

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОЛЬОВОГО СУШІННЯ СКОШЕНИХ ТРАВ

В.В. Деркач, аспірант

Вінницький державний аграрний університет

Тел.: (0-432) 43-72-30

Анотація – розглянуто питання визначення часу сушіння сіна з бобових трав в польових умовах.

Ключові слова – сіно, вологовміст, сушіння.

Огляд стану вивчення проблеми та постановка задачі. Бобові трави, як і інші рослинні матеріали, є складними неоднорідними об'єктами обробки. Описати диференційними рівняннями тепло- і волого обмінні процеси для неоднорідних рослинних матеріалів і розв'язати їх – надзвичайно складна задача, яка вимагає відомостей про велику кількість змінних параметрів, що отримують експериментальним шляхом. При цьому їх значення усереднюють, що не дозволяє отримати точні результати.

Заготівля кормів із трав відбувається під дією факторів, на які можна впливати (фаза збирання, вид корму, вибір робочих органів машин, регламент їх роботи) та факторів, які не підлягають регулюванню (зміна погодних умов в періоди проведення укосів). Умови виробництва змінюються як в просторі, так і в часі. Тому оптимальний технологічний процес для умов конкретного господарства може бути неефективним для цього ж господарства при інших погодних умовах.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Дослідження процесу польового сушіння трави та математична обробка експериментальних досліджень, які проведені в різних зонах України, дозволили одержати наступну математичну модель по визначенню тривалості пров'ялювання трави в полі [1]

$$\tau = A \cdot K_3 \cdot K_{II} \cdot \ln\left(\frac{W_1}{W_2}\right) \exp(a \cdot b \cdot c), \quad (1)$$

де τ – час пров'ялювання скошеної трави на полі, год.; A – коефіцієнт, який враховує вид обробки трави, $A = (6,8 \dots 18,2)$; K_3 – зональний коефіцієнт (для Степу – 0,87, Лісостепу – 0,91, для Полісся – 1,00); $K_{II} = f[P_i(\beta_j)]$ – коефіцієнт, який залежить від ймовірності сприятливих погодних умов для польового сушіння скошених трав; $K_{II} = 0,866[P_i(\beta_j)] - 1,236$; $P_i(\beta_j)$ – ймовірність появи послідовних «сухих» днів, необхідних для сушіння трав; W_1 і W_2 – відповідно

початкова і кінцева вологість корму, %; $a = 3,543 \exp(-0,112c)$; b – коефіцієнт, який залежить від виду трави (бобові – 0,207, бобово-злакові – 0,186, злакові – 0,135); c – маса валка, покосу, кг/м;

Формулювання цілей статті. Отримати математичну модель, яка б дозволила визначати час польового сушіння трав.

Методика досліджень. Для дослідження динаміки висихання трави в полі використовувалися сітчасті щити (решета) розміром 1,5 x 1,5 м. На початку досліду відбиралися проби на вологість, визначався морфологічний склад, облістяність трави. Трава укладалася на сітчастий щит так, щоб маса займала площу 1,5 м². Використання сітчастих щитів дозволяє зважувати матеріал не порушуючи розміщення стебел. Зважування проводилось через кожні 2 години від скошування до досягнення травою кондиційної вологості (17-20%).

Початкову вологість трави визначали згідно ГОСТ 27548-97 [2]. Для визначення вологості трави (сіна) її подрібнювали до розміру частинок не більше 1 см і ретельно перемішували. Із різних місць підготованої маси відбиралися проби і заповнювалися в попередньо висушені і зважені бюкси. В бюксу накладали наважку масою 5 г. Зразки висушували в сушильній шафі при температурі 100...105 °С на протязі 4...5 годин до досягнення постійної маси.

Як визначальні фактори, що зумовлюють процес сушіння трави в полі прийняли щільність валка (масу 1 м² валка) та кратність ворухіння. Під час експерименту відносна вологість повітря варіювала від 55 до 95%, температура повітря становила від 13 до 37 °С, сонячна активність дорівнювала 0,65 кВт на м², середня швидкість вітру становила 0,49 м/с.

Виходячи з можливої урожайності зеленої маси від 100 до 400 ц/га, ширини захвату косарки 5 м (Е-303), розмірів валка, для досліду було прийнято 3 варіанти щільності валка: нижній – 4кг/1,5 м²; середній – 11кг/1,5 м²; верхній – 18 кг/1,5 м².

За експериментальними даними були побудовані криві сушіння, які показують зміну середнього (інтегрального) значення вологовмісту матеріалу (u) в часі (τ), тобто $u = f(\tau)$.

Результати досліджень. Проведені дослідження показали, що час необхідний для висихання трави люцерни посівної при умовах: без обробки; природно-кліматична зона – Лісостеп (Черкаська область); щільність валка 18 кг/м²; з початкової вологості 80% до 17%; становив 110 год.

Час необхідний для сушіння розрахований за формулою (1) при тих самих умовах становив 125 годин. Це пояснюється тим, що погодні умови в межах природно-кліматичної зони змінюються як на протязі року, так і по роках.

Інтенсивність процесу сушіння залежить в основному від температури і відносної вологості повітря [3]. Ці величини значно змінюються на протязі доби. Тому експериментальна крива сушіння (рис 1.) має хвилястий характер, а в нічний час навіть змінюється на криву зволоження. Для можливості порівняння кривих сушіння в різних умовах її апроксимують.

Ймовірність того, що скошена трава за час сушіння не попаде під дощ (крива (1) рис.2) описується рівнянням

$$P_D(t) = \exp(-\lambda_1 t), \quad (2)$$

де $\lambda_1 = T_D^{-1}$ – інтенсивність процесу; T_D – середній інтервал між двома випаданнями опадів.

Ймовірність висихання скошеної трави за той же час (крива (2) рис.2) описується рівнянням

$$P_C(t) = 1 - \exp(-\lambda_2 t) \quad (3)$$

де $\lambda_2 = T_C^{-1}$ – інтенсивність процесу сушіння (визначається врожайністю трав, технологією виробництва і природно-кліматичними умовами); T_C – середня тривалість просихання свіжоскошеної трави.

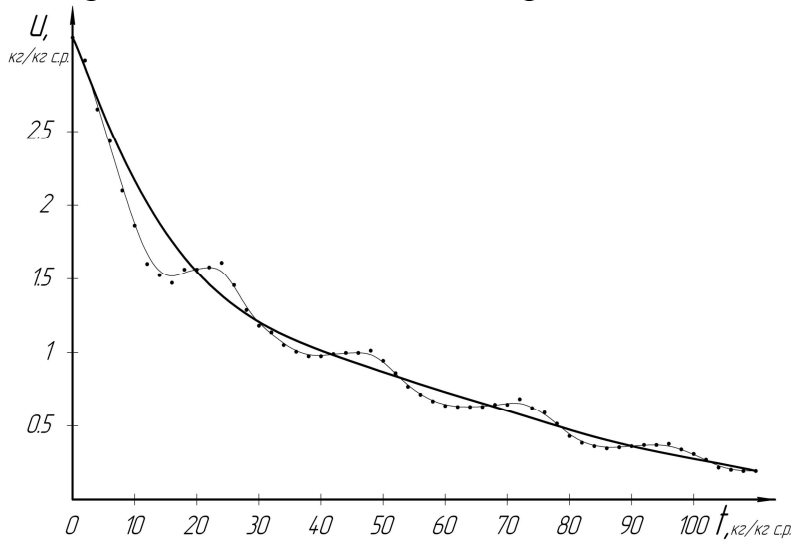


Рис. 1. Експериментальна і апроксимована крива сушіння сіна люцерни в польових умовах

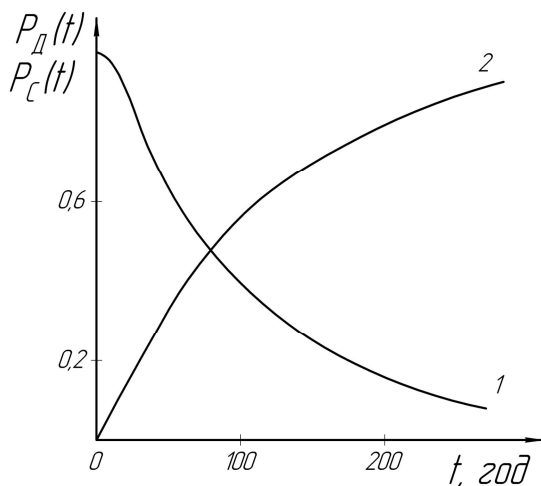


Рис. 2. Ймовірність непопадання скошеної трави під дощ (1) та висихання сіна (2) за час сушіння t

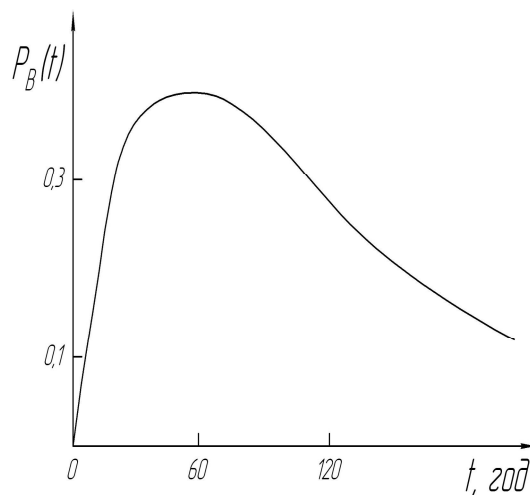


Рис. 3. Вірогідність повного висихання трави за час t

Ймовірність попадання під дощ свіжескошених трав практично рівна нулю, але чим триваліший процес сушіння, тим вона більша. Тому ймовірність повного висихання скошеної трави в полі

$$P_B(t) = \exp(-\lambda_1 t) [1 - \exp(-\lambda_2 t)] \quad (4)$$

Тривалість сушіння трав не повинна перевищувати часу, протягом якого природно-кліматичні умови мінімально впливають на якість сіна. Вірогідність повного висихання трави за час t (рис.3) відповідає умові

$$\frac{d}{dt}[P_B(t)] = 0 \quad (5)$$

звідки

$$t_{opt} = \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_2} \quad (6)$$

отримана за формулою (1)

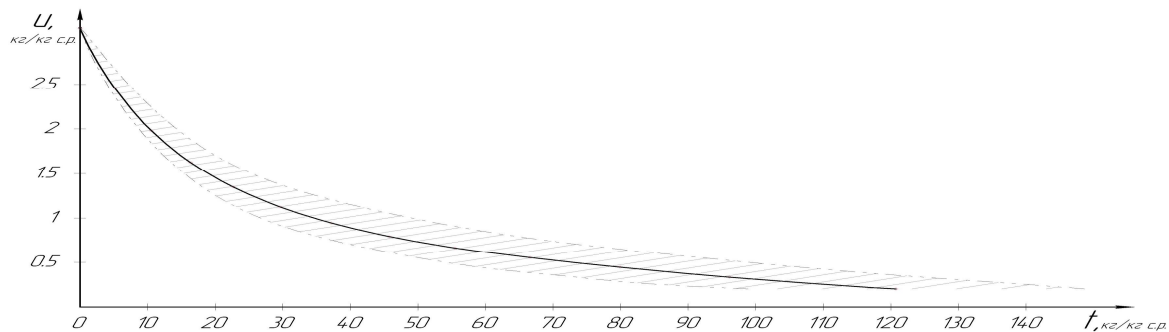


Рис. 4. Теоретична крива сушіння сіна люцерни в польових умовах

Результати досліджень показали, що для моделювання процесу сушіння з метою визначення часу польового сушіння трав можна використовувати математичну модель (1) коректуючи її коефіцієнтом погодних умов який властивий для даної місцевості.

Встановлено, що для Черкаської області коефіцієнт $P_i(\beta_j)$ змінюється межах 2,2...2,5. Коефіцієнт, який залежить від ймовірності сприятливих погодних умов для польового сушіння K_{II} змінюється в межах 0,65...0,9.

На рис 4. приведена теоретична крива сушіння сіна в польових умовах з врахуванням коефіцієнта $P_i(\beta_j)$ для умов зони Лісостепу (Черкаської області).

Висновки.

1. Встановлено, що коефіцієнт $P_i(\beta_j)$ для умов Черкаської області становить 2,2...2,5, а коефіцієнт, який залежить від ймовірності сприятливих погодних умов для польового сушіння K_{II} змінюється в межах 0,65...0,9.
2. Отримано модель процесу сушіння сіна в полі, яку можна використовувати при плануванні комплексу машин для збирання сіна для певних умов.
3. Відхилення результатів отриманих при проведенні досліджень від теоретичних коливаються в межах 15%.

Література

1. *Гарькавий А.Д.* Інженерія заготівлі кормів: сучасні технології заготівлі сіна з використанням відновлювальних джерел енергії/ А.Д. Гарькавий // Електрифікація та автоматизація сільського господарства №1(16), 2006
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 27548-97. Корма растительные. Методы определения содержания влаги.
3. *Суметов В.А.* Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов/ В.А. Суметов. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 336 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛЕВОЙ СУШКИ
СКОШЕННЫХ ТРАВ**

Деркач В.В.

Аннотация

Рассмотрен вопрос определения времени сушки сена бобовых трав в полевых условиях.

MODELLING OF FIELD DRYING OF HAY

V. Derkach

Summary

The problem of determining the drying time of hay legumes to the field.