3 ;

$Q_{\text{комб}}$ – продуктивність кормозбирального комбайна

$\gamma_{\text{к}}$ – насипна щільність зеленої маси в кузові, $\text{т}/\text{м}^3$;

$L_{\text{тр}}$ – довжина транспортування, км ;

$v_{\text{тр}}$ – швидкість транспортування, $\text{км}/\text{год}$.

Продуктивність комбайна визначається за виразом:

$$Q_{\text{комб}} = B_{\text{к}} v_{\text{р}} Y_{\text{к}} k_{\text{р}} / 100, \text{ т}/\text{год} \quad (6)$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина жнивarki комбайна, м ;

$v_{\text{р}}$ – робоча швидкість комбайна, $\text{км}/\text{год}$;

$Y_{\text{к}}$ – урожайність зеленої маси, $\text{ц}/\text{га}$;

$k_{\text{р}}$ – коефіцієнт використання робочого часу.

Продуктивність переробки визначається за умови переробки вивантаженої з транспортного засобу зеленої маси за певний час:

$$Q_{\text{пер}} = M_{\text{к}} / 0,5 T_{\text{н}} = 2 V_{\text{пр}} \gamma_{\text{к}} / T_{\text{н}}, \text{ т}/\text{год} \quad (7)$$

де $M_{\text{к}}$ – маса корму в транспортному засобі, т .

Враховуючи залежності (3), (4),(7) місткість транспортного засобу при завантаженні дорівнює:

$$V_{\text{пр}} = B_{\text{к}} v_{\text{р}} Y_{\text{к}} k_{\text{р}} (2 L_{\text{тр}} + v_{\text{тр}} T_{\text{в}}) / v_{\text{тр}} \gamma_{\text{к}} 100, \text{ м}^3 \quad (8)$$

Крім того, з виразу (8) місткість транспортного засобу, за якої розраховується маса корму для переробки:

$$V_{\text{пр}} = Q_{\text{пер}} T_{\text{н}} / 2 \gamma_{\text{к}}, \text{ м}^3 \quad (9)$$

Прирівнюючи вирази (8) і (9) отримуємо функцію продуктивності переробки з урахуванням продуктивності кормозбирального комбайна і нормованого часу збереження якості зеленого корму:

$$Q_{\text{пер}} = B_{\text{к}} v_{\text{р}} Y_{\text{к}} k_{\text{р}} (2 L_{\text{тр}} + v_{\text{тр}} T_{\text{в}}) / 50 T_{\text{н}} v_{\text{тр}}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

З виразу (10) ширина захоплення жнивarki комбайна дорівнює:

$$B_k = 50 Q_{\text{пер}} T_n v_{\text{тр}} / v_p Y_k k_p (2 L_{\text{тр}} + v_{\text{тр}} T_B), \text{ м} \quad (11)$$

При кількості транспортних засобів $n=3$ шт. за технологічним циклом тривалість переробки технологічної порції корму і нормований час збереженості корму складають:

$$T_{\text{пер}} = (2 T_{\text{тр}} + T_B) / 2 = T_{\text{тр}} + 0,5 T_B, \text{ год} \quad (12)$$

$$T_n = T_{\text{зав}} + 2 T_{\text{тр}} + 1,5 T_B, \text{ год} \quad (13)$$

Продуктивність переробки з урахуванням залежності (13) :

$$Q_{\text{пер}} = V_{\text{пр}} \gamma_k / (T_{\text{тр}} + 0,5 T_B), \text{ т/год} \quad (14)$$

Місткість транспортного засобу при завантаженні дорівнює:

$$V_{\text{пр}} = Q_{\text{комб}} T_{\text{зав}} / \gamma_k, \text{ м}^3 \quad (15)$$

Місткість транспортного засобу, за якої розраховується маса корму для переробки:

$$V_{\text{пр}} = Q_{\text{пер}} (T_{\text{тр}} + 0,5 T_B) / \gamma_k, \text{ м}^3 \quad (16)$$

Прирівнюючи вирази (15) і (16) отримаємо функцію продуктивності переробки з урахуванням продуктивності кормозбирального комбайна і нормованого часу збереження якості зеленого корму:

$$Q_{\text{пер}} = Q_{\text{комб}} T_{\text{зав}} / (T_{\text{тр}} + 0,5 T_B), \text{ т/год} \quad (17)$$

Враховуючи вирази (2), (5) і (13) тривалість завантаження складає:

$$T_{\text{зав}} = T_n - 2 T_{\text{тр}} - 1,5 T_B, \text{ год} \quad (18)$$

При цьому

$$Q_{\text{пер}} = Q_{\text{комб}} (T_n - 2 T_{\text{тр}} - 1,5 T_B) / (T_{\text{тр}} + 0,5 T_B), \text{ т/год} \quad (19)$$

Ширина захоплення жнивarki кормозбирального комбайна:

$$V_k = 100 Q_{\text{пер}} (T_{\text{тр}} + 0,5 T_B) / v_p Y_k k_p (T_H - 2 T_{\text{тр}} - 1,5 T_B) \quad (20)$$

При розрахунку техніко-технологічних параметрів при кількості транспортних засобів $n=3$ шт. основними незалежними факторами є довжина транспортування, швидкість транспортування і тривалість часу збереження зеленої маси корму.

При моделюванні процесів заготівлі і переробки з транспортними засобами $n = 2$ шт. варіаціям підлягали довжина транспортування, місткість транспортних засобів, ширина захоплення жнивarki комбайна за типорозмірним рядом, нормований час збереження якості зеленої маси корму.

Урожайність зеленої маси прийнято на рівні 300 ц/га, робоча швидкість комбайна – 8,0 км/год., швидкість транспортування причепом – 25 км/год., тривалість вивантаження зеленої маси – 3,0 хв., нормована тривалість часу збереження якості зеленої маси – 1,0 і 1,5 год.

За результатами моделювання визначено (рис. 1), що при ширині жнивarki комбайна 1,5 м, кількості транспортних засобів $n = 2$ шт. і збільшенні їх місткості від 14 м³ до 40 м³ тривалість переробки зменшується лінійно з 0,7 до 0,2 години, а продуктивність зростає за квадратичною функцією від 7,0 т/год. до 40 т/год. Зі збільшенням довжини транспортування необхідна місткість транспортних засобів і продуктивність переробки зменшуються.

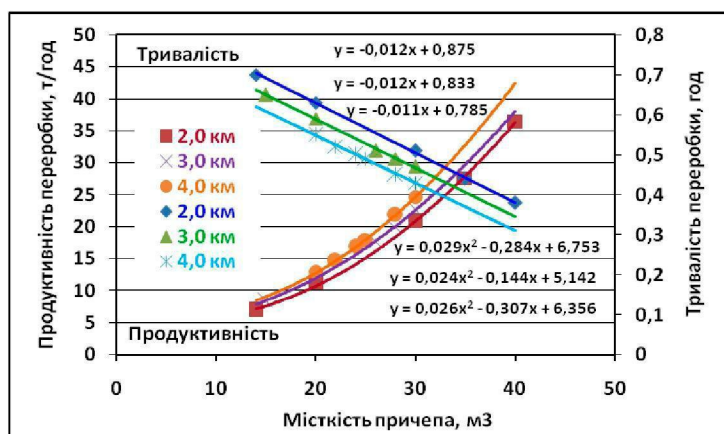


Рисунок 1 – Залежності продуктивності і тривалості переробки зеленої маси від місткості причепа при різній довжині транспортування і ширині жнивarki $B = 1,5$ м

Збільшення ширини жнивarki (продуктивності) комбайна призводить до підвищення місткості транспортних засобів і продуктивності переробки (рис. 2).

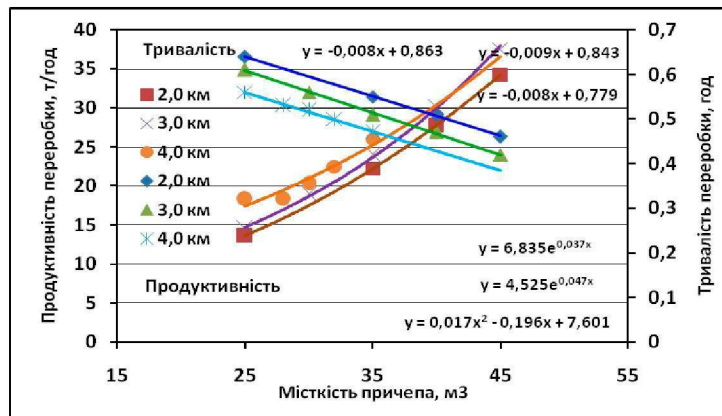


Рисунок 2 – Залежності продуктивності і тривалості переробки зеленої маси від місткості причепа при різній довжині транспортування і ширині жнивarki $B = 2,0$ м

Залежності місткості причепа і продуктивності переробки зеленої маси від довжини транспортування і ширини жнивarki представлено на рисунку 3.

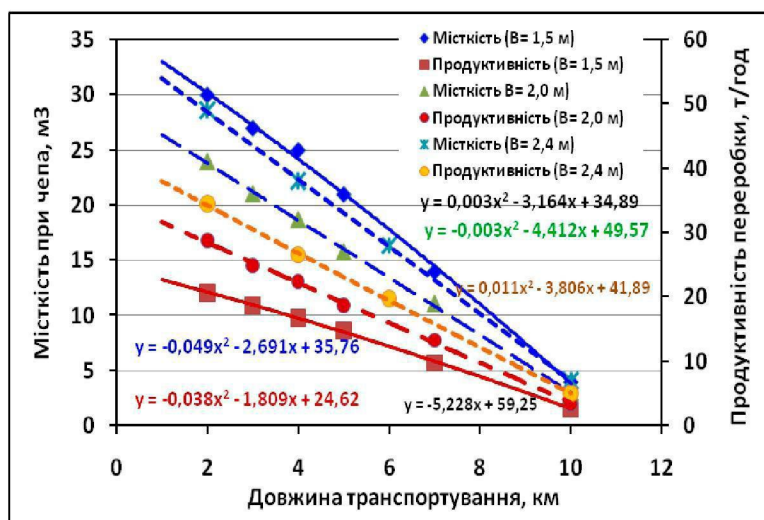


Рисунок 3 – Залежності місткості причепа і продуктивності переробки зеленої маси від довжини транспортування і ширини жнивarki ($T_H = 1,0$ год)

Для оптимальної тривалості переробки технологічної порції корму на рівні $0,5 T_H$ (0,5 год) оптимальні параметри за шириною жнивarki комбайна, місткістю транспортного засобу та продуктивністю переробки при різній довжині транспортування зеленої маси представлено в таблиці 1. Діапазон зміни місткості

складає 24–49 м³, продуктивності переробки – 16,9–34,5 т/год. Зі збільшенням швидкості транспортування (до 40 км/год) збільшуються місткість причепа та продуктивність переробки (табл. 2).

Таблиця 1 – Техніко-технологічні параметри заготівлі і переробки зеленої маси злакових культур ($T_n = 1,0$ год, швидкість транспортування – 25 км/год)

Параметри	Довжина транспортування, км		
	2,0	3,0	4,0
<i>Ширина жнивarki B=1,5 м</i>			
Місткість причепа, м ³	30	27	24
Продуктивність переробки, т/год	20,8	18,9	16,9
<i>Ширина жнивarki B=2,0 м</i>			
Місткість причепа, м ³	40	35	32
Продуктивність переробки, т/год	27,7	24,0	22,5
<i>Ширина жнивarki B=2,4 м</i>			
Місткість причепа, м ³	49	43	38
Продуктивність переробки, т/год	34,5	29,9	26,5

Таблиця 2 – Техніко-технологічні параметри заготівлі і переробки зеленої маси злакових культур ($T_n = 1,0$ год, швидкість транспортування – 40 км/год)

Параметри	Довжина транспортування, км		
	2,0	3,0	4,0
<i>Ширина жнивarki B=1,5 м</i>			
Місткість причепа, м ³	33	31	29
Продуктивність переробки, т/год	23,15	21,78	20,40
<i>Ширина жнивarki B=2,0 м</i>			
Місткість причепа, м ³	44	41	39
Продуктивність переробки, т/год	30,86	28,63	27,60

При нормованому часі збереження якості зеленої маси бобових (високопротеїнових) культур $T_n = 1,5$ год і кількості транспортних засобів $n = 2$ шт значно підвищуються місткість причепів (до 51–82 м³) та продуктивність переробки (до 20,4–38,4 т/год) (табл. 3). При збільшенні швидкості транспортування до 40 км/год збільшуються параметри причепів та продуктивності переробки (табл. 4).

Ці обставини призводять до висновку, що при формуванні техніко-технологічного комплексу заготівлі і переробки зеленої маси необхідно дотримуватись значень часу переробки кормів менших за $T_n = 1,5$ год. За даними моделю-

вання для забезпечення мінімально-раціональної місткості транспортного засобу при $n = 2$ шт. діапазон часу технологічного циклу заготівлі та переробки корму повинен складати $T_n = 0,8-1,5$ год. Для постійних параметрів місткості транспортних засобів, продуктивності переробки, ширини жнивarki комбайна і часу переробки корму при зміні довжини транспортування необхідно пропорційно змінювати швидкість транспортування.

Таблиця 3 – Техніко-технологічні параметри заготівлі і переробки зеленої маси бобових культур ($T_n = 1,5$ год, швидкість транспортування – 25 км/год)

Параметри	Довжина транспортування, км		
	2,0	3,0	4,0
<i>Ширина жнивarki $B=1,5$ м</i>			
Місткість причепа, м ³	51	48	44
Продуктивність переробки, т/год	23,8	22,5	20,4
<i>Ширина жнивarki $B=2,0$ м</i>			
Місткість причепа, м ³	68	64	59
Продуктивність переробки, т/год	31,7	30,0	27,5
<i>Ширина жнивarki $B=2,4$ м</i>			
Місткість причепа, м ³	82	76	71
Продуктивність переробки, т/год	38,4	35,3	33,1

Таблиця 4 – Техніко-технологічні параметри заготівлі і переробки зеленої маси бобових культур ($T_n = 1,5$ год., швидкість транспортування – 40 км/год.)

Параметри	Довжина транспортування, км		
	2,0	3,0	4,0
<i>Ширина жнивarki $B=1,5$ м</i>			
Місткість причепа, м ³	53	51	49
Продуктивність переробки, т/год	24,5	23,6	22,7
<i>Ширина жнивarki $B=2,0$ м</i>			
Місткість причепа, м ³	71	69	66
Продуктивність переробки, т/год	33,0	32,4	30,9

Для визначення регресійних залежностей техніко-технологічних параметрів проведено моделювання процесів з використанням методу математичного планування багатофакторного експерименту [4] з реалізацією плану Бокса B_4 на трьох рівнях значень факторів. Факторами процесу прийняті: довжина транспортування X_1 , швидкість транспортування X_2 , ширина жнивarki X_3 та час техноло-

гічного циклу X_4 , а критеріями (параметрами) – місткість транспортного засобу і продуктивність переробки. Фактори процесу та їх рівні представлено в таблиці 5.

Таблиця 5 – Рівні варіацій факторами

Рівні варіацій факторів	Фактори			
	Довжина транспортування (L), км	Швидкість транспортування ($V_{тр}$), км/год	Ширина жнивирки (b), м	Час циклу (T_n), год
	X_1	X_2	X_3	X_4
Верхній рівень (+)	6	60	2,5	1,2
Основний рівень (0)	4	40	2,0	1,0
Нижній рівень (-)	2	20	1,5	0,8
Інтервал варіацій факторів	2	20	0,5	0,2

За результатами моделювання визначені математичні регресійні моделі параметрів процесу заготівлі і переробки зеленої маси кормів за критеріальними функціями в кодованому вигляді:

– за функцією місткості транспортного засобу

$$Y_{V_{тр}} = 37,75 - 7,56 X_1 + 7,83 X_2 + 8,17 X_3 + 11,5 X_4 + 3,12 X_1 X_2 - 1,38 X_1 X_3 - 0,62 X_1 X_4 + 1,25 X_2 X_3 + 0,5 X_2 X_4 + 2,25 X_3 X_4 + 0,25 X_1^2 - 3,25 X_2^2 - 0,25 X_3^2 + 0,75 X_4^2; \quad (22)$$

– за функцією продуктивності переробки

$$Y_{Q_{пер}} = 26,34 - 5,73 X_1 + 5,99 X_2 + 5,27 X_3 + 3,56 X_4 + 1,97 X_1 X_2 - 0,72 X_1 X_3 + 0,23 X_1 X_4 + 0,55 X_2 X_3 - 0,41 X_2 X_4 + 0,11 X_3 X_4 + 0,1 X_1^2 - 2,28 X_2^2 - 0,065 X_3^2 + 0,28 X_4^2; \quad (23)$$

а також в розкодованому вигляді:

– за функцією місткості транспортного засобу

$$V_{пр} = 5,03 - 3,09 L + 0,35 V_{тр} - 1,67 b - 23,75 T_n + 0,08 L V_{тр} - 1,38 L b - 1,56 L T_n + 0,125 V_{тр} b + 0,125 V_{тр} T_n + 22,5 b T_n + 0,0625 L^2 - 0,008 V_{тр}^2 - 1,0 b^2 + 18,75 T_n^2; \quad (24)$$

– за функцією продуктивності переробки

$$Q_{пер} = -9,06 - 4,17 L + 0,55 V_{тр} + 11,17 b + 3,63 T_n + 0,049 L V_{тр} -$$

$$\begin{aligned}
 & -0,72 Lb + 0,58 LT_n + 0,055 V_{тр}b - 0,1 V_{тр} T_n + 1,1 bT_n + 0,025 L^2 - \\
 & -0,0057 V_{тр}^2 - 0,26 b^2 + 6,89 T_n^2.
 \end{aligned} \tag{25}$$

Множинний коефіцієнт регресії склав $R_{y,r} = 0,977$.

За визначеними параметрами процесів підбираються відповідні технічні засоби з розрахунком техніко-економічних показників для оцінки використання для певних умов виробництва.

Висновки. Застосування визначених закономірностей дає можливість забезпечити формування техніко-технологічного комплексу для заготівлі і переробки зеленої маси з дотриманням вимог системи якості ISO-9001 щодо збереженості поживної якості кормів.

Перелік посилань

1. Системы качества. Сборник нормативно-методических документов. – М. : Издательство стандартов, 1998. – 120 с.
2. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги. Видано ISO в 2000. – На заміну ДСТУ ISO 9001 -95, ДСТУ ISO 9002-95), ДСТУ ISO 9003-95 ; надано чинності наказом Держстандарту України від 27 червня 2001 р. № 317. – К. : Держстандарт України, 2001. – 33 с. – (Стандарт відповідає міжнародному стандарту ISO 9001: 2000 Quality management systems – Requirements (Системи управління якістю. Вимоги)).
3. Промышленный технологический регламент производства протеиновых концентратов из зеленых растений. Приложение к ТУ 46-10-82-80 // ЦНИПТИМЭЖ. – Запорожье, 1986. – 79 с.
4. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процес сов : учеб. для вузов / С. В. Мельников, В. Р. Алёшкин, П. М. Рошин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос, 1980. – 168 с.

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE GREEN FODDER MASS PREPARATION AND PROCESSING GIVEN THE QUALITY

Summary. The results of flow processes for green fodder storing and processing modeling at standardized time duration of preserving the raw feed quality have been represented.