

В. П. Жуков, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут кормів НААН

ТЕРМОГРАФІЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СИЛОСУВАННЯ В УКРИТТЯХ РІЗНОГО ТИПУ

Наведено результати технологічних досліджень по визначенню температурних змін у силосованій масі кукурудзи, закладеній на зберігання в типових траншеях та буртах. Визначено фактичні параметри розігрівання силосованої маси методом безконтактного і контактного контролю.

Ключова слова: *силос, термогенез, розігрівання, траншея, бурт, якість.*

Тепловий контроль за якістю силосування, як в наземних сховищах великого об'єму (силосні траншеї, шланги, башти), так і в сховищах малого об'єму (рулони, тюки, амфори, лабораторні посудини – діжки, баки, контейнера, банки), вимагає постійного та оперативного спостереження за перебігом процесів термогенезу. Термін таких безконтактних визначень, внаслідок технологічних особливостей заготівлі і зберігання, повинен складати 1—2 секунди, а дискретність значення не перевищувати 0,1⁰С.

Інфрачервоні методи визначення температури поверхні тіла базуються на здатності випромінювати тепло, що утворюється внаслідок мікробіологічних процесів окислення вуглеводів корму. Таке випромінювання представляє собою електромагнітне випромінювання в діапазоні хвиль 0,8—14 мкм [1, 2]. Інфрачервоні термометри (пірометри) досить широко використовують у будівництві та медицині. В останні роки пірометри використовуються в лабораторних дослідженнях для безконтактного визначення температури поверхні тіла, а за допомогою щупів різної довжини і в середині укриття [3]. У кормовиробництві до останнього часу використовували термоелектричні термометри типу ТЕТ-2 з біметалевими щупами-термопарами, завдовжки 90 та 152 см. Специфіка таких визначень полягає в руйнуванні герметичного пакування корму, що ускладнює умови відтворення визначень.

Матеріали і методи досліджень. З метою удосконалення експрес-визначень показників температури саморозігрівання зеленої маси при силосуванні було проведено серію технологічних, лабораторних та польових досліджень у сховищах різного типу по перебігу процесів термогенезу. Для замірів температури на різній глибині укриття було використано інфрачервоний пірометр DT-380 (Німеччина) з вмонтованим лазерним візи-

ром, що дало змогу робити заміри температури поверхні силосної маси з точністю до $\pm 2,0$ %. Пірометр має функцію утримання показників «HOLD», фонове підсвічування та індикацію розрядження батареї. Робоче середовище температура повітря від 0 до 50°C, вологість повітря < 80 %. Дискретність вимірювань 0,1 °C (0,2 °F). Термопара К-типа. Лазер IEC60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001 CLASS 2 LASER. Основні технічні характеристики пірометра DT-380 наведено в таблиці 1.

1. Технічні та функціональні характеристики пірометра DT-380

Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Область визначення температури	°C	від -50 до +380°C (від -58 до + 716°F)
Час відгуку	секунд	0,8
Показники візурування	-	8 : 1
Коефіцієнт випромінювання	постійний	0,95
Спектральний діапазон хвиль,	мкм	5-14
Живлення: батарея 9 В	годин	12, при безперебійному використанні
Розміри	мм	90 x 155 x 45
Маса, з батареєю	г	150
Офіційний сертифікат безпеки	-	CE

Принцип дії пірометра оснований на перетворенні потоку інфрачервоного випромінювання від силосно (сінажної) маси, що сприймається чутливим елементом, в електричний сигнал, за силою пропорційною спектральній щільності потужності потоку випромінювання.

Для контрольних замірів температури силосної маси на поверхні і в глибині (90 см) був використаний термоелектричний термометр ТЕТ-2МУ з виносним, біметалевим щупом відповідної довжини. Дослідження проводились у двох основних типах укриттів: у наземних, типових силосних траншеях та в силосних курганах на підготовлених майданчиках. Об'єктами для досліджень були: зелена маса для силосування кукурудзи в фазі воскової стиглості зерна (вологість $W_k = 73,54$ %) об'ємом 1160 м³, в ПП «Ольвія» Погребищанського р-ну (інтенсивність заповнення сховища відповідно становила 252 т/день), та зелена маса кукурудзи закладена в буртах об'ємом 9270 м³ при $W_k = 69,33$ %, в ДП ДГ «Олександрівське» Тростянецького р-ну (інтенсивність надходження 484 т/день). Вихідна маса була оброблена біологічним консервантом «Пропіконт» з розрахунку 2 г/т.

Результати досліджень. Зелена маса подрібненої кукурудзи для проведення технологічних дослідів, закладалась з середньою вологістю в межах 69,3—73,6 %. При даній вологості процеси бродіння проходили більш інтенсивно, а розвиток мікроорганізмів був максимальним у перший тиждень силосування. Інтенсивність надходження маси, ступінь ущільнен-

ня та особливості бродіння супроводжувались підвищенням температури до 38—58⁰С, що свідчить про гаряче-холодний тип зброджування вуглеводів.

Важливим елементом технології в початковий період заповнення укриття є ступінь ущільнення зеленої маси. Технологічна операція видалення повітря полягала у трамбуванні маси трактором Т-150К з відвалом та довантажувачем (загальна маса МТА перевищувала 9650 кг, а сумарна площа контакту перевищувала 19,200 см²), внаслідок чого питоме навантаження на одиницю площі маси становило в межах 2,12—2,36 кг/см². Постійне трамбування маси, яке проводили одночасно з розгортанням, дало можливість ущільнити моноліт майбутнього силосу до показників: у наземних траншеях до 698,4 ± 24,6 кг/м³; в наземному бурті – до показників 716,6 ± 31,8 кг/м³. Причому курганний тип заповнення сховища створив певні переваги в маневреності техніки для трамбування, що дало змогу уникнути створення місць з пониженою щільністю маси (під стінами траншей) та підвищити коефіцієнти змінного завантаження МТА при трамбуванні до показників 0,68—0,84.

Другим важливим елементом якості виконання технологічного процесу заповнення сховища був перебіг процесів саморозігрівання та охолодження силосної маси. Опосередковані результати термогенезу при бродінні цукрів у зеленій масі кукурудзи в укриттях різного типу під дією трофічних сумішок бактерій (біологічний консервант «Пропіконт») протягом 90 днів силосування, представлено в підсумковій таблиці 2.

2. Динаміка температурних змін у вихідній зеленій масі кукурудзи, закладеній на зберігання в укриття різного типу, ⁰С

Спосіб визначення		Силосна маса в наземній траншеї (W _к = 73,54 %)		Силосна маса в наземному бурті (W _к = 69,33 %)	
		на поверхні сховища	на глибині 90 см	на поверхні сховища	на глибині 90 см
DT-380	n	176	164	124	176
	M	37,62	40,38	38,94	44,56
	m	0,85	0,43	0,92	0,53
	C _v	10,65	9,33	11,09	10,23
TET-2M	n	78	92	76	74
	M	37,14	40,57	38,34	43,66
	m	0,69	0,42	1,12	0,97
	C _v	9,74	8,97	10,74	10,19
td		1,09*	0,32*	0,41*	0,86*

Примітка* P < 0,90 (різниця середніх не вірогідна)

При заповненні сховища температурні зміни визначали щоденно, через кожних 3 години, а після укриття сховища – чотири рази на день.

Упродовж трьох перших тижнів температурні показники за варіантами дослідів істотно не відрізнялись, хоча були дещо вищі за стандартні показники для холодного типу бродіння (вище 36—37⁰С). До другої половини вересня температура в укриттях стабілізувалась на рівні 38—44⁰С, що явилось кінцевим показником інтенсивного газовиділення силосної маси, обробленої стимулятором бродіння. Не відмічено вірогідної різниці в середніх показниках температури, визначеної інфрачервоним випромінювачем (пірометром) та термоелектричним біметалевим термометром ТЕТ-2М ($P < 0,90$, $t_{st} = 1,6$).

Корелятивну залежність показників температурних змін визначених методом уловлювання інфрачервоного випромінювання та шляхом замірів термопарою в силосованій масі кукурудзи, характеризували за показниками коефіцієнтів кореляції (r) та похибки репрезентативності (m_r). Високі коефіцієнти парної кореляції за формою були прямі, прямолінійні та тісні і відповідно становили: для показників температурних змін у наземній силосній траншеї на поверхні $r_1 = +0,98$ ($m_r = 0,06$); на глибині 90 см $r_2 = +0,97$ ($m_r = 0,05$); у наземному кургані на поверхні $r_3 = +0,92$ ($m_r = 0,11$); на глибині 90 см $r_4 = +0,96$ ($m_r = 0,08$). Порівняльні зміни температури в силосі з кукурудзи закладеного в типових наземних силосних траншеях та в курганах на відкритому майданчику, показано на рис. 1.

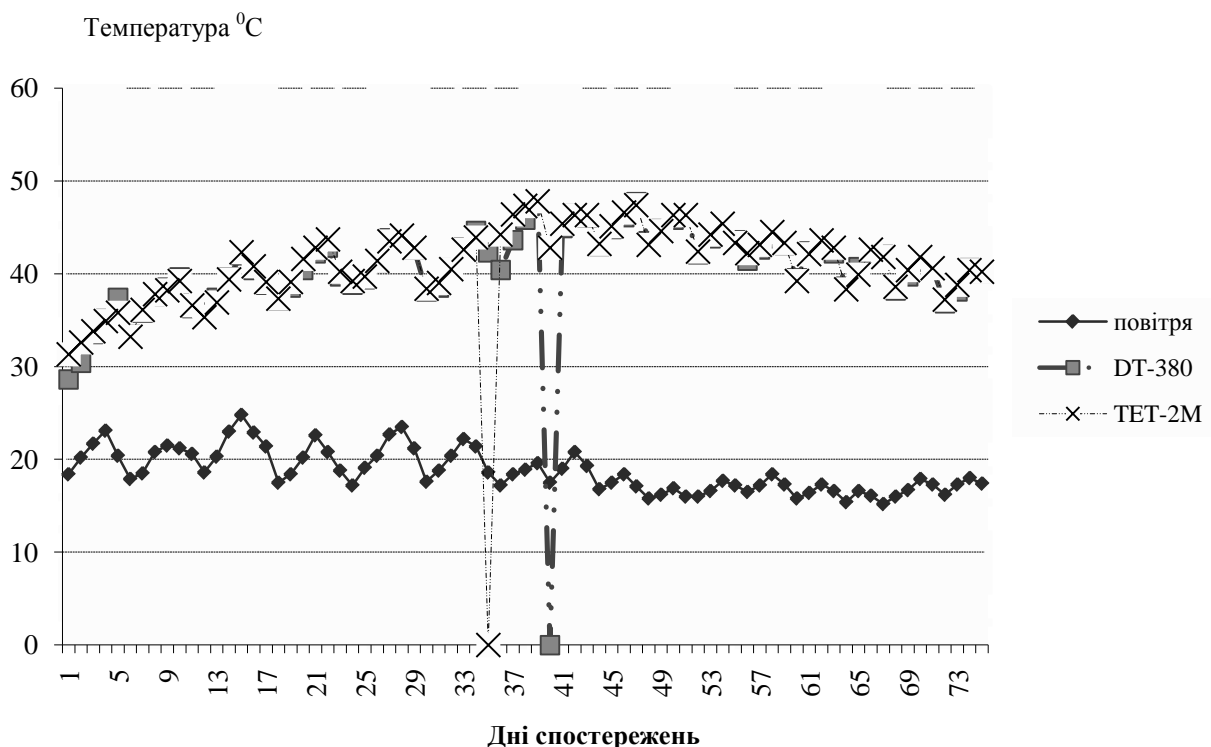


Рис. 1. Порівняльна оцінка температурних змін у силосній масі обробленій препаратом «Пропіконт» на глибині 90 см

Криві розподілу температур визначені, як на поверхні так і на глибині 90 см, мають ідентичні характеристики зростання, максималізації і зниження температури при загасанні процесів бродіння. Якісні показники силосів згідно вимог ДСТУ наведено в таблиці 3.

Якісна оцінка готового силосу показала, що корм у наземних траншейних і буртових укриттях відповідав I класу (згідно ДСТУ 4782-2007), мав властивий даному виду колір та запах, збережену без знак ослизнення консистенцію. За показниками вмісту в сухій речовині сирого протеїну та енергетичної повноцінності – відповідав II класу (відповідно 5,98 та 7,06 % сирого протеїну та 0,61 та 0,91 кормової одиниці, 8,66 та 9,11 МДж/кг обмінної енергії). У другій половині листопада (тобто після 90 днів консервування) укриття було відкрито і корм почали використовувати в годівлі дійних корів з продуктивністю 5600—6800 кг молока за лактацію.

3. Якість силосу з кукурудзи заготовленого в траншеях та буртах із внесенням біологічного консерванту (після 90 днів зберігання)

Показники складу	Силосна маса в наземній траншеї*	Силосна маса в наземному бурті**
Суша речовина, %	27,36	30,66
pH	3,92	3,87
Сирий протеїн, %	1,63	2,16
Сирий жир, %	0,61	0,77
Сира клітковина, %	6,55	7,84
Сира зола, %	2,15	2,26
Кормові одиниці	0,17	0,28
Кальцій, %	0,03	0,05
Фосфор, %	0,05	0,08
Загальний вміст кислот, %	2,46	2,54
у тому числі: молочної	1,46	1,78
оцтової	1,05	0,62
пропіонової	0,32	0,14
масляної	-	-
Етилового спирту, %	0,34	0,38
Аміаку, мг%	52,6	43,7

Примітки: * силосна маса кукурудзи воскової фази стиглості, вміст зерна < 20 %.

** силосна маса з вмістом зерна > 30 %.

Висновки. Контроль якості силосування традиційними методами з використанням біметалевих термопар та методом уловлення інфрачервоного випромінювання за допомогою пірметрів, дає чітку картину перебігу процесів саморозігрівання маси в період бродіння без істотної різниці середніх показників ($P < 0,90$, $t_{st} = 1,6$). Встановлено високі коефіцієнти парної кореляції для показників температурних змін у наземній силосній траншеї на поверхні та на глибині 90 см, які були в межах 0,97—0,98. У наземному силосному кургані на поверхні та на глибині 90 см кореляційний

зв'язок також був досить тісний і знаходився в межах 0,92—0,96. При зазначених параметрах процесу термогенезу, якість корму залишалась високою і він добре споживався продуктивними тваринами.

Бібліографічний список

1. Infrared thermometer operation manual. Instruction. Germany. 2010. P. 24.
2. <http://nk-evrasia.ru/ru/product/teploy-kontroli>.
3. Гулунов В. В., Мотовилов А. В., Гершкович Г. Б. Особенности применения новых приборов неразрушающего контроля. М., Ассоциация строительных ВУЗов, 2009, С. 236.

Жуков В. П. Термографический метод контроля качества силосования в укрытиях разного типа // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 70 – С. 143—148.

Приведены результаты технологических исследований по определению температурных изменений в силосной массе кукурузы, заложенной на хранение в типовых траншеях и буртах. Определены фактические параметры разогревания силосной массы методом бесконтактного и контактного контроля.

Zhukov V. P. Thermographic method of ensilage quality control in the shelters of different types // Feeds and Feed Production. – 2011. – Issue 70. – P. 143—148.

The results of technological researches on the determination of thermal modifications in silage corn laid for storage in typical trenches and barrows are stated. Actual dates of silage warm up using the method of contact and non-contact control are determined.