

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ  
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ Обґрунтування технології досушування трав енергією  
сонця з активним вентиляванням ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62  
Спеціальності 208 „ Агроінженерія ”  
(шифр і назва)

Магомета Володимир Євгенович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Рис В.І.  
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Паславський Р.І.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ**  
**ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доц. Андрій ШАРИБУРА  
“ 12 ” вересня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на дипломну роботу студенту  
Магометі Володимирі Євгеновичу

1. Тема роботи: „ Обґрунтування технології досушування трав енергією сонця з активним вентиляванням ”

Керівник роботи: Рис В.І., к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 05.12.2024 року.

3. Вихідні дані: Довідкова, науково-технічна та методична література за темою роботи. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві.

4. Перелік питань, які необхідно розробити  
ВСТУП

1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ ТА БІОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИСТО-СТЕБЕЛЬНОЇ МАСИ

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СУШІННЯ СІНА

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СІНА КОМБІНОВАНИМ СПОСОБОМ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

Перелік графічного матеріалу: тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; машини для заготівлі сіна – 3-й; схема сіносховища для активного вентилявання сіна – 4-й; розрахунок акумуляторів тепла – 5-й слайд; прилад для виміру вологості зеленої маси – 6-й слайд; схема подачі повітря у сіносховище – 7-й слайд; схема рухомої підвіски контейнера та схема розташування точок заміру вологості – 8-й слайд; результати досліджень процесу сушіння сіна – 9, 10-й слайди; техніко-економічні показники роботи – 11-й слайд; загальні висновки – 12 слайд.

#### 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	Рис В.І. доц. кафедри експлуатації та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Написання розділу: «Аналіз техніки для заготівлі кормів та біологічних характеристик листо-стебельної маси»	12.09.24-15.09.24	
2.	Виконання розділу «Теоретичні дослідження параметрів сушіння сіна»	16.09. 24-01.10.24	
3.	Виконання розділу «Програма та методика дослідження»	15.10.24-30.10.24	
4.	Написання розділу: «Результати досліджень процесу сушіння сіна комбінованим способом»	02.10.24-14.11.24	
5.	Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	15.11.24-20.11.24	
6.	Написання розділу: «Економічне обґрунтування проєкту»	21.11.24-27.11.24	
7.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки	28.11.24-30.11.24	
8	завершення роботи в цілому	01.12.24-5.12.24	

Студент \_\_\_\_\_ Володимир МАГОМЕТА  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Василь РИС  
(підпис)

## **УДК 620.91**

Обґрунтування технології досушування трав енергією сонця з активним вентиляванням. Магомета В.Є. Дипломна робота - Дубляни : ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О.Д.Семковича, 2024. – 68 стор. текстової частини; 5 таблиць; 26 рисунків; 24 бібліографічних назв.

На основі теоретичних досліджень процесу досушування листо- стебельної маси обґрунтовано методику проведення досліджень і обробки експериментальних даних з допомогою яких складено таблиці втрати вологості у різних умовах досушування за певні проміжки часу. На основі цих таблиць складені графіки залежності втрати вологості листо-стебельної маси у різних умовах від часу, встановлено затрати електроенергії на процес досушування сіна у сіносховищі, знайдено закон розподілу показників втрати вологості за даними дослідження.

Також в дипломній роботі обґрунтовано заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях і економічну ефективність процесу досушування трав.

## ЗМІСТ

УДК 620.91 .....	1
ЗМІСТ .....	2
ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ ТА БІОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИСТО-СТЕБЕЛЬНОЇ МАСИ .....	5
1.1 Загальна характеристика конюшини.....	5
1.1.1 Морфологічні особливості .....	5
1.1.2 Біологічні властивості.....	11
1.1.3 Місце конюшини у сівозміні.....	13
1.1.4 Догляд за посівами .....	13
1.2 Сучасна техніка для заготівлі кормів.....	14
1.2.1 Машини для скошування трав .....	15
1.2.2 Ворушилки і валкоутворювачі.....	17
1.2.3 Прес-підбирачі.....	18
1.2.4 Кормозбиральні комбайни .....	20
1.2.5 Візки-підбирачі.....	25
1.2.6 Висновок до розділу.....	27
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СУШІННЯ СІНА.....	28
2.1 Особливості польового сушіння трав .....	28
2.2 Аналіз способів інтенсифікації польового сушіння трав.....	29
2.3 Умови та засоби сушіння сіна.....	30
2.3.1 Акумулятор тепла для досушування сіна .....	35
2.3.2 Умови роботи.....	36
2.3.3 Агротехнічні вимоги .....	37
2.3.4 Підготовка сіносковища до роботи .....	38
2.3.5. Розрахунок акумуляторів тепла.....	38
2.3.6. Контроль якості роботи .....	44
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ .....	47
3.1 Програма дослідження.....	47

	3
3.2 Методика дослідження .....	47
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СІНА КОМБІНОВАНИМ СПОСОБОМ .....	51
4.1 Результати досліджень.....	51
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	54
5.1 Аналіз виникнення травматизму під час процесу заготівлі листо-стебельної маси на сіно .....	54
5.2 Моделювання процесів виникнення травм. ....	54
5.3. Розробка заходів щодо зменшення виникнення травм під час досушування трав активним вентиляванням.....	60
5.4. Висновки до розділу. ....	60
6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ .....	61
6.1 Розрахунок вартості встановлення будівлі.....	61
6.2 Розрахунок економічних показників.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	67
ДОДАТКИ.....	69

## ВСТУП

Сіно є ключовим видом грубого корму для тварин у зимовий сезон. Попит на нього в галузі тваринництва щорічно зростає. Одним із важливих способів збільшення виробництва та поліпшення якості сіна є його приготування шляхом активного вентилявання маси, пров'яленої до вологості 34-45%.

Основні аспекти інтенсифікації виробництва кормів на польових та луко-пасовищних угіддях включають підвищення врожайності багаторічних бобових трав і їхніх сумішок із злаковими культурами. Це досягається шляхом розширення площ для вирощування найцінніших кормових видів у системах сівозміни, створення високопродуктивних сіножатей та пасовищ, а також поліпшення природних кормових угідь.

Для ефективного вирощування конюшини на сіно необхідно застосовувати сучасні операційні технології, які інтегрують біологічні та хімічні методи. Ці технології спрямовані на оптимізацію структури посівів, вирощування високобілкових культур та їх сумішок, використання сучасної техніки, науково обґрунтовані системи удобрення та інші ресурсощадні заходи.

Оцінка операційних технологій базується на їх енергоефективності, економічній доцільності та екологічності. Пріоритетом є вирощування високобілкових культур, які забезпечують краще повернення інвестицій, і раціональне застосування добрив і регуляторів росту.

Актуальність теми полягає у тому, що нестабільні погодні умови під час сушіння сіна на полі часто призводять до значних втрат якості. Застосування методів, незалежних від кліматичних чинників, стає все більш важливим.

Мета і завдання досліджень:

Метою роботи є підвищення якості та поживності сіна разом зі зменшенням енерговитрат.

Для досягнення цієї мети було визначено такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих методів заготівлі сіна.
2. Удосконалити конструкцію сонячного акумулятора тепла та адаптувати його до наявного сіносховища.

3. Зібрати та встановити удосконалений сонячний акумулятор тепла.
4. Вивчити параметри роботи акумулятора та визначити оптимальні режими його функціонування для даного регіону.

Об'єкт дослідження: процес сушіння сіна за допомогою сонячного акумулятора тепла.

Предмет дослідження: взаємозв'язок між якістю та вологістю сіна і параметрами роботи акумулятора.

#### Методи дослідження

Для виконання роботи використовувалися теоретичні дослідження із застосуванням математичного моделювання.

Ефективність операційних технологій визначається застосуванням сучасної техніки та суворим дотриманням технологічних вимог. Біологічні фактори інтенсифікації допомагають зменшити використання хімічних засобів і, відповідно, рівень забруднення навколишнього середовища.

Економічна доцільність сушіння шляхом активного вентилявання забезпечується завдяки використанню тепла з атмосферного повітря та сонячних акумуляторів. Таким чином, вдається мінімізувати витрати електроенергії і забезпечити високу якість корму.

Останнім часом все більше уваги приділяється використанню альтернативних енергетичних ресурсів, таких як сонячна енергія. Геліонагрівачі та акумулятори тепла дозволяють прискорити процес сушіння, зменшити споживання електроенергії і покращити якість продукту завдяки дбайливій технології.



# 1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ ТА БІОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИСТО-СТЕБЕЛЬНОЇ МАСИ

## 1.1 Загальна характеристика конюшини

Конюшина лучна двохукісна - багаторічна перехреснозапилена бобова рослина.

У конюшини лучної за морфологічними і біологічно-господарськими ознаками розрізняють два різко відмінних типи: конюшину одно укісну пізньостиглу, більше поширену в північній частині України, та конюшину лучну двохукісну ранньостиглу, яку вирощують на всій території України. Остання дає за рік два, а в сприятливі за зволоженням і теплі роки - три укуси [24].

В Україні площа конюшини лучної становить 30-35% посівів багаторічних трав. За даними сортодільниць і передових господарств, при належній агротехніці і достатній вологості ґрунту врожай її зеленої маси може досягати 500-900 ц/га, або 100-200 ц/га сіна на рік.

Конюшина лучна - вологолюбна слабо посухостійка рослина. Добре росте при вологості ґрунту 70-80%НВ. За ґрунтової посухи різко збільшується загибель рослин протягом вегетаційного періоду та взимку [24].

Слід зазначити, що конюшина лучна не дуже вибаглива до ґрунту, але погано переносить підвищену кислотність: оптимальна величина рН 5,5-7. причиною тому, що кисла реакція негативно діє на азотофіксуючі бактерії, внаслідок чого порушується живлення рослин азотом [24].

### 1.1.1 Морфологічні особливості

Серед найбільш поширених видів конюшини виділяють три основні: червона (лучна), рожева і біла. Конюшину рожеву та білу зазвичай вирощують як трави для лук і пасовищ, тоді як конюшина червона є найпоширенішою, особливо в польовому кормовиробництві.

Конюшина лучна — це трав'яниста рослина родини Бобові, яка може бути дворічною або багаторічною. Її запилення здійснюється перехресним шляхом (ентомофільний тип запилення).

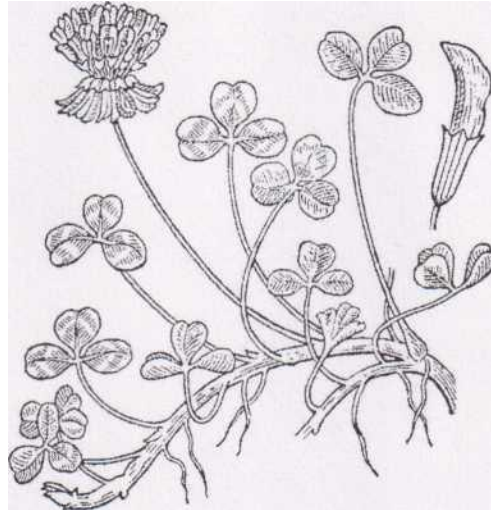


Рисунок 1.1 – Конюшина

У польових умовах тривалість життя більшості рослин конюшини лучної становить 2-3 роки, хоча деякі окремі екземпляри можуть зберігати життєздатність до 5-6 років.

Типи конюшини лучної. У посівах виділяють два основних типи конюшини лучної, які мають суттєві відмінності в морфологічних та біологічних характеристиках, а також у господарських властивостях. Ці відмінності сформувалися в результаті тривалого впливу умов вирощування, природного і штучного відбору.

На території України найчастіше вирощують другий тип – ранньостиглу двоукісну конюшину, також відому як південну.

Залежно від кліматичних, ґрунтових умов і особливостей агротехніки ознаки обох типів можуть змінюватися. Завдяки розумінню цих змін можна точно визначити тип конюшини шляхом порівняння.

Пізнньостигла (одноукісна) конюшина:

- Розвивається за принципом озимих культур.
- У перший рік утворює розетку листків, а на другий – стебла і квіти.
- Зацвітає на два тижні пізніше порівняно з ранньостиглою.
- Протягом року дає лише один укіс.

Ранньостигла (двоукісна) конюшина:

- Характеризується розвитком за типом ярих культур.
- У перший рік, після збирання покривної культури, утворює стебла і може

навіть зацвісти.

- На другий рік навесні швидко відновлює ріст, рано зацвітає і забезпечує два укуси на рік. За сприятливих умов можливий і третій укіс.

Такий поділ дозволяє ефективно використовувати переваги кожного типу конюшини лучної для їх вирощування у відповідних умовах.

Проміжні типи та сорти конюшини лучної. Окрім двох основних типів, у посівах часто трапляються проміжні форми, які певною мірою наближені до одного з них. Кожен тип поділяється на численні місцеві сорти, що відрізняються агрономічними характеристиками.

Останнім часом у сільськогосподарській практиці України та за кордоном особливої уваги набули тетраплоїдні сорти конюшини лучної. Вони відзначаються підвищеною врожайністю зеленої маси, кращою зимостійкістю та високою стійкістю до хвороб.

Морфологія конюшини лучної двоукісної. Коренева система. Конюшина лучна двоукісна має розвинену стрижневу кореневу систему, яка складається зі стрижневого кореня та розгалужених бічних коренів. Основна частина кореневої системи (80–90%) розташована у верхньому шарі ґрунту на глибині 0-10 см, але коріння може проникати до 2 м у глибину і розповсюджуватися на ширину 60–70 см.

Чим більше розгалужена коренева система, тим вищою є зимостійкість рослин. Глибина проникнення коренів залежить від характеристик ґрунту, рівня забезпеченості поживними речовинами, наявності вологи та освітленості.

У перший рік після посіву коріння швидко розвивається. Швидкість проникнення в ґрунт також залежить від покривної культури. Наприклад:

- При вирощуванні під ярим ячменем коріння проникає до 42 см,
- Під горохом — до 51 см,
- Під кукурудзою на зелений корм — до 62 см.

Особливості кореневої системи. Головний корінь має властивість поступово вкорочуватися. У результаті зимуючі органи – головка кореня та коренева шийка – заглиблюються в ґрунт на 2-3 см, іноді до 5 см. Це явище є адаптацією до несприятливих умов, таких як зимовий холод і літня засуха.

Симбіоз із бульбочковими бактеріями. На коренях конюшини формуються бульбочки, які заселені азотфіксуючими бактеріями (*Vasgherit rhizobia*). Ці бактерії поглинають азот із повітря, використовуючи його як джерело живлення для рослини. У перший рік після посіву бульбочки з'являються на головному корені, а згодом — на бічних. Їхня кількість збільшується до фази бутонізації, після чого починає зменшуватися.

Накопичений у коренях азот частково використовується рослиною, а частково залишається в ґрунті, підвищуючи його родючість. Біологічний азот, отриманий від бобових культур, є значно дешевшим і більш ефективним, ніж промислові азотні добрива.

Агрономічна роль кореневої системи.

Коріння конюшини транспортує з глибоких шарів ґрунту кальцій, фосфор та інші мінерали до поверхневих шарів, покращуючи їхню хімічну структуру. Рослина також залишає після себе значну кількість органічних решток (до 80 ц/га), які сприяють накопиченню гумусу, азоту та фосфору в ґрунті.

Дані досліджень свідчать, що:

- У перший рік життя конюшина залишає 57,3 ц/га корневих решток за врожайності сіна 57,8 ц/га.

- Протягом двох років вирощування ця кількість зростає до 71,3 ц/га на сірих опідзолених ґрунтах.

Коренева система конюшини лучної та її вплив на ґрунт. Коріння конюшини червоної проникає вглиб до горизонту вмивання та підґрунтя, включно з материнською породою. Завдяки цьому рослини здатні отримувати кальцій і фосфор, яких часто не вистачає у верхніх шарах ґрунту, особливо на підзолистих типах ґрунтів.

Глибока коренева система конюшини лучної транспортує кальцій, фосфор та інші елементи з нижніх шарів ґрунту у верхній, покращуючи його агрохімічні властивості. Разом із цим конюшина залишає значну кількість органічних решток, що сприяє накопиченню гумусу, азоту та фосфору.

Дослідження показують, що в перший рік життя конюшина, при врожаї сіна 57,8 ц/га, залишає в орному шарі 57,3 ц/га корневих решток. В орному шарі (0-30

см) рослина може накопичувати від 50 до 80 ц/га корневих і післяукісних решток, що перевищує врожайність зеленої маси у 1,3–1,5 раза.

Кількість решток залежить від врожайності. Наприклад, при врожаї 20 ц/га корневих решток утворюється вдвічі менше, ніж при врожаї 58 ц/га.

Дослідження Немерчанської дослідно-селекційної станції (Вінницька область) свідчать, що на сірих опідзолених ґрунтах після конюшини першого року її вирощування залишається 35,8 ц/га корневих решток. У Закарпатській сільськогосподарській дослідній станції встановлено, що при врожаї сіна за два роки у 130 ц/га маса коренів досягла 71,3 ц/га.

Хімічний склад і значення органічних решток.

Рештки бобових культур, включаючи конюшину, характеризуються високим вмістом азоту (2-2,5%). При перерахунку на гектар, після вирощування багаторічних трав у ґрунті залишається 90–200 кг азоту. Внесення добрив підвищує цей показник на 30-35%. Кореневі рештки мають вищу біологічну цінність, ніж стеблові.

Дані Науково-дослідного інституту землеробства і тваринництва західних районів України показали, що в шарі ґрунту 0-30 см конюшина залишає 60,2 ц/га повітряно-сухих органічних речовин, у яких міститься 124,1 кг азоту, 24,9 кг фосфору та 38,1 кг калію.

Морфологія стебла конюшини лучної.

Протягом життя рослини розвивають численні стебла, які можуть бути прямостоячими, сланкими або розгалуженими. Їх товщина варіюється, а поверхня може бути гладкою або злегка опушеною. Забарвлення стебел змінюється від світло-зеленого до темно-зеленого.

Основне стебло утворює листову розетку, з пазух листків якої ростуть бокові пагони. У ранньостиглої двоукісної конюшини зазвичай формується 5-7 міжвузлів, кожне з яких має черешок із прилистками.

Ріст і кількість стебел залежать від густоти посіву, забезпечення поживними речовинами та погодних умов. Висота рослин варіюється залежно від типу та сорту: пізньостиглі типи зазвичай вищі, ніж ранньостиглі. Для двоукісної конюшини висота стебел становить 70-80 см, іноді досягаючи 1 м.

Особливості росту стебел. Стебла конюшини мають кінцевий ріст, тобто кожне стебло завершується суцвіттям. У перший рік життя ріст надземної маси відбувається повільно, натомість активно розвивається коренева система. Генеративні стебла першого року відмирають до основи, тоді як вегетативні можуть продовжувати ріст навесні.

У перший рік життя надземна маса конюшини розвивається повільно. У цей період основна енергія рослини спрямована на розвиток кореневої системи, яка досягає повного формування через 3-4 місяці після посіву (за умови безпокритого вирощування). Процес куціння розпочинається через 35-45 днів після появи сходів, а активний ріст стебел — через 55-60 днів.

Генеративні стебла, які утворюються в рік посіву, до зими відмирають до самої основи. Водночас вегетативні укорочені пагони зберігаються частково, а за наявності сталого снігового покриву, який з'являється до зниження температури до мінус 7-10 °С, вони можуть зберігатися повністю. Навесні такі пагони продовжують ріст. У другий та наступні роки в розетці формуються нові листки, а з бруньок кореневої головки розвиваються нові стебла.

Листя. Листки конюшини лучної мають складну трійчасту структуру і цілокраї краї. У деяких випадках трапляються форми з чотирма, п'ятьма або навіть шістьма листочками.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд стебла та листя конюшини.

Прикореневі листки конюшини лучної та нижні стеблові листки розташовані на довгих черешках, які ростуть вкорочуються ближче до верхівки стебла. Верхні

стеблові листки є сидячими. Перший справжній листок має просту, округлу форму. Листочки тричастого листка можуть мати різноманітні форми: яйцеподібну, видово-яйцеподібну, широкояйцеподібну, яйцеподібну з клиноподібною основою чи еліптичну. Їхнє забарвлення змінюється від світло-зеленого до темно-зеленого, а на кожній листочці є характерна світла пляма у вигляді трикутника.

Листки частково опушені: нижній бік більш опушений, ніж верхній. Прилистки яйцеподібної форми, коли вкриті волосками, звужені

Число листків варіюється залежно від походження, сорту та умов вирощування конюшини. Площа одного листка може становити від 0,3 до 50 см<sup>2</sup>, а середня становить близько 2 см<sup>2</sup>. Загальна площа листової поверхні у 10-30 разів перевищує площу посіву конюшини.

Квітка. У конюшини лучної квіти дрібні, сидячі, двостатеві, складаються з чашечки, віночка, тичинок і маточки (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд квітки конюшини.

### **1.1.2 Біологічні властивості**

Конюшина лучна: особливості вирощування. Для отримання стабільних урожаїв сіна та насіння конюшини лучної важливе забезпечення оптимальних умов освітлення, водозабезпечення, теплового режиму та доступу поживних речовин. Усі ці фактори взаємопов'язані та однаково значущі для росту і розвитку рослин.

Освітлення. Конюшина лучна є культурою довгого дня. Ранньостиглі сорти менш залежні від тривалості освітлення, ніж пізньостиглі. Проведені дослідження свідчать, що вирощування при цілодобовому природному освітленні пришвидшує

цвітіння та дозрівання насіння.

Ця культура є відносно тіньовитривалою, що дає змогу підсівати її під покривні рослини. У фазі бутонізації, особливо у перший рік після сходів, нестача світла може призвести до загибелі до 30-50% рослин. Затінення є найсильнішим під озимими культурами (жито, пшениця), менш виражене під ярими зерновими. При безпокровному посіві вплив освітлення на фотосинтез майже не спостерігається.

Волога. Конюшина лучна є культурою, що потребує значної кількості вологи, але не переносить її надлишку. Її транспіраційний коефіцієнт становить 500-600. Найкращі врожаї отримують при вологості ґрунту на рівні 70-80% від польової вологості.

На різних стадіях вегетації потреба у воді змінюється:

- До цвітіння необхідна вологість 80%;
- Під час цвітіння – 60%;
- На етапі дозрівання – 40%.

У перший рік життя рослини особливо чутливі до нестачі вологи, що часто призводить до їх загибелі в посушливі періоди. Надмірне зволоження у фазі цвітіння сприяє наростанню вегетативної маси на шкоду генеративним органам.

Температура. Конюшина лучна пристосована до помірного клімату. Насіння проростає при температурі 1-2°C, хоча оптимум становить 18-20°C. Сходи витримують короточасні заморозки до -6-7°C.

Морозостійкість залежить від сорту, віку рослин та умов живлення. Критичною для рослин є температура ґрунту в зоні кореневої шийки -15-20°C. Наявність запасних поживних речовин у кореневій шийці допомагає рослинам переносити морози.

Ґрунти та живлення. Конюшина найкраще росте на чорноземах, сірих лісових, темно-сірих та дерново-підзолистих ґрунтах із рН 5,5-7. Кислі та засолені ґрунти негативно впливають на розвиток азотфіксуючих бактерій, погіршуючи азотне живлення рослин.

Для росту потрібне збалансоване живлення макро- та мікроелементами, серед яких особливо важливі:

- Азот: забезпечує формування білків і хлорофілу. Його нестача призводить



до жовтуватого забарвлення листя.

- Фосфор: необхідний для цвітіння та формування насіння.
- Калій: підвищує стійкість до холоду й хвороб.

Фази розвитку. Перший рік життя включає фази сходів, утворення трійчастого листка та прикореневої розетки.

Другий і наступні роки. Фази відростання, куціння, стеблуння, бутонізації, цвітіння та дозрівання насіння. Тривалість вегетаційного періоду залежить від клімату:

- Від весняного відростання до першого укосу — 55-80 днів.
- Від першого до другого укосу — 35-50 днів.
- Від другого укосу до збору насіння — 65-85 днів.

### **1.1.3 Місце конюшини у сівозміні**

Конюшину зазвичай висівають після озимих зернових на угноєному паровому полі, а також після ярих зернових, озимих на пару, незасмічених удобрених картоплі, овочевих культур, буряків, кукурудзи на силос і зерно. На те саме поле її рекомендують повертати не раніше, ніж через 5-6 років. При цьому конюшина у сівозміні виступає як чудовий попередник для озимих зернових і технічних культур [12,24].

### **1.1.4 Догляд за посівами**

В усіх господарствах обов'язковим агротехнічним заходом має стати потоковий метод збору зернових культур із підсіяною конюшиною. Після збирання соломи й пожнивних решток конюшину слід підживлювати фосфорними та калійними добривами. Травостій обробляють середніми боронами, а коли висота рослин досягає 35-45 см, їх підкошують. Це слід робити не пізніше другої декади серпня для Полісся і до початку вересня для Лісостепу та Передкарпаття, щоб рослини встигли відрости й увійти в зиму добре розвиненими. Стерню зернових залишають висотою 10-12 см для ефективного затримання снігу [12,24].

Наступної весни, якщо добрива не вносили восени, конюшину підживлюють по мерзлоталому ґрунту. Щойно стане можливим вихід у поле, травостій

обробляють ротаційними мотиками й одразу боронують для розпушування верхнього шару ґрунту. Стернові рештки, які вириваються під час боронування, збирають тракторними граблями, вивозять із поля та спалюють. Післяукісне боронування здійснюють через 4-5 днів після укосу, використовуючи важкі зубові або голчасті борони в один-два сліди.

Для боротьби з конюшиновим довгоносиком у фазах стеблуння та бутонізації посіви обробляють інсектицидами, такими як метафос або карбофос. Для боротьби з бур'янами використовують гербіциди 2М-4ХМ (2-3 кг/га) з витратою води 200-300 л/га, застосовуючи їх на етапі появи третього листка у конюшини та у фазі куцнення покривної зернової культури [12,24].

Максимальний вихід перетравного протеїну забезпечується під час скошування конюшини на корм на початку її цвітіння. Для виготовлення зневоднених кормів, сіна або сінажу оптимально розпочинати скошування в період бутонізації та завершувати його на початку цвітіння. Якщо конюшину використовують на сіно, сінаж чи силос, її косять у фазі повної бутонізації або на початку цвітіння.

Насінники збирають переважно двофазним методом. Коли 70-80% суцвіть набувають бурого забарвлення, насінники косять жатками, залишаючи висоту зрізу 10-20 см.

За правильного використання в різні фази розвитку конюшина слугує якісною сировиною для виробництва сіна, сінажу, трав'яної січки, брикетів і трав'яного борошна.

## **1.2 Сучасна техніка для заготівлі кормів**

На центральноевропейському ринку техніки для заготівлі кормів у провідній позиції використовують такі виробники, як CLAAS, КРОНЕ, FELLA (Німеччина) KVERNELAND (Нідерланди) KUHN PÖTTINGER (Австрія) DJONN DEERE (США), SIP (Словенія) і UNIA Group (Польща).

На східноевропейському ринку особливу активність демонструють компанії CLAAS, КРОНИКРОНЕ, KUHNi PÖPÖTTINGER.

Постійний розвиток технологій є характерною рисою виробників техніки для кормовиробництва. Сучасні тенденції в цій галузі

- Збільшення продуктивності завдяки
- Зниження забруднення кормів ,
- Скорочення часу на обслуговування.

### **1.2.1 Машини для скошування трав**

Для скошування трав широко застосовуються сучасні ротаційні косарки, які відзначаються високою ефективністю. Вони забезпечують якісне косіння навіть на великих поступальних швидкостях, зокрема для високоврожайних трав і травостоїв, які вилягли чи переплуталися. Відповідно до результатів випробування, продуктивність ротаційних косарок перевищує продуктивність сегментно-пальцевих косарок зі зворотно-поступальним рухом ножів на 20–30%.

Класифікація ротаційних косарок. Ротаційні косарки поділяються за конструктивними особливостями на:

- Барабанні — із верхнім приводом роторів;
- Дискові — із нижнім приводом роторів.

Сучасні виробники пропонують ротаційні косарки різних типів:

- Задньонавісні;
- Фронтально-навісні;
- Причіпні;
- Самохідні.

Виробники виконують диференційований підхід до ширини захвату косарок, випускаючи машини в типорозмірному ряду з шириною захвату від 1,35 м до 6,20 м, із кроком 0,1–0,3 м. Такий широкий асортимент дозволяє сільськогосподарським виробникам обрати оптимальну модель залежно від потреб та умов експлуатації. Є косарки і з більшою шириною захвату, наприклад комбіновані косарки FC 883 фірми Kuhn – 8,8 м, Cougar 1400 фірми Claas – 14,0 м, Вік М фірми Krone – 13,2 м. В основному всі косарки оснащені валкоутворювачами та пристроями для кондиціонування маси.

Барабанні косарки виготовляють CLAAS (Німеччина), SIP (Словенія), UNIA

group, SaMAAZ (Польща). Ширина захвату їх становить від 1,35 до 3 м. Такі косарки ідеально підходять для роботи на перезволожених та заболочених ґрунтах.



Рисунок 1.4 – Косарка навісна DISCO 2650 (фірма (CLAAS))



Рисунок 1.5 – Косарка причіпна Eusy Cut 6210 (фірма KRONE)

Наразі є у продажу моделі російських та вітчизняних виробників з пасовим приводом робочих органів (КРВ-2ДА виробництва ВАТ «НОМЗ», м. Ніжин).

В Україні для скошування трав виготовляють ротаційні дискові косарки КРВ-2,15 (ВАТ «НОМЗ», м. Ніжин) та КН-2,1 ВАТ («Львівсільмаш»). Барабанна косарка КРБ-2,1 виробництва КБ «Бердянськсільмаш» випробувана в УкрНДІПВТ у 2005 році та рекомендована серійного виробництва. Сегментно-пальцьові косарки КПО-2,1 випускає КБ «Бердянськсільмаш» та КПН-2,1 -- ВАТ «Бердянський «Агротехсервіс». Ширина захвату цих косарок не перевищує 2,1 м. Із закордонних фірм сегментно-пальцьові косарки виготовляють фірма «Нью Холанд», турецька фірма «Барам Тарім». Слід відмітити, що в Україні відсутнє

виробництво косарок-плющилок.

### **1.2.2 Ворушилки і валкоутворювачі**

Під час заготівлі сіна й сінажу найчастіше використовують ротаційні ворушилки та валкоутворювачі з робочими елементами у формі пружинних зубів, закріплених на штангах. Ці машини виконують операції з ворущіння й розпушування скошених трав, перевертання та згрібання у валки.

Відомі зарубіжні фірми (Kuhn, Claas, Krone, Pottinger тощо) виготовляють широкий типорозмір навісних і причіпних машин для ворущіння та згрібання у валки пров'яленої маси трави чи сіна з шириною захвату в діапазоні: ворушилок — від 2,2 м (фірма SIP (Словенія) до 17,2 м (фірма Kuhn), валкоутворювачів — від 3 до 19 м.

Роторів у ворушилках нараховується 2-16. За кількістю роторів валкоутворювачі бувають одно-, дво-, три- та чотирироторні. Фірма Claas випускає 2 моделі чотирироторних, 4 двороторних і 2 однороторних валкоутворювачів та 4 моделі ворушилок.

Фірма Krone виготовляє 5 моделей однороторних, 7 двороторних, 1 трироторну, 2 чотирироторних та 13 моделей ворушилок.

Фірма Pottinger виробляє 10 моделей однороторних, 10 двороторних, 1 модель чотирироторну та 10 моделей ворушилок.

Для високопродуктивної роботи кормозбиральних комбайнів, прес-підбирачів та візків-підбирачів максимальну ширину захвату валкоутворювачів доведено до 19 м.

В Україні для згрібання та ворущіння сіна розроблені граблі універсальні роторні ГУР-4,2 (КП «Київтрактородеталь»), граблі-зворушувачі ГВ 3,4 (ВАТ «Ковельсьільмаш»), граблі-зворушувачі ГР-Ф-3,6 (ВАТ «Новоград-Волинськільмаш») та ГВ 00-000 (ВАТ «Львівсьільмаш»). Ширина захвату машин вітчизняного виробництва становить 3,3-4,2 м.



Рисунок 1.6 – Ворушилка FG 17002 (фірми Kuhn)



Рисунок 1.7 – Валкоутворювач Swardo 1400 (фірми KRONE)

Слід відмітити, що колісно-пальцеві валкоутворювачі з пасивним приводом робочих органів, за результатами досліджень, забруднюють рослинну масу ґрунтом, і в цілому така конструкція давно морально застаріла.

### 1.2.3 Прес-підбирачі

Технологія заготівлі сіна і інших грубих кормів у пресованому вигляді займає провідне місце в аграрній практиці на світовому рівні.

Для цього використовуються різні типи техніки, серед яких поршневі прес-підбирачі для створення малогабаритних тюків, рулонні преси та обладнання для формування великогабаритних тюків. Наприклад, прес-підбирачі для малих тюків активно виробляють такі компанії, як JOHN DEERE, MASSEY FERGUSON (США), UNIA group (Польща). Ці машини здобули популярність у невеликих і середніх господарствах завдяки простоті експлуатації.

Останнім часом значний інтерес викликає заготівля сіна у рулонах, що пояснюється як конструктивною простотою рулонних пресів, так і їх меншою вартістю порівняно з технікою для великогабаритних тюків. Рулонні прес-підбирачі поділяються на типи з камерами постійного або змінного перерізу.

Формуючі камери цих пресів можуть бути вальцевими, ланцюгово-планчастими або пасовими. Машини із змінним перерізом дозволяють формувати рулони діаметром від 0,8 до 1,8 м. Розмір рулону визначається залежно від типу корму: для сінажу використовуються менші рулони, а для сіна або соломи

- більші.

Паралельно набирає популярності технологія із застосуванням пресів для великогабаритних тюків, яка має низку переваг перед рулонними пресами. Провідні світові виробники, такі як Claas, Krone, Massey Ferguson, Kuhn, New Holland, пропонують понад 40 моделей таких машин. Вони відрізняються характеристиками пресувальних камер, конструкцією робочих органів, наявністю механізмів для подрібнення, кількістю вузлов'язальних пристроїв тощо.

Переваги технології великогабаритних тюків:

1. Вища пропускна здатність у порівнянні з малогабаритними та рулонними пресами.
2. Зручність транспортування і складування завдяки прямокутній формі тюків.
3. Ефективніше використання транспортних засобів при перевезенні.
4. Зменшення кількості тюків на одиницю площі, що знижує витрати на очищення полів.
5. Скорочення часу на завантаження тюків, що підвищує продуктивність транспортних операцій.
6. Низька витрата шпагату для обв'язки.
7. Раціональне використання кормосховищ при зберіганні великогабаритних тюків.

Українське виробництво. В Україні також представлено техніку для заготівлі пресованих кормів. Зокрема, КП "Київтрактородеталь" виробляє рулонний прес-підбирач ППР-110. Також ВАТ "Ірпінмаш" випускав рулонний прес-підбирач ПРП-750М, але його виробництво наразі припинено. ЗАТ "Волинська фондова компанія" розробляє прес для малогабаритних тюків ППТ-130, який у 2006 році успішно пройшов державні випробування та рекомендований до серійного виробництва.



Рисунок 1.8.—Прес-підбирач ·  
John Deere 359



Рисунок 1.9.—Прес-підбирач Comprimat  
F155 XC (KRONE)

Результати проведених випробувань демонструють, що вітчизняні прес-підбирачі, зокрема моделі ППР-110 та ППР-750 М, значно поступаються закордонним аналогам за технічними характеристиками. Зазначені машини не мають вбудованої системи подрібнення, а ширина захвату моделі ППР-110 складає лише 1,25 м. Крім того, конструкція цих пресів вважається морально застарілою, оскільки вона залишалася практично незмінною понад десятиліття.

На сьогодні в Україні відсутнє налагоджене виробництво прес-підбирачів для формування великогабаритних тюків, що створює потребу у впровадженні сучасних технологій та запозиченні досвіду провідних світових виробників.

#### 1.2.4 Кормозбиральні комбайни

Потреба у консервованих кормах для господарств різного масштабу варіюється в широких межах: від десятків до десятків тисяч тонн. Виходячи з агротехнічних строків заготівлі та технологічних вимог до закладення кормів на зберігання, парк кормозбиральної техніки має включати машини різної продуктивності та відповідної потужності приводу.

Класифікація кормозбиральних комбайнів:

1. За потужністю приводу:

- Комбайни малого класу - до 100 кВт.
- Комбайни середнього класу - 100–200 кВт.
- Енергонасичені комбайни - 200–300 кВт.
- Надпотужні комбайни - понад 300–400 кВт.



## 2. За способом агрегування:

- Причіпні.
- Навісні.
- Самохідні.

## 3. За типом подрібнювального апарату:

- Барабанні.
- Дискові.

### Технологічні особливості:

Типова конструкція кормозбирального комбайна включає:

- Ходову частину.
- Живильний апарат.
- Подрібнювальний апарат.
- Змінні робочі органи (адаптери) для збирання різних культур.
- Двигун (у самохідних моделях).

### Подрібнювальні апарати:

#### - Барабанні подрібнювачі:

- Широко застосовуються через можливість забезпечення високої продуктивності.

- Відрізняються геометричними параметрами (діаметр, ширина), кількістю ножів, частотою обертання.

- Збільшення ширини барабана дозволяє підвищити продуктивність завдяки збільшенню площі перерізу приймальної горловини.

- Сучасні моделі обладнані автоматичними системами заточки ножів і електрогідравлічними системами регулювання відстані між ножами та протиризальною пластиною.

#### - Дискові подрібнювачі:

- Використовуються на комбайнах, агрегованих із універсальними енергетичними засобами, що потребують компактних розмірів подрібнювального апарату.

- Застосовуються, зокрема, в моделях КПК-3000 (комплекс К-Г-6 «Полісся») та техніці фірм SIP (Словенія) і Kuhn (Франція) [1,4,5,7,12,14,21].

Новітні системи в сучасних комбайнах:

- Доподрібнювальний апарат для збору кормів у пізній фазі стиглості кукурудзи.
- Пристрої для внесення консервантів.
- Каменеметалодетектори для захисту подрібнювального механізму.
- Автоматичні системи заточки ножів для підтримання ефективності роботи.
- Системи контролю зазору між ножами для забезпечення стабільної якості подрібнення.

Враховуючи постійний розвиток технічних рішень, сучасні кормозбиральні комбайни відповідають потребам агровиробництва, забезпечуючи високу продуктивність і якість кормів.

Змінні робочі органи кормозбиральних комбайнів:

1. Підбирачі – використовуються для підбирання пров'ялених скошених трав під час заготівлі сінажу.

2. Жатки для низькостеблових культур – застосовуються для скошування трав'яних культур, які використовуються безпосередньо для годування тварин або заготівлі кормів інших видів.

3. Жатки для високостеблових культур – забезпечують збирання культур, таких як кукурудза та сорго, під час заготівлі силосу.

Лідери виробництва кормозбиральних комбайнів:

До провідних виробників належать такі компанії, як KRONE, CLAAS (Німеччина), та JOHN DEERE (США) [12,24].

- KRONE:

- Серійно виготовляє машини з потужністю двигунів від 490 к.с. до 980 к.с.
- Моделі серії BIG X 800 та BIG X 1000 оснащені двома двигунами, що дозволяє адаптувати потужність до потреб роботи.
- Конструкція живильного апарата відрізняється шістьма приймальними вальцями, які забезпечують ефективне попереднє підпресовування маси.

- CLAAS [1,4,5,7,12,14,21]:

- Агрегати мають потужність від 345 к.с. до 623 к.с.
- Оснащені регульованими каменедетекторами, які можуть адаптуватися до

розміру сторонніх предметів, визначаючи їх місцезнаходження через монітор у кабіні.

- JOHN DEERE [1,4,5,7,12,14,21]:

- Пропонує комбайни потужністю від 350 к.с. до 660 к.с.

Інноваційні системи комбайнів KRONE:

1. Autoscan:

- Система автоматичного регулювання довжини різання, що залежить від зрілості та вологості зеленої маси.

- Зелену масу ріжуть довше, а суху – коротше.

2. Constant Power:

- Система підтримує оптимальне навантаження двигуна.

- Автоматично регулює швидкість руху залежно від складу і врожайності маси.

- Забезпечує економію палива та підвищує комфорт механізатора.

3. Металодетектори та каменедетектори:

- Серійне обладнання для забезпечення безпеки роботи.

- Каменедетектори CLAAS дозволяють регулювати розмір сторонніх предметів, на які реагує система, забезпечуючи точне виявлення.



Рисунок 1.10 – Причіпний кормозбиральний комбайн SILO 80 B (фірма SIP)



Рисунок 1.11 – Самохідний кормозбиральний комбайн Jaguar 850 (фірма Claas)

Сучасні кормозбиральні комбайни об'єднують потужність, адаптивність і

технологічність, що дозволяє ефективно виконувати широкий спектр завдань у сільському господарстві.

Виробництво та технологічні особливості кормозбиральних комбайнів. Технології подрібнення та жатки. Найпоживніший силос із кукурудзи досягається при її збиранні у фазі воскової або повної стиглості. Однак зерно після подрібнювального барабана часто залишається недостатньо подрібненим, що ускладнює його перетравлення у шлунку тварин. Для вирішення цієї проблеми сучасні комбайни оснащують доподрібнювальними пристроями, які встановлюються після подрібнювального барабана [12,24].

Основні характеристики доподрібнювальних пристроїв:

- Система складається з двох рифлених вальців, які обертаються назустріч один одному.

- Різниця у швидкості обертання становить приблизно 20%, за необхідності — до 40%.

- Забезпечується ефект розтирання, що сприяє більш ефективному використанню зернової фракції.

Для збирання високостебельних культур (кукурудза, сорго) використовуються барабанні жатки суцільного зрізу. Відомі конструкції[4,5,7,12]:

- JOHN DEERE – жатки з шириною захвату 3-9 м.

- CLAAS – жатки шириною 4,5 м та 6 м.

- KRONE – жатка Easy Collect з шириною захвату 6-10,5 м (8, 10, 12 або 14 рядків). Її модульна конструкція зменшує кількість елементів та забезпечує подачу маси під прямим кутом для точного подрібнення.

Заготівля сінажу та зернофуражу. Для заготівлі сінажу комбайни оснащуються спеціальними підбирачами, які складаються з таких елементів:

- Підбиральний механізм.

- Шнек.

- Механізм копіювання рельєфу поля.

- Привід.

Фірма KRONE розробила нову конструкцію підбирачів, які відрізняються:

- Відсутністю зношуваних елементів, таких як бігова доріжка і ролики

граблин.

- Хвилеподібною конструкцією напрямних пластин у зоні заглиблення граблин.

- Збільшеною на 30% кількістю обертів граблин.

- Наявністю шести рядів граблин.

Для заготівлі зернофуражу та годування тварин використовують жатки ротаційного типу та сегментно-пальцьові.

Виробництво в Україні. Українська промисловість випускала кормозбиральні комбайни малого класу, такі як:

- КПИ-Ф-2,4А, КПИ-Ф-30 (ВАТ «Білоцерківсільмаш»).

- ККЗ-150 «Олімп» з двигуном потужністю 162 кВт (ВАТ «Олімп», м. Світловодськ, Кіровоградська обл.).

- КЗК-4,2 (ВАТ «Борекс», м. Бородянка, Київська обл.).

Ці моделі пройшли випробування в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Виробництво енергонасичених та надпотужних кормозбиральних комбайнів (потужністю 200-400 кВт) в Україні не налагоджувалось.

Останнім часом через різні причини виробництво кормозбиральних комбайнів, за винятком причіпного \*\*КРП-2,0\*\* («Рось-2»), було призупинене.

### **1.2.5 Візки-підбирачі**

З метою підбору кормової маси з валків, її транспортування, рівномірного розподілу по силосних ямах, а також для використання в якості транспортних засобів при заготівлі зеленого корму та кукурудзи на силос широко застосовуються самонавантажувальні візки-підбирачі.

Наразі провідну роль у виробництві таких машин здійснюють провідні світові компанії, серед яких CLAAS, KRONE, BERGMANN, (Німеччина), POTTINGER (Австрія) тощо [1,4,5,7,12,14,21].



Рисунок 1.12 – Візок-підбирач Jumbo 7200L (фірма POTTINGER)

Найбільш широкий модельний ряд виготовляє фірма KRONE — 14 моделей з об'ємом кузова від 33 до 54 м, фірма CLAAS — 12 моделей з об'ємом кузова від 50 до 72 м, фірма BERGMANN — 4 моделі з об'ємом кузова від 56 до 70 м, фірма POTTINGER випускає 57 моделей для тракторів від 20 до 320 к.с. Для підбирання та заготівлі великих обсягів і транспортування на великі відстані фірма POTTINGER виробляє найбільший візок-підбирач з об'ємом кузова 100м<sup>3</sup>.

Основними елементами конструкції візків-підбирачів виступають: ходова частина (одно-, дво- або тривісна, що визначається вантажопідйомністю), кузов (з верхнім покриттям у вигляді тенту або металевого щитка), підбирач, подавальний механізм (що включає граблини та ротор із зубами, розташованими спіралеподібно) та різальний апарат. На дні кузова розміщено скребковий транспортер, який виконує функцію рівномірного переміщення кормової маси та забезпечує плавний процес її вивантаження.

Для оптимального укладання корму у траншеї при заготівлі сінажу візки-підбирачі стандартно комплектуються двома дозувальними вальцями з пальцями, розташованими у формі літери V. За індивідуальним замовленням можливе встановлення трьох таких вальців. Це сприяє рівномірному потоку кормової маси та швидкому її розвантаженню. Крім того, візки обладнуються системою автоматичного вимкнення скребкового транспортера, яка спрацьовує

при досягненні повного завантаження кузова.

Деякі виробники, зокрема KRONE, пропонують візки-підбирачі з можливістю поперечного вивантаження маси завдяки додатковому транспортеру, який дозволяє спрямовувати корм вліво або вправо. Така функція корисна для роздавання корму тваринам на вигульних майданчиках. У разі, якщо використання поперечного транспортера не потрібне, він легко ховається під кузов візка.

### **1.2.6 Висновок до розділу**

Як бачимо, ринок сільськогосподарської техніки переповнений агрегатами іноземного виробництва для заготівлі кормів. В зв'язку з тим, що вітчизняна промисловість не займається виготовленням деяких машин технологічних ланцюгів (косарки-плющилки, валкоутворювачі, прес-підбирачі великогабаритних тюків, візки-підбирачі-подрібнювачі тощо), або їх виробництво з різних причин призупинене (самохідні та причіпні кормозбиральні комбайни), аграрії змушені купувати закордонну техніку, яка характеризується високою якістю.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СУШІННЯ СІНА

### 2.1 Особливості польового сушіння трав

З проведеного аналізу видно, що яка б не була різниця між технологіями заготівлі сіна невід'ємним етапом будь-якої технології є сушіння скошених трав в польових умовах. Особливістю цього процесу є не тільки втрата скошеними рослинами вологи, але і поживних речовин.

Спочатку після скошування в рослинах продовжується нормальний процес обміну речовин. Ряд дослідників [2,3] стверджують, що в цей період втрати поживних речовин практично не спостерігаються або якщо вони є, то незначні, і викликані процесом дихання рослин.

По мірі втрати вологи рослинами нормальний обмін речовин змінюється голодним обміном. Характерним для цього періоду є те, що розлад органічних речовин має перевагу над їх, синтезом.

При швидкому пров'ялюванні трави втрати поживних речовин за рахунок протікання голодного обміну є відносно невеликими і не перевищують 5% сухої речовини. Але в умовах довготривалого голодного обміну втрати можуть досягати значно більших розмірів [2,3].

Голодний обмін у скошених рослин триває доти, поки в результаті водного дефіциту не настануть на зворотні процеси, пов'язані з відмиранням клітин. Цей процес називають автолізом. Характерним для нього є подальший розпад поживних речовин під дією ферментів. Найбільші втрати сухої речовини в період автолізу спостерігаються при вологості трави рівній 60...35% [2,3].

Із збільшенням тривалості сушіння скошеної трави зростає ймовірність попадання її під дощ. Зволоження прив'ялених рослин опадами спричиняє значні втрати поживних речовин від вимивання.

М. Дж. Неш [3,12] відмічає, що дощ згубно впливає на якість сіна, збільшуючи всі види втрат. Випадання 20 мм дощу спричиняє втрату 20...25% вихідної сухої речовини.

Змочування прив'яленої трави рососою або дощем створює сприятливі умови для розвитку на рослинах різних мікроорганізмів, які попадають на траву із повітря



і ґрунту. Діяльність таких мікроорганізмів, як гнильні бактерії, цвілі знижують поживність сіна і сприяють накопиченню в кормі токсичних речовин [3,12].

Отже, польове сушіння скошених трав супроводжується втратами поживних речовин за рахунок біохімічних процесів, розвитку мікроорганізмів, вимивання опадами. Причому розміри усіх втрат зростають із збільшенням тривалості сушіння. Знизити їх можливо шляхом інтенсифікації цього процесу.

## **2.2 Аналіз способів інтенсифікації польового сушіння трав**

Для скорочення тривалості польового сушіння трав, а відтак витрат поживних речовин при заготівлі сіна, розроблено ряд способів інтенсифікації процесу, які можливо розділити на п'ять груп: хімічні, термічні, електричні, механічні та комбіновані. Розроблені способи базуються на таких принципах: зменшення енергії зв'язку вологи із клітинами рослин; створені сприятливих умов виходу вологи з рослин; ефективного використання сонячного тепла і вологопоглинаючої здатності повітря. З вказаних способів прискорення сушіння трав в теперішній час найбільшого розповсюдження отримали наступні способи: плющення, кондиціонування, ворухіння та перевертання скошених трав.

Через те, що інші способи є досить енергомісткими, можуть спричинити токсичну дію на тварин, зменшують наступну продуктивність сінокосів. Відомо, що по мірі насичення повітря парою, його здатність до поглинання вологи знижується. Тому прискорення сушіння можна досягти в тому випадку, коли трава легко продувається. Покращити аерацію повітря в скошеній траві можливо шляхом її ворухіння та перевертання. Унаслідок цього щільність її укладання зменшується, і вона, провітрюючись, інтенсивно віддає вологу. Крім того, недостатньо підсушені рослини переміщуються з нижніх шарів в верхні, що підвищує рівномірність сушіння.

За даними багатьох авторів [2,3,12] ворухіння та перевертання скошеної трави є ефективним способом інтенсифікації сушіння, який дозволяє значно прискорити цей процес.

М. Дж. Неш [2,3,12] зазначає, що в умовах багатьох країн Східної Європи інтенсивність випаровування вологи з не ворухеної трави складає 0,5...1,0% за

годину. Однак якщо траву періодично ворушити або, щоб повітря надходило до нижніх шарів, то швидкість сушіння збільшується до 2% за годину.

Особливо важливого значення ворушіння скошених трав набуває в зонах з вологим кліматом або при нестійких погодних умовах, тому що в цьому випадку основні втрати поживних речовин відбувається через випадання опадів, а також тривале сушіння трави в полі.

### **2.3 Умови та засоби сушіння сіна**

Для дослідження вибрано процес сушіння листо-стебельної маси конюшини. Її загальна характеристика представлено у 1 розділі.

Одним із найбільш розповсюджених способів консервування трав є природне сушіння скошеної сировини на полі. Це дешевий спосіб консервування, який не потребує додаткових енерговитрат. Однак його успішне застосування повністю залежить від стану погоди. У випадку частих дощів у період сінокошу збільшується час сушіння скошеної трави, що часто призводить до псування корму. Зростають при цьому і затрати праці. Для отримання високоякісного сіна необхідно скоротити перебування скошеної трави на полі.

В умовах нашої країни для отримання сіна кондиційної вологості скошену траву на полі необхідно сушити протягом 5-7 діб при умові, що за цей час не буде дощів. Однак такий довгий період хороша погода під час сінокошу буває рідко. Звичайно скошена трава під час пров'ялювання неодноразово потрапляє під дощ, що призводить до значних втрат поживних речовин, які іноді досягають 50% [3].

Зменшити ці втрати можна, скорочуючи строк пров'ялювання скошеної трави в полі або зовсім відмовившись від пров'ялювання. У останньому випадку втрати зводяться до мінімуму. Зібрану з поля свіжоскошену траву необхідно сушити негайно, так як вона швидко само нагрівається і псується. Для цих цілей звичайно застосовують високотемпературні пневмобарабанні сушилки, де сушіння частинок подрібненої трави продовжується протягом декількох хвилин. Володіючи багатьма перевагами, такий спосіб сушіння має і ряд недоліків: висока вартість сушильного обладнання, процес сушіння енергоємний, порівняно невелика продуктивність сушилок. У даний час, коли питання економії енергетичних

ресурсів знаходиться у центрі уваги і ведеться інтенсивний пошук шляхів зниження енерговитрат, така технологія консервування кормів із трав може мати обмежене застосування. Відповідно, основна частина сіна повинна заготовлятися із пров'ялюванням трави. Відомо, що у перші 2-3 доби пров'ялювання трави у полі волога із неї випаровується інтенсивно (вологість свіжоскошеної трави може зменшитися до 50-55%). Така пров'ялена трава володіє певною пластичністю і при підбиранні механізмами різних типів її втрати ще невеликі. Але трави з вологістю 50-55% непридатна для тривалого зберігання. Її необхідно скласти у скирту або штабель; під навіс або в сарай і досушити до кондиційної вологості (17%), продуваючи крізь шар атмосферне або підігріте повітря. Така технологія заготівлі сіна з досушуванням активним вентиляванням в останній час отримує все більше розповсюдження. Найбільша інтенсивність висушування сіна досягається при активному вентиляванні його підігрітим повітрям, але при цьому для його підігрівання витрачається значно більша кількість електроенергії або рідкого палива [3].

Процес сушіння пров'яленої трави активним вентиляванням в основному залежить від кліматичних умов у період заготівлі корму, початкової вологості сировини, яка закладається на сушіння, продуктивності вентиляційних установок, конструкції повітророзподільних систем, технології заготівлі сіна і ряду інших факторів [12].

Активне вентилявання дозволяє досушувати сіно з вологістю 25-35%, запобігти втраті листя у бобових трав. Але, якщо сіно у незавершеній скирті потрапило під дощ, поживна цінність його різко знижується, можливий розвиток плісняви. Тому на Прикарпатті України відсутність навісів і сіносховищ стримує широке впровадження у сільськогосподарське виробництво технології досушування сіна методом активного вентилявання. Проведені в НІСХ Нечорноземної зони України дослідження показали, що застосування навісів і сіносховищ дозволяє підвищити поживну цінність сіна на 20-25%, у порівнянні із сіном висушеним вентиляванням на відкритих площадках.

Відповідно до програми і методики дослідження процесу досушування сіна у сіносховищах [9] здійснюється за допомогою вентиляційних агрегатів УВС-10 або

УВС-16 (2, рис.2.1) методом активного вентиляювання зовнішнім повітрям (рис.4.1).

Пристрій УВС-10 являє собою трьохсекційний металічний канал постійного перерізу, обладнаний для подачі повітря відцентровим вентилятором серії ВЦ4-70 №10. довжина каналу 10 м. Відповідно, його можна використовувати у сіносховищах шириною не більше 12 м або для сушіння пров'яленої трави у скиртах. Передня частина першої секції обшита металічним листом. У задній частині останньої секції змонтований спеціальний шарнірно-важільний механізм, який призначений для піднімання і опускання каналу при переведенні його у робоче положення або в положення видалення із скирти. У останньому випадку канал опускається, що полегшує його видалення із шару сухого сіна [3].

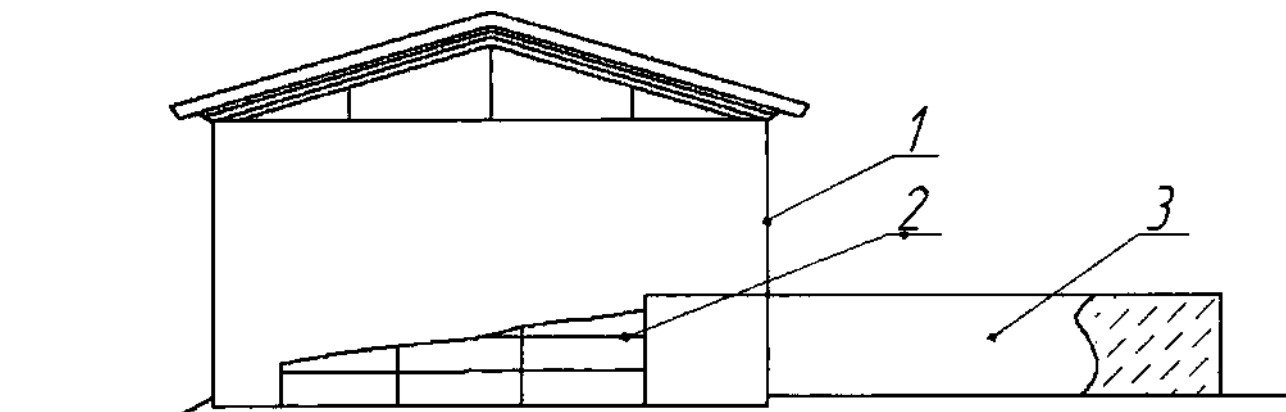


Рисунок 2.1 – Схема сіносховища для активного вентиляювання сіна: 1 - сіносховище; 2 - вентиляційна установка УВС-10; 3- сонячний акумулятор тепла.

Пристрій УВС-16 складається із 5 секцій по 3,2 метри довжиною кожна. Конструктивно секція виконана у вигляді каркасу, який утворює канал і шарнірно закріплений на рамі. Для піднімання секції у робоче положення і опускання її при видаленні пристрою із скирти служать спеціальні повзуни, які монтуються на корпусі і за допомогою важільного механізму з'єднані з рамою. До першої секції приєднується повітронепроникна частина з фланцем у торцьовій частині, на яку надягається брезентовий рукав, який з'єднує вентилятор із повітророзподільним каналом [5].

У комплект пристрою входить модернізований осьовий вентилятор

06-290-11. Пускова апаратура і вентилятор змонтовані на окремій рамі.

Для підігрівання повітря вентиляційні пристрої обладнані електрокалориферами СФОА-25 [12].

Також для підігрівання повітря використовують електричні або рідинно паливні калорифери-повітропідігрівачі. Із електрокалориферів у сільськогосподарському виробництві для підігрівання повітря найбільш широко застосовують калорифери типу СФОЦ і СФОО.

Із рідинно паливних калориферів найбільше розповсюдження при сушінні сільськогосподарських продуктів отримали повітропідігрівачі типу ТГ, ТАУ, ТГП і інші. Електрокалорифери мають малу продуктивність вентиляторів. Найбільш продуктивні із них здатні висушити штабель сіна масою 3-5 тонн [12].

Електрокалорифери зручні у застосуванні для сушіння пров'яленої трави підігрітим повітрям. У протипожежному відношенні вони більш безпечні, ніж повітропідігрівачі, які працюють на рідкому паливі, їх керування легше автоматизувати. Однак висока встановлена електрична потужність обмежує їх широке застосування внаслідок недостатньої потужності сільських електромереж.

Сіно заготовляють у літні місяці, коли інтенсивність сонячної радіації найвища. Більш за все в цей період буває і сонячних днів. Так як при сушінні пров'яленої трави підігрів повітря, яке подається в її шар складає  $2...10^{\circ}\text{C}$ , то для цієї мети можна використовувати сонячну енергію, встановивши спеціальні колектори.

У даний час існує багато проектів колекторів сонячної енергії для підігрівання води і повітря. Для сушіння пров'яленої трави застосовують в основному колектори для підігріву повітря. Колектори можуть бути розкладними і стаціонарними. Перші після закінчення сушіння демонтують і складають до наступного сезону. На рис. 2.2 зображена конструкція такого колектора.

Він являє собою рукав довжиною 25-50 м і діаметром 700 мм, виготовлений із чорної поліетиленової плівки. При подачі в рукав повітря під тиском 100-600 Па він роздувається і набуває циліндричної форми. Цей рукав розміщують в оболонку, виготовлену із прозорої поліетиленової плівки. Її діаметр 800 мм. Для надавання оболонці необхідної форми у внутрішньому рукаві є спеціальні отвори, через які

частина повітря потрапляє у простір між рукавом і оболонкою, роздуваючи її [5].

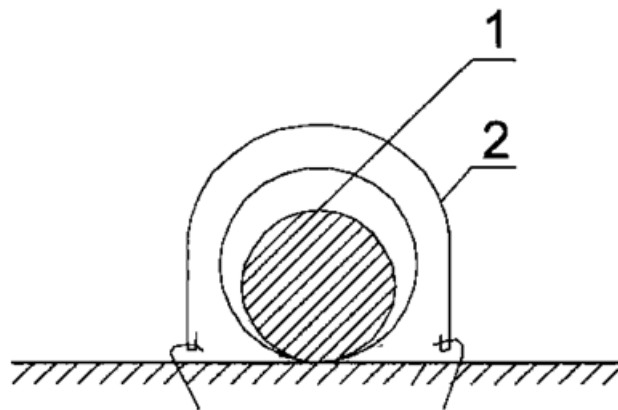


Рисунок 2.2 – Переносний сонячний колектор: 1 - енергопоглинаюча оболонка; 2 - прозора оболонка.

Колектор такої конструкції доцільно застосовувати тільки в тому випадку, коли можна обмежитися незначним підігріванням технологічного повітря.

Більш перспективною для підігрівання повітря, яке подається у сіносушарку, є конструкція стаціонарного сонячного акумулятора тепла, який розташовують біля сіносховища. Поперечний переріз такого акумулятора тепла зображено на рис.2.3. Він складається із прозорої для сонячних променів покрівлі 1 ( скло, поліетиленова плівка ); покрівлі, яка поглинає сонячну енергію 2; шару теплоізоляції 3. повітря, яке подається у сіносушарку, проходить крізь простір 4 між прозорою і поглинаючою сонячну енергію покрівлями.

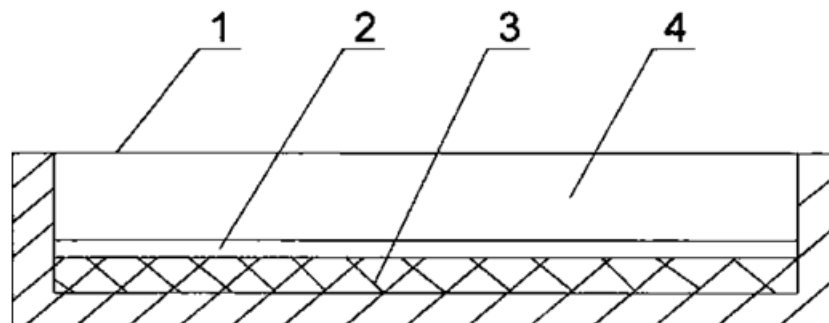


Рисунок 2.3 – Плоский сонячний акумулятор тепла: 1 - прозора поверхня; 2-енергопоглинаюча поверхня; 3 - теплоізоляція; 4 - канал для продування повітря.

У якості поглинаючої сонячну енергію покрівлі можна застосовувати

пофарбоване у чорний колір листове залізо, чорну поліетиленову плівку або інші аналогічні матеріали [12].

Також у якості підігрівачів повітря часто стали застосовувати акумулятори тепла різних конструкцій [2,12].

Пристрої, які випускаються промисловістю для вентилявання матеріалоемні, нетехнологічні. Тому під навісами, у сіноховищах можна застосовувати складні секційні повітропроводи, виготовлені із дерева довжиною по 2 метри, які мають у перерізі форму трикутника з висотою 1,9 м основою 1,6 м.

Повітропроводи розставляють паралельно, через 1 метр на довжину 18-20 метрів. Від вентиляторів повітропроводів ущільнюють брезентом, плівкою на 0,5 метра довжини. Відстань вентиляторів від повітропроводів - 3 метри. Вентилятори необхідно встановлювати під навісами, з метою запобігання зволоження сіна при вентиляванні в періоди дощів і високої вологості повітря [2].

На досушування укладають цільне розсипне або подрібнене сіно, трав'яну різку з вологістю 50-55%, пресоване сіно з вологістю не вище 27-30%.

Перерви у вентиляванні сіна не допускаються більше 5-6 год., щоб запобігти самонагріванню сіна. Нагрівання маси вище 40-45°C небажано, так як знижує перетравність поживних речовин, утворюється пліснява [2].

Враховуючи, що в країні приділяється багато уваги використанню вторинних енергоресурсів, у останній час для підігрівання повітря почали використовувати сонячну енергію. При такій технології збільшується інтенсивність висушування, значно економиться витрата електроенергії, за рахунок м'якості процесу забезпечується висока якість висушеного продукту.

У останній час розроблено ряд типових і економічно ефективних індивідуальних проектів будівель і споруд для сушіння сіна і його зберігання.

### **2.3.1 Акумулятор тепла для досушування сіна**

Існує велика кількість пристроїв і споруд для заготівлі, сушіння і досушування сільськогосподарських кормів [1,7,9,14,15,18,19,20,21,22].

У даній дипломній роботі розглядається пристрій для підігрівання повітря. У якості підігрівача використовується сонячний акумулятор тепла з гранітним

камінням, покрите прозорою поліетиленовою плівкою.

Сонячне проміння притягується темною поверхнею, проникає крізь прозору плівку і нагріває або акумулюється у даній поверхні, яка в свою чергу, віддаючи отримане тепло (енергію сонця), підігріває повітря, яке знаходиться між поверхнею і плівкою. Потім за допомогою осьового вентилятора підігріте повітря забирається і подається у сіноховище для досушування сіна. Цей метод сушіння сіна активним вентиляванням дозволяє збільшити процес досушування на 6-7 год., що значно скорочує термін процесу сушіння.

Самі підігрівачі повітря є відносно дешевими і простими за конструкцією. При використанні чорного шиферу в якості підігрівача повітря шифер на навісі вздовж сіноховища над приводними станціями вентиляторів фарбують у чорний колір. Над ним на відстані 15-20 см натягується прозора плівка, для запобігання втрат нагрітого повітря. Також плівкою обтягується і бічна поверхня навісу.

При використанні гранітного каміння як акумулятора тепла для підігрівання повітря його укладають на купу висотою до 1 метра, а зверху покривають натягнутою на відстані 50-80 см від каміння плівкою. За день каміння нагрівається і виділяє багато тепла, яке підігріває повітря. Повітря вентилятором подається до сіноховища на досушування сіна. Час сушіння сіна при використанні таких підігрівачів повітря становить 16-20 год. на добу. Це дозволяє зменшити тривалість сушіння активним вентиляванням у 1,5-2 рази у порівнянні з досушуванням сіна активним вентиляванням без підігріву повітря, що є необхідним для зменшення втрат поживних речовин корму. Процес сушіння холодним повітрям сильно затягується і навіть при сприятливих погодних умовах складає, як правило, не менше 150 год.. Сушіння сіна більше 10 днів веде до значного зниження якості корму, розвитку плісняви. Тому застосування геліопідігрівачів повітря і акумуляторів тепла при сушінні сіна активним вентиляванням набагато зменшує строк сушіння, а отже запобігає втратам поживності корму.

### **2.3.2 Умови роботи**

Операція досушування сіна активним вентиляванням проводиться у наступних умовах:



- площа сіноховища  $F=450 \text{ м}^2$ ;
- розміри сіноховища  $B \times L=18 \times 25 \text{ м}$ ;
- щільність сіна  $\rho=50 \text{ кг/м}^3$ ;
- об'єм сіноховища  $V=250 \text{ т}$ ;
- подача повітря  $1700\text{-}1800 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

### 2.3.3 Агротехнічні вимоги

Сіно досушують активним вентиляванням за допомогою вентиляційних агрегатів УВС-10 або УВС-16.

На сушіння активним вентиляванням закладають пров'ялену траву у розсипному вигляді і організовують роботу так, щоб закінчити за 6-10 днів.

На досушування пров'ялену траву закладають у сіноховище при її вологості 50-55%.

Перші дві доби вентилявання ведеться неперервно, незалежно від погоди. Це пояснюється тим, що у пров'яленій до 50-55-ної вологості траві виділяється значна кількість біологічної теплоти, яка, підігріваючи повітря, яке проходить крізь неї, сприяє її сушінню. У наступні дні вентилятори включають в залежності від конкретних метеорологічних умов місцевості [3].

Вологість сіна, придатного до довготривалого зберігання, не повинна перевищувати 17%. Такій вологості сіна відповідає рівноважна відносна вологість повітря, рівна 67%.

Вентилятори виключаються у той час доби, коли відносна вологість повітря перевищує 86-89%.

Звичайно вентилятори включають через 2 год. після сходу сонця і виключають через 8 год. після його заходу.

Температура сіна у штабелі не повинна перевищувати  $40^\circ\text{C}$ . При перевищенні температури сіно необхідно охолодити. Для цього сіно продувають протягом 1 год.. При тривалій поганій погоді вентилятори для охолодження сіна вдень включають через кожні 5 год. на 1 год. роботи [3].

### 2.3.4 Підготовка сіноховища до роботи

Успішна робота завантажувальних пристроїв і вентиляційних агрегатів залежить від підготовки сіноховища до завантаження і завантаження власне. Підготовка сіноховища до використання включає:

- видалення залишків сіна, яке попередньо зберігалось у сіноховищі; формування вертикальних площин по периметру сховища на всю його висоту;
- встановлення або побудова вентиляційних установок і каналів; укладання на повітророзподільні канали вентиляційних систем не подрібненого сіна або соломи шаром 5-15 см, для запобігання провалювання подрібненої маси крізь решітку;
- заповнення площі навісу, що залишилася, насипом; перевірка справності вентиляторів і приводних станцій, кріплення захисних кожухів;
- натягнення плівки на акумулятори тепла, надійне її кріплення [1].

### 2.3.5. Розрахунок акумуляторів тепла

Акумулятор тепла складається із геліопанелей модульного виконання розміром 10,0x2,0 м(Нх1) і висотою 1,5 м з укладеним гранітом  $d_{\text{г}}=0,3$  м (рис.2.4). Температура навколишнього повітря  $t_{\text{пов}}=22^{\circ}\text{C}$ , середня інтенсивність сонячної активності на поверхні геліопанелей складає  $Q_{\text{е}}=710$  Вт/м.

Нагріте повітря подається у вентиляційну камеру, в якій встановлені вентилятори, які подають змішане атмосферне і нагріте повітря для досушування сіна. Геліопанелі з гранітом працюють 8 год. на добу. Через геліопанелі і акумулятори тепла подається повітря із витратою  $1_{\text{в}}=2$  м<sup>3</sup>/с. Шиферна геліопанель нагрівається від сонячних променів і підігріває повітря на 1-2<sup>o</sup>C, а в акумуляторах тепла граніт нагрівається безпосередньо сонячним промінням також. При розрядженні акумулятори тепла охолоджуються до  $t_{\text{п}}^{\text{ox}}=15^{\circ}\text{C}$ .

Визначимо ефективність наземних акумуляторів тепла.

Визначимо площу поперечного перерізу акумулятора тепла і еквівалентного діаметру  $D_{\text{е}}$ .

$$S = \frac{h(6l + 8b)}{15} \quad (2.1)$$

де  $h$  - висота акумулятора тепла,  $h = 1,5$  м;

$l$  - ширина акумулятора тепла,  $l = 2,0$  м,

$$b = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} \quad (2.2)$$

$$b = \sqrt{1.5^2 + \left(\frac{2}{2}\right)^2} = 1.8 \text{ м}$$

$$S = \frac{1.5(6 \cdot 2 + 8 \cdot 1.8)}{15} = 2.64 \text{ м}^2$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (2.3)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.64}{3.14}} = 1.834 \text{ м}^2$$

Визначимо масову витрату повітря  $m_n$  і швидкість повітря у каналі  $V_n$ :

$$m_n = \frac{l_n}{\rho_n} \quad (2.4)$$

при  $t=25^0\text{C}$  –  $\rho_n = 1.13 \text{ кг/м}^3$

$$m_n = \frac{2,0}{1,13} = 1,71 \text{ кг/с}$$

$$V_n = \frac{l_n}{S} \quad (2.5)$$

$$V_n = \frac{2.0}{2.64} = 0.758 \text{ м/с}$$

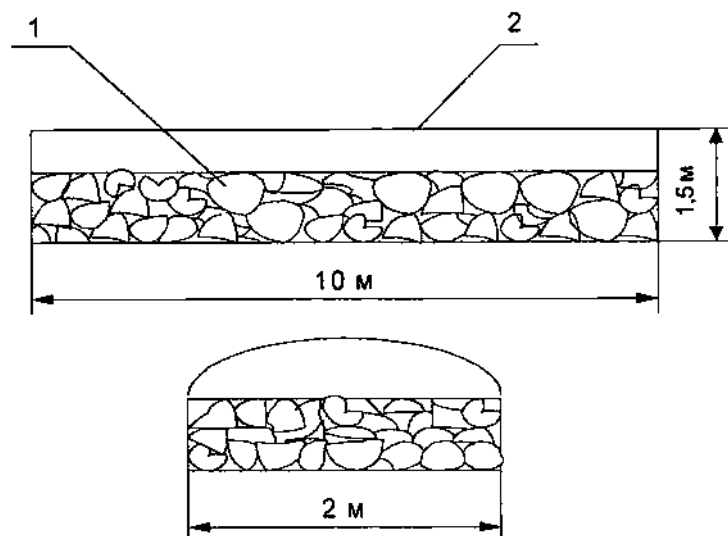


Рисунок 2.4 – Акумулятор тепла: а)- поздовжній вигляд акумулятора тепла; б) - поперечний вигляд акумулятора тепла; 1 – гранітне каміння; 2 – прозора плівка

Визначимо критерії Рейнольда ( $R_e$ ) і Нуссельта ( $N_u$ ):

$$R_e = \frac{V_n \cdot D_e}{\nu} \quad (2.6)$$

де  $\nu$  - кінематична в'язкість повітря;  $\nu = 15,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

$$R_e = \frac{0,758 \cdot 1,834}{15,61 \cdot 10^{-6}} = 89,1 \cdot 10^3 > 2300 \text{ (Режим турболентний)}$$

$$N_u = 0.018 \cdot R_e^{0.8} \quad (2.7)$$

$$N_u = 0.018 \cdot (89.1 \cdot 10^3)^{0.8} = 164.12$$

Коефіцієнт теплообміну  $\alpha_{\text{ВП}}$ :

$$\alpha_{\text{ВП}} = \frac{N_u \cdot \lambda_{\text{в}}}{D_e} \quad (2.8)$$

де  $\lambda_{\text{в}}$  - коефіцієнт теплопровідності повітря.

$$\lambda_{\text{в}} = 2,65 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

$$\alpha_{\text{ВП}} = \frac{164,12 \cdot 2,65 \cdot 10^{-2}}{1,834} = 2,37^2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Теплова потужність акумулятора тепла  $Q$ :

$$Q = Q_n \cdot S_n = Q_c \cdot \eta \cdot S_n = Q_c \cdot S_n \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{ВП}}^n}{z}\right) \quad (2.9)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії (ККД) акумулятора тепла;

$Q_n$  - питома теплова потужність;  $n, z$  - коефіцієнти,  $n = 0,1$ ;  $z = 2,4$ ;

$S_n$  - площа акумулятора тепла,  $\text{м}^2$ .

$$Q = \frac{710 \cdot 1,4^{0,1} \cdot 2 \cdot 10}{2,4} = 6119,13 \text{ Вт}$$

Нагрівання повітря  $\Delta t$ :

$$\Delta t = \frac{Q}{C_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}}} \quad (2.10)$$

де  $C_{\text{в}}$  - теплоємність повітря,  $C_{\text{в}} = 1000 \text{ Дж/кгК}$ ;

$$\Delta t = \frac{6119,13}{1000} = 6,1 \text{ град}$$

Середня температура повітря в акумуляторах тепла:

$$t_{\text{в}}^{\text{H}} = \frac{t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}}{\ln\left(\frac{t_{\text{вих}}}{t_{\text{вх}}}\right)} \quad (2.11)$$

$$t_{\text{в}}^{\text{H}} = \frac{6,1}{\ln\left(\frac{28,1}{22}\right)} = 24,93^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт теплообміну між повітрям і камінням акумулятора тепла  $\alpha_{\text{в-к}}$ :

$$\alpha_{\text{в-к}} = \frac{N_u \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_e} \quad (2.12)$$

$$\alpha_{\text{в-к}} = \frac{(2 + 0.03 \cdot R_e^{0.54} \cdot P_r^{0.33} + 0.35 \cdot R_e^{0.58} \cdot P_r^{0.36}) \lambda_{\text{в}}}{d_e}$$

де  $P_r$  - критерій Прандтля для повітря,  $P_r = 0,71$ .

$$R_e = \frac{V_{\text{в}} \cdot d_e}{\nu} \quad (2.14)$$

де  $d_e$  - діаметр каміння.

$$R_e = \frac{0,758 \cdot 0,3}{\nu 15,16 \cdot 10^{-6}} = 14567,6$$

$$\alpha_{\text{в-к}} = \frac{(2 + 0.03 \cdot 14567,6^{0.54} \cdot 0,71^{0.33} + 0.35 \cdot 14567,6^{0.58} \cdot 0,71^{0.36}) 2,56 \cdot 10^{-2}}{0,3} \\ = 7,94 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Далі визначимо  $\theta$  за формулою:

$$\theta = \frac{t_{\text{в}}^{\text{н}} - t \cdot (0, \tau)}{t_{\text{в}} - t_0} \quad (2.15)$$

$$B_i = \frac{\alpha_{\text{в-к}} \cdot r_e}{\lambda_{\text{к}}} \quad (2.16)$$

де  $\lambda_{\text{к}}$  - теплопровідність граніту,  $\lambda_{\text{к}} = 23,2 \text{ Вт/мК}$ ,

$$B_i = \frac{7,94 - 0,15}{23,2} = 0,051.$$

$$\text{tg} \mu = - \frac{\mu}{B_i - 1} \quad (2.17)$$

$$\text{tg} \mu = 1,054 \mu,$$

$$\mu = 0,3$$

$$F_o = \frac{\alpha \cdot \tau}{r_e^2} \quad (2.18)$$

де  $a$  - температуропровідність граніту,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $a = 15,53 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ,

$$F_o = \frac{15,53 \cdot 10^{-6} \cdot 28800}{0,15^2} = 19,88$$

$$\theta = \frac{24,93 - t \cdot (0,10)}{24,93 - 22} = \frac{2 \cdot 0,051 \sqrt{0,30^2 + (0,051 - 1)^2}}{0,30 + 0,051^2 - 0,051} \exp(-0,30^2 \cdot 19,88) \\ = 0,051$$

$$t(0:10) = 24,93 - 0,051 \cdot 2,93 = 24,78^{\circ}\text{C}$$

$$t(0:10) \approx t_{\text{в}}^{\text{н}}$$

Отже, за 10 годин акумулятор зарядиться, тобто твердий наповнювач буде нагрітий.

Визначимо тривалість охолодження акумуляторів  $\tau^{\text{ох}}$  повітрям  $t_{\text{н}} = 15^{\circ}\text{C}$  до

$t(0; \tau) \approx 16^\circ\text{C}$ .

$$\theta = \frac{t_B^0 - t(0; \tau)}{t_B^0 - t_0} \quad (2.19)$$

$$\theta = \frac{15 - 16}{15 - 24,78} = 0,102$$

$$\exp(-\mu_1^2 \cdot F_0^{ox}) = \theta \cdot \frac{\mu_1 + \beta_1^2 - \beta_1}{2 \cdot B_i \cdot \sqrt{\mu_1^2 + (B_i - 1)^2}} \quad (2.20)$$

$$\exp(-0.30^2 \cdot F_0^{ox}) = 0.102 \cdot \frac{0.30 + 0.051^2 - 0.051}{2 \cdot 0.051 \cdot \sqrt{0.3^2 + (0.051 - 1)^2}} = 0.175$$

$$-0.09 F_0^{ox} = -1.215$$

$$F_0^{ox} = 13.5$$

$$\tau^{ox} = \frac{F_0^{ox} \cdot r_e}{\alpha} \quad (2.21)$$

$$\tau^{ox} = \frac{13.5 \cdot 0.15^2}{15.53 \cdot 10^{-6}} = 19558.92 \text{ с} = 5.4 \text{ год}$$

Маса каміння в акумуляторі тепла при пошаровій укладці:

$$M_{TA} = N_k \cdot \rho_{гр} \cdot V_k = \frac{dL}{a_e^2} \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^2 \quad (2.22)$$

При  $\rho_{гр} = 2700 \text{ кг/м}^3$

Кількість теплоти  $Q_{TA}$ , яку віддає акумулятор тепла при розрядженні до  $16^\circ\text{C}$ :

$$Q_{TA} = M_{TA} \cdot C_{гр} [t(0; 10) - t(0; 5.4)] \cdot (1 - \eta_0) \quad (2.23)$$

де  $C_{гр}$  - теплоємність граніту,  $C_{гр} = 641 \text{ Дж/кгК}$ ,

$\eta_0$  - тепло, яке втрачається у навколишнє середовище.

$$Q_{TA} = 8482.3 \cdot 641 \cdot (24.78 - 16) \cdot 0.9 = 42.96 \text{ МДж.}$$

Кількість води, яку можна випарувати теплом акумулятора тепла  $m_{вл}$  визначимо за формулою:

$$m_{вл} = \frac{Q_{TA}}{Q_{вип}} \quad (2.24)$$

де  $Q_{вип}$  - необхідна кількість тепла для випаровування 1 кг води,  $Q_{вип} = 2500 \text{ кДж/кг}$ .

$$m_{вл} = \frac{42964}{2500} = 17,2 \text{ кг}$$

Кількість води, яку можна випарувати у денний час за рахунок акумулятора тепла:

$$m'_{\text{вл}} = \frac{6.1191 \cdot 10 \cdot 3600}{2500} = 88 \text{ кг}$$

При нагріванні граніту сонячним промінням:

$$Q_{\text{ТА}}^c \cdot (1 - \eta_n) - Q_e = \frac{M_{\text{ТА}} \cdot C_{\text{гр}}}{T_{\text{гр}} - T_{\text{огр}}} \quad (2.25)$$

де  $Q_{\text{ТА}}^c$  - кількість тепла, яке отримується акумулятором тепла, Дж;

$Q_e$  - кількість тепла, яке випромінює граніт у навколишнє середовище, Дж;

$\eta_n$  - втрати тепла в долях одиниці ( $\eta_n = 0,25$ ).

$$Q_{\text{ТА}}^c = Q^c \cdot S_n \cdot \tau \quad (2.26)$$

$$Q_e = E \cdot S_n \cdot \tau \quad (2.27)$$

де  $E$  - власна густина гранітного потоку випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>.

$$E = C \cdot \left(\frac{T_{\text{гр}}}{100}\right)^4 \quad (2.28)$$

де  $C$  - коефіцієнт випромінювання сірого тіла.

$$C = \varepsilon \cdot C_0 \quad (2.29)$$

де  $C_0$  - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,  $C_0 = 5,67$

$\varepsilon$  - ступінь чорноти граніту,  $\varepsilon = 0,93$ .

$$710 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3600 \cdot 0,75 - 0,93 \cdot 5,67 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3600 \cdot \left(\frac{T_{\text{гр}}}{100}\right)^4$$

$$= 26705,7 \cdot 641 \cdot (T_{\text{гр}} - 295)$$

$$T_{\text{гр}} = 305,1 \text{ К або } t_{\text{гр}} = 32,1^\circ \text{C}$$

Аналогічно попередньому:

$$\theta = \frac{15 - 16}{15 - 32,1} = 0,0585$$

$$\exp(-0,3^2 \cdot F_0^{ox}) = 0,0585 \cdot \frac{0,3 + 0,051^2 - 0,051}{2 \cdot 0,051 \cdot \sqrt{0,3^2 + (0,051 - 1)^2}} = 0,482$$

$$-0,9 \cdot F_0^{ox} = -1,579$$

$$F_0^{ox} = 17,544$$

$$\tau^{ox} = \frac{17,544 \cdot 0,15^2}{15,53 \cdot 10^{-6}} = 25417,9 \text{ с} = 7 \text{ год}$$

Кількість тепла, яке віддає акумулятор тепла:

$$Q_{\text{ТА}} = 26705,7 \cdot 641 \cdot (32,1 - 16) \cdot 0,9 = 248 \text{ МДж}$$

$$m_B = \frac{248040}{2500} = 99,216 \text{ кг}$$

Кількість умовного палива, яке економиться за рахунок акумулятора тепла:

$$M_{\text{уп}}^n = \frac{248040 + 220287,6}{29300} = 15,98 \text{ кг. ум. п}$$

Загальну кількість зекономленого умовного палива за допомогою акумуляторів тепла знайдемо за формулою:

$$M_3 = M_{\text{уп}}^1 + M_{\text{уп}}^n \quad (2.31)$$

$$M_3 = 8,98 + 15,98 = 24,96 \text{ кг. ум. п}$$

Отже, використання акумуляторів тепла дозволяє зекономити одним пристроєм 24,96 кг умовного палива.

### 2.3.6. Контроль якості роботи

Контролюють температуру у штабелі сіна 3-5 раз на добу.

Перевіряють відносну вологість повітря 3 рази на добу.

Контролюють різницю температури між навколишнім середовищем і акумуляторами тепла 2 рази на добу [12].

Контролюють вологість трави і сіна 3-5 раз на добу. Для контролю готовності сіна вентилятор відключають на 3-4 доби. Потім знову включають і через 15-20 хв перевіряють ступінь нагрівання повітря, яке виходить із різних зон скирти сіна.

При зберіганні сіна ведуть постійний контроль за його температурою. У перші 7-10 днів після закінчення вентилявання температуру сіна перевіряють щоденно, а потім - через тиждень [12].

Існує два способи для визначення вологості листо-стебельної маси :

1. Органолептичний спосіб визначення вологості зеленої маси.

Вологість трави досить точний можна визначити органолептично. В трави з вологістю 40—50 % листя ще м'яке, стебла лише декілька підв'ялені. При вологості 30—40 % трава починає кришитися, але стебла ще гнучкі. Якщо волога міститься 25—30%, листочки вже зовсім сухі, тьмяні, при скручуванні стебел сок майже не вичавлюється. При вологості сіна 20—25 % стебла ще м'яві, але сік зовсім не вичавлюється. Якщо волога менше 20%, стебла легко ламаються; таке сіно готове для зберігання, і подальше досушування його не вимагається.



## 2. Прилади для визначення вологості зеленої маси.

Вимірювач вологості кормових матеріалів Wile 26 (Farmcomp, Фінляндія).

Вимірювач вологості Wile 26 - надійний і точний прилад для вимірювання вологості сіна, сінажу і силосу. Застосовується для контролю вологості при заготівлі та зберіганні кормів.

Вимірювач вологості Wile 26 підходить для виміру вологості як розсипного, так і пресованого сіна. Вимірювання вологості розсипного сіна проводиться в пластиковому відрі.

Вимірювач вологості Wile 26 простий і надійний у використанні. За допомогою інструкції з правого боку приладу Ви легко виберете потрібну шкалу вимірювання і отримаєте необхідні вказівки, наприклад, по обробці результату виміру.



Рисунок 2.5 Загальний вигляд приладу для виміру вологості зеленої маси

Прилад оснащений наступними функціями:

1. Автоматична компенсація різниці температури вимірювача вологості і навколишнього середовища;
  2. Можливість введення поправок. За допомогою цієї функції користувач може самостійно настроїти покази вимірювача вологості відповідно до нормативних показів, отриманих при визначенні вологості методом сушіння в печі;
  3. Обчислення середнього значення декількох результатів вимірювань;
- Автоматичне відключення приладу. 10 секунд індикація даних на дисплеї.

Після відключення вимірювача вологості установка зберігається. При перевищенні діапазону вологості на електронному дисплеї висвічуються символи - «lo» або «hi».

Для даного приладу доступні вимірювальні датчики (замовляються окремо):

Wile 251 (довжина 45 см) - для компактних тюків.

Wile 253 датчик з параболічною чашею (тарілчастий датчик). Для вимірювання вологості розсипного сіна й силосу.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики

Діапазон вимірювання вологості розсипного сіна, %	13-85
Діапазон вимірювання вологості пресованого сіна, %	10-73
Похибка вимірювання, %	±2
Температура зберігання, °С	від -15 до +55
Електроживлення	батарейка 9В
Табаритні розміри (висота x діаметр), мм	168 x 68
Маса, кг	1,0



Рисунок 2.6 – Датчик для компактних тюків



Рисунок 2.7 – Датчик для вимірювання вологості розсипного сіна та силосу

### **3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ**

Для дослідження процесу досушування сіна використовується типове сіносховище з вентиляційними агрегатами УВС - 10 (УВС - 16), вентилятор роторний ВЦ 4-70 №10 і прилад Wile 25 для визначення вологості зеленої маси. Сіносховище дооснащене сонячним акумулятором тепла.

#### **3.1 Програма дослідження**

Для визначення оптимального режиму досушування листо-стебельної маси у сіносховищі потрібно здійснити наступні дослідження :

1. Встановити залежність втрати вологості трав під час сушіння у сіносховищі з використанням електрокалорифера залежно від споживання електроенергії через певні проміжки часу;

2. Встановити залежність втрати вологості трав під час сушіння у сіносховищі з використанням сонячного акумулятора тепла через певні проміжки часу.

#### **3.2 Методика дослідження**

1. Для виконання п.1 програми дослідження використовуємо три контейнери діаметром 1,5 м та висотою 2 м рівною висоті закладеного пласту. Після чого вмикаємо електрокалорифер СФОА 25 та відцентровий вентилятор ВЦ 4-70 №10. Через кожні 2 год. сушіння виконуємо заміри вологості листо-стебельної маси і ведемо облік споживання електроенергії. А також через кожні 2 год. фіксуємо покази ваги листо-стебельної маси.

Отримані результати заносимо у таблицю 1 (додаток А).

2. Для виконання п.1 програми дослідження використовуємо три контейнери діаметром 1,5 м та висотою 2 м рівною висоті закладеного пласту. Після чого вмикаємо відцентровий вентилятор ВЦ 4-70 №10. Через кожні 2 год. сушіння виконуємо заміри вологості листо-стебельної маси і ведемо облік споживання електроенергії. А також через кожні 2 год. фіксуємо покази ваги листо-стебельної маси.

Отримані результати заносимо у таблицю 2 (додаток А).

Контейнери мають рухому підвіску, що кріпиться до стелі сіноховища з метою їх піднімання з отворів закладеного пласту листо-стебельної маси для заміру вологості.

Для визначення вологості листо-стебельної маси у всіх дослідженнях використовуємо прилад Wile 26. Для цього ми занурюємо датчик приладу Wile 26 в об'єм заготовлюваного корму і видержуємо його протягом 10-15 с. Схема розташування точок заміру вологості зображені на рис. 3.4. Разом передбачено по 50 точок заміру на кожному контейнері.

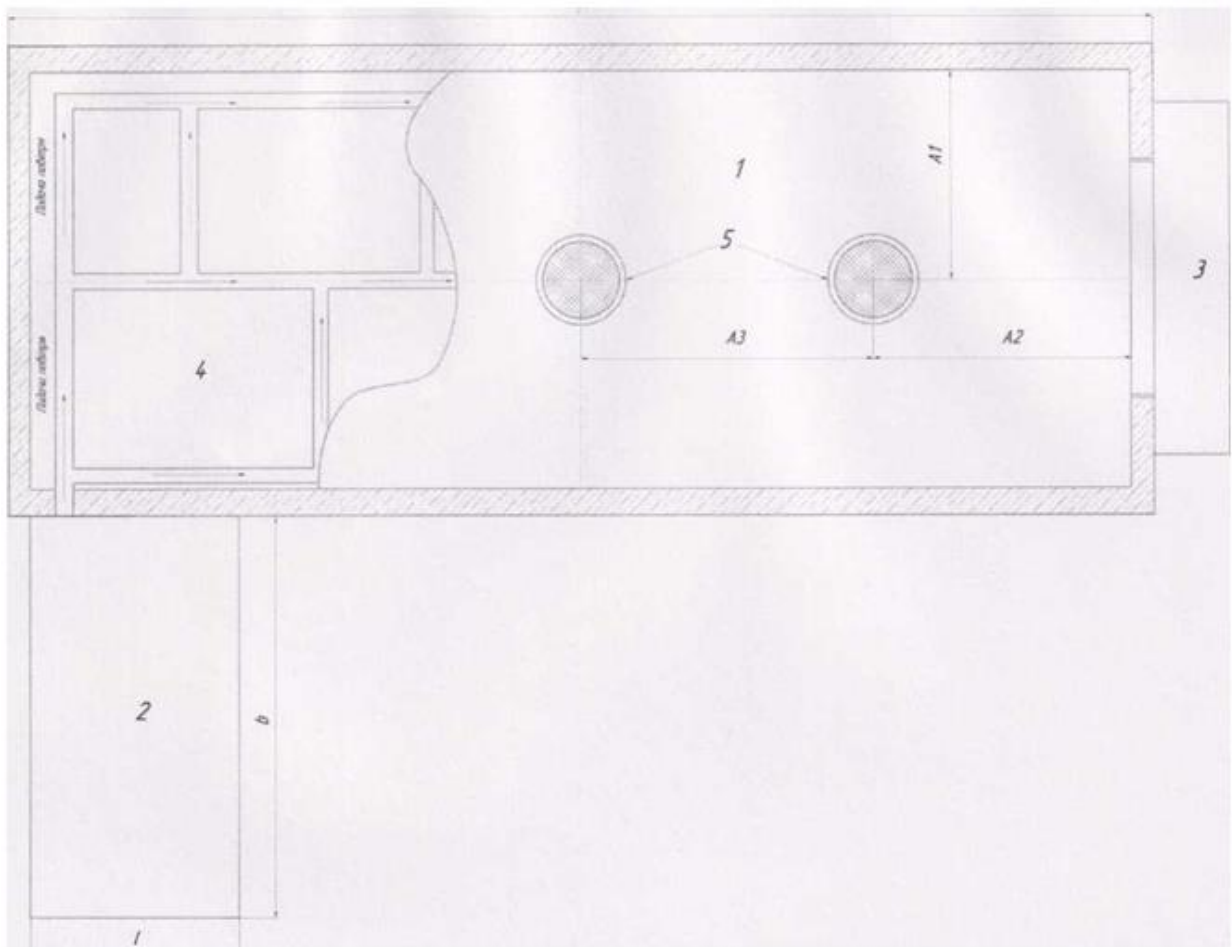


Рисунок 3.1 – Вигляд ізверху та подача повітря у сіноховище: 1- листо-стебельна маса; 2- акумулятор тепла; 3- тамбор; 4- установка УВС - 10; 5- контейнери.  $L$  - довжина сіноховища, м;  $L = 25$  м.  $B$  - ширина сіноховища, м;  $B = 18$  м.  $b$  - довжина акумулятора тепла, м;  $b = 10$  м.  $l$  - ширина акумулятора тепла, м;  $l = 2$  м.  $A1$  - відстань від стіни сіноховища до середини контейнера, м;  $A1 = 9$  м.  $A2$  та  $A3$  - відповідно відстань від краю пласту до першого контейнера та відстань між контейнерами, м;  $A2 = A3 = 8$  м.

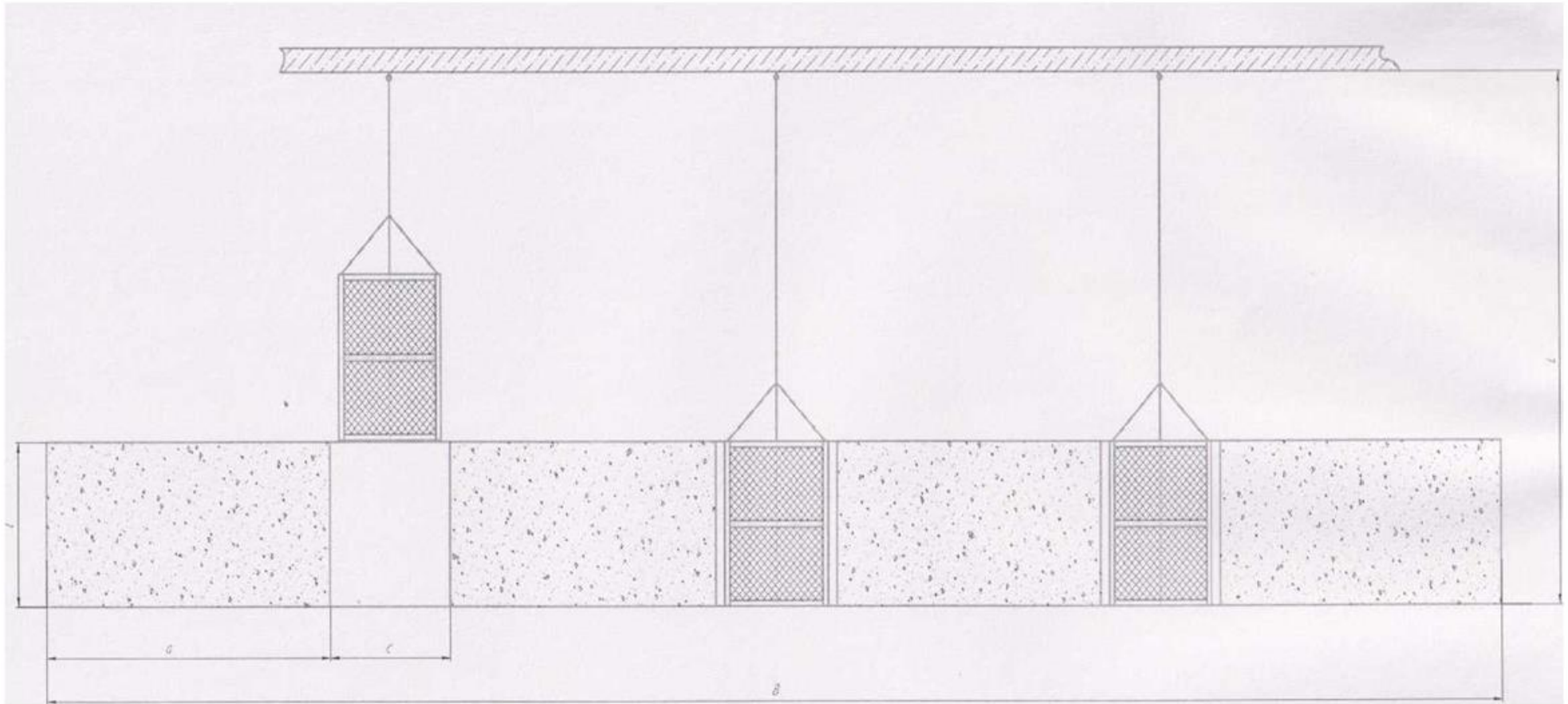


Рисунок 3.2 – Розташування контейнерів з досліджуваною листо-стебельною масою :1- листо-стебельна маса; 2- контейнер; 3- рухома підвіска;  $L$ - висота сіноховища, м;  $L=4,5$ м;  $B$  - довжина закладеного пласту листо-стебельної маси, м;  $B=24$  м.  $l$  - висота закладеного пласту листо-стебельної маси у сіноховище, м;  $l = 2$  м.;  $a$  - відстань від початку пласту до контейнера, м;  $a = 7,5$  м.

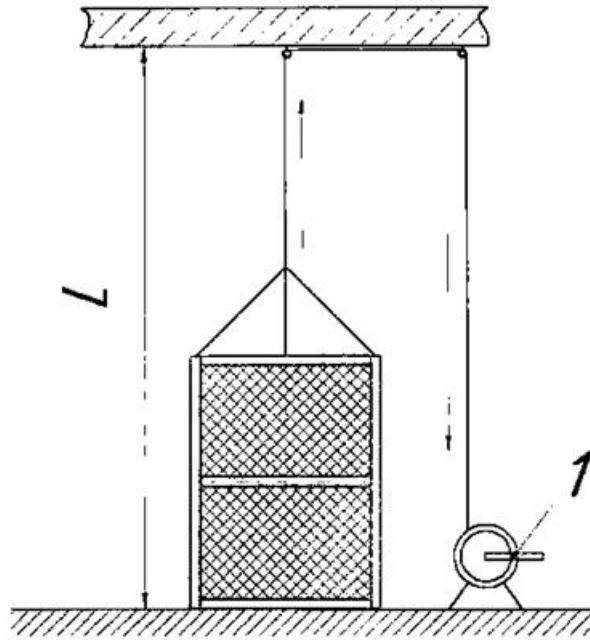


Рисунок 3.3 – Рухома підвіска контейнера: 1 - пристрій для ручного піднімання контейнера.  $L$  - відстань до стелі сіноховища, м;  $L = 4,5$  м.

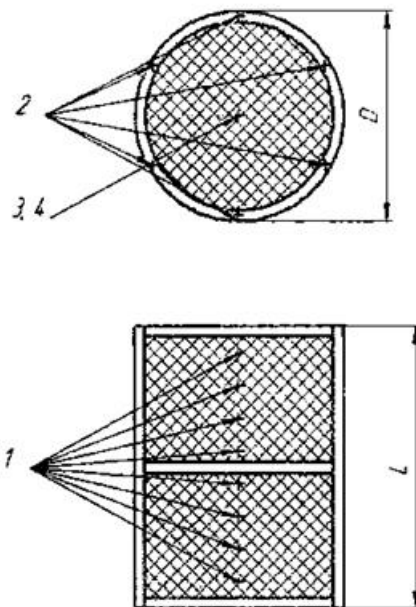


Рисунок 3.4 – Схема розташування точок заміру вологості : 1 – по вертикалі контейнера;  $L$  - висота контейнера, м;  $L = 2$  м., 2 – в поперечному перерізі контейнера;  $D$  - діаметр контейнера, м;  $D = 1,5$  м., 3,4 - зверху та знизу контейнера.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СІНА КОМБІНОВАНИМ СПОСОБОМ

### 4.1 Результати досліджень

Відповідно до розробленої програми та методики нами виконано дослідження процесу сушіння листо-стебельної маси із використанням електрокалорифера та сонячного акумулятора тепла. Результати досліджень подані у таблицях 1 та 2 (додаток А).

На основі таблиці 1 (додаток А) будуємо графіки втрат вологості у кожному контейнері протягом періоду проведення дослідження у сіносновищі із використанням електрокалорифера СФОА — 25.

На основі таблиці 1 (додаток А) визначаємо середні втрати вологості при досушуванні трав у сіносновищі з електрокалорифером СФОА - 25.

Знаходжу середні значення втрат вологості у контейнерах протягом кожного інтервалу заміру. Отримані дані заносу до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Середні значення втрат вологості при досушуванні трав у сіносновищі із електрокалорифером

№ контейнера	Час заміру втрат вологості							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	54,50	52,64	50,78	48,92	47,06	45,20	43,34	41,48
2	54,48	52,75	50,99	49,23	47,47	45,71	43,95	42,19
3	54,49	52,84	51,19	49,54	47,89	46,24	44,59	42,94

На основі даних таблиці 4.1 будуємо графік втрат вологості (рис.4.2)

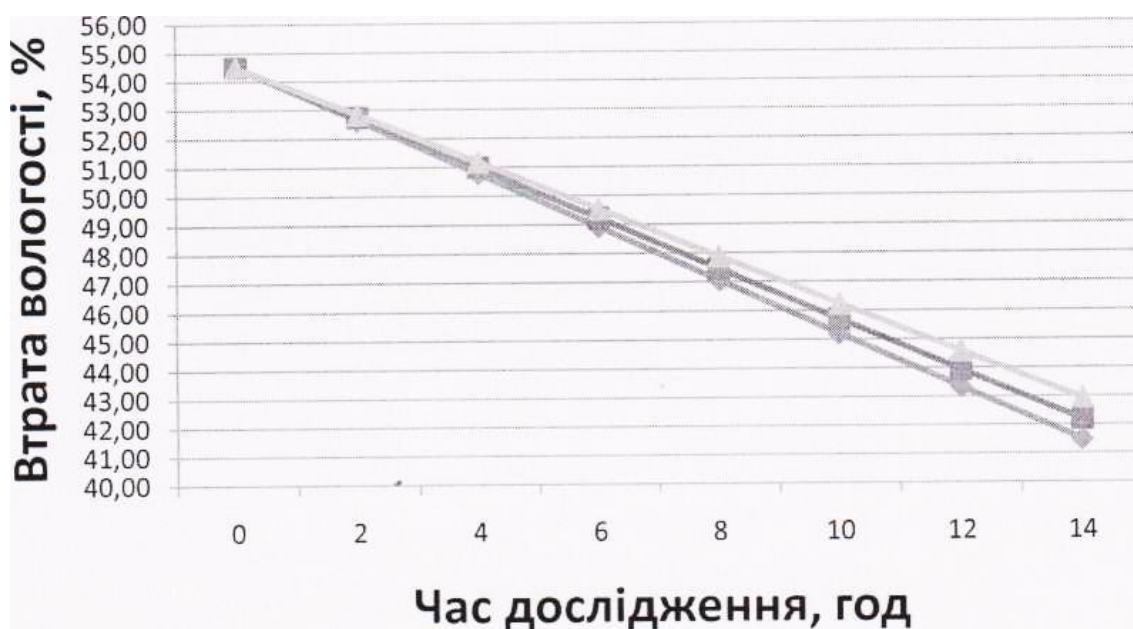


Рисунок 4.2– Середні значення втрат вологості при досушуванні трав у сіносковищі із електрокалорифером

На основі таблиці 2 (додаток А) визначаю середні страти вологості при досушуванні трав у сіносковищі із сонячним акумулятором тепла.

Знаходжу середні значення втрат вологості у контейнерах протягом кожного інтервалу заміру. Отримані дані заношу до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Середні значення втрат вологості при досушуванні трав у сіносковищі із сонячним акумулятором тепла

№ контейнера	Час заміру втрат вологості							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	52,43	51,38	50,33	49,28	48,23	47,18	46,13	45,08
2	54,50	53,00	51,50	51,50	50,00	48,50	47,00	45,50
3	54,01	53,05	51,60	51,60	50,15	48,65	47,20	45,75

На основі даних таблиці 4.2 будує графік втрат вологості (рис.4.3).



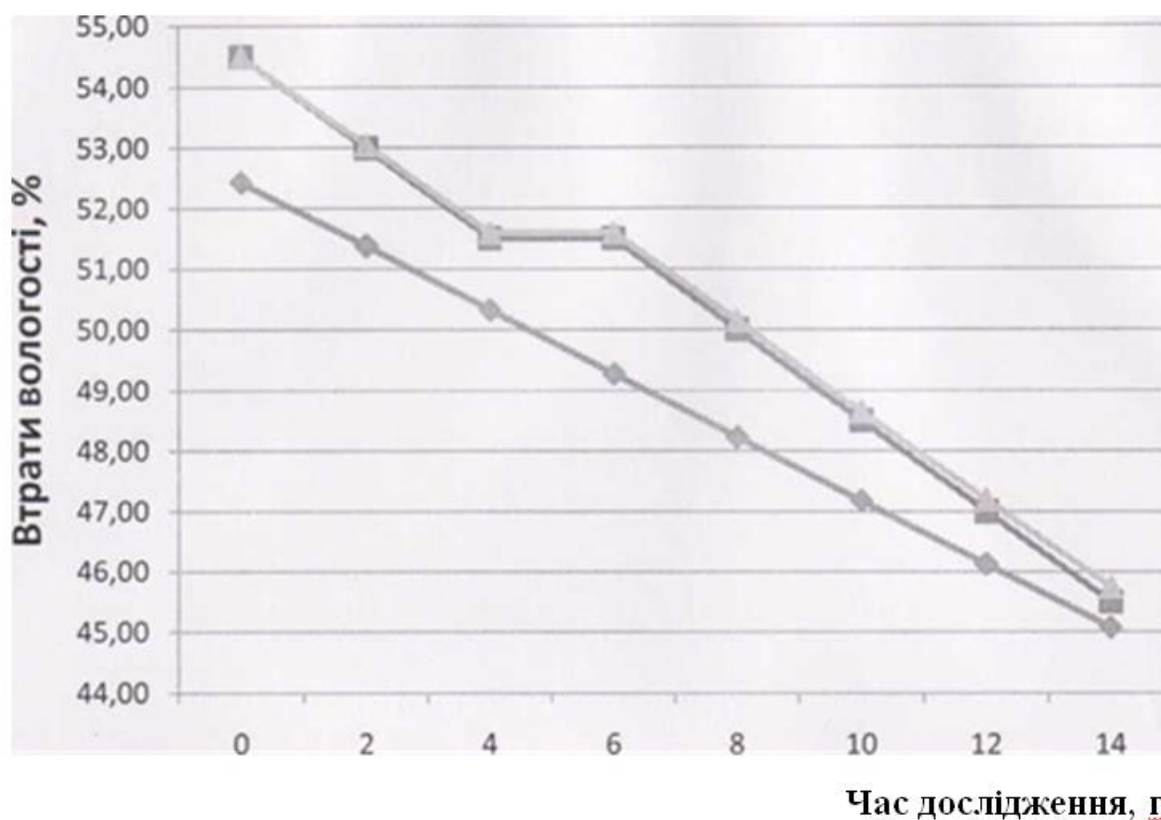


Рисунок 4.8 – Середні значення втрат вологості при досушуванні трав у сіносковищі із сонячним акумулятором тепла

Співставивши результати дослідження поданих у таблицях 1 і 2 (додаток А) бачимо, що під час досушування листо-стебельної маси з використанням сонячного акумулятора тепла, що він забезпечує нормальний процес сушіння маси, яке не поступається досушуванню із використанням електрокалорифера. При цьому отримуємо економію електроенергії за період сушіння одноразово завантаженої маси, тобто на протязі 14 год.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз виникнення травматизму під час процесу заготівлі листо-стебельної маси на сіно

Травми під час заготівлі листо-стебельної маси можуть виникати у наступних випадках:

1. Під час чистки ріжучих поверхонь агрегатів для скошування трав;
2. Під час заміни ріжучих елементів агрегатів для скошування трав;
3. Під час закладання трав у сінохновище;
4. Під час технічного обслуговування машин та агрегатів для заготівлі

трав на корм.

Під час обслуговування системи подачі повітря можуть виникати непередбачені ситуації, такі як [13,17]:

1. не встановлені або відсутні кожухи захисту рухомих частин привода вентилятора;

2. використання несправного інструмента;

3. під час проведення обслуговування з працюючим приводом,

чи пр

Під час регулювання машини та її переміщення травми виникають у випадках, коли:

1. Агрегат не від'єднаний від електромережі;

2. Використання несправного інструмента;

3. Під час проведення ремонтно-налагоджувальних робіт відсутні пристрої для фіксації агрегату.

Під час роботи машини травми можуть виникати у наступних випадках:

1. Попадання під дію електричного струму через відсутність заземлення агрегату;

2. Порушення ізоляції кабелю;

3. Несправність комутаційних апаратів управління.

### 5.2 Моделювання процесів виникнення травм.

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення

небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, виробничих процесів і технологій. Але як показали дослідження. Будь-яка аварія або катастрофа може бути наслідком однієї із багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій. Обчисленням рівня безпеки можна спрямувати удосконалення конструкції технічних засобів на зниження їх небезпек, а також вживати термінованих заходів для усунення небезпек з більш високим рівнем .

Метод "дерева" - "дерева" несправностей або "дерева" помилок оператора застосовують для аналізу складних систем. Аналіз умов обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови "дерева" відказів та помилок оператора людинно-машинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм.

Основні принципи побудови моделі такі. Визначається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми. Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи. Що характеризують ті чи інші події. Як правило побудова моделі починається з головної операції, а наступні розміщуються зверху вниз аж до базових подій.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня безпеки для конкретного об'єкта. Для того, щоб оцінку рівня безпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища. Основні принципи того методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відказів оператора"). При

цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Головна випадкова подія в даному випадку — травма, модель якої побудована на (рис. 5.1.). Для побудови даної моделі ("дерева") травми використовували оператори "І" та "АБО", після цього виконую набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною, після визначення ситуації, що привела до травми визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі.

Після визначення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Пізніше, модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, скориставшись наступними формулами:

1. Базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити так [13,17]:

$$P_3 = P_1 P_2 \quad (5.1)$$

Таблиця 5.1 – Результати обчислень ймовірностей випадкових подій логіко - імітаційної моделі

Випадкова подія, що увійшла в дану модель	Номер події	Показник, %
1	2	3
Електродвигун замінено на подібний	1	0,3
Електродвигун перенавантажено	2	0,4
Електродвигун не був розрахованим на необхідну потужність	3	0,58
Заклинив нагнітаючий вентилятор	5	0,2
Ротор електродвигуна припинив обертатись	6	0,44

1	2	3
Заклинили підшипники ротора	4	0,3
Перегрів ізоляцій обмоток електродвигун	7	0,77
Обмотка двигуна пробила на корпус	8	0,97
Станконтролю	9	0,3
Професійний рівень працівників	10	0,5
Заземлення двигуна зруйнувалось	11	0,58
Місця з'єднань окислились	12	0,3
Місця з'єднань не були закріпленими	13	0,4
Заземлення електродвигуна мало надмірний опір	14	0,65
Електродвигун не був заземленим	15	0,85
Працівник доторкнувся до машини	16	0,1
Травма	17	0,097

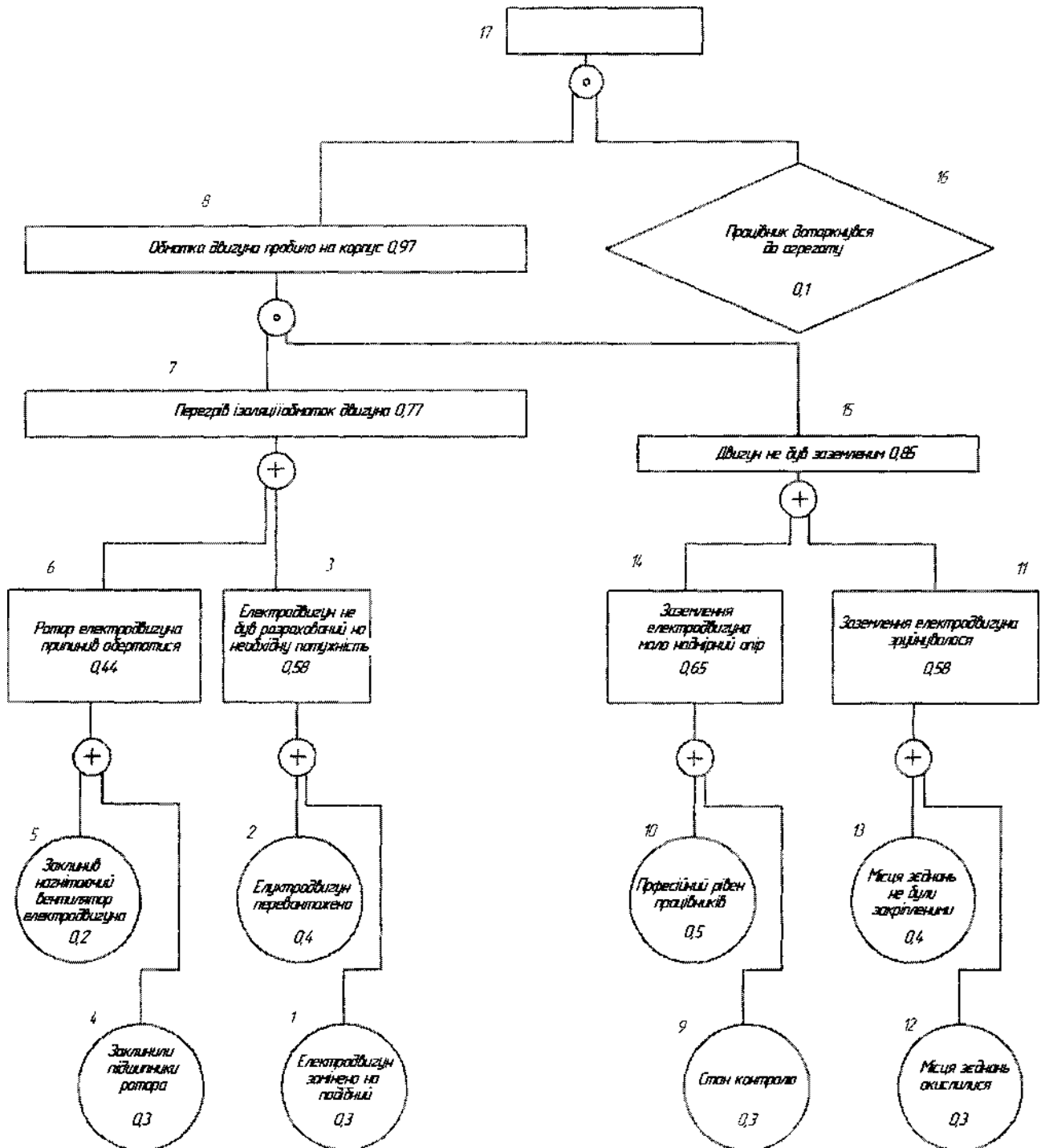


Рисунок 5.1 – Модель виникнення травми під час роботи вентилятора

2. За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події  $P_4$  обчислюють так:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (5.2)$$

3. Оператор "І" об'єднує  $n$  події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2 \dots P_n$  тоді ймовірність вихідної події  $P$  буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \dots P_n \quad (5.3)$$

4. Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність  $P_3$  буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (5.4)$$

5. Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями  $P_3, P_6, P_9$  які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю  $P_{10}$  Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_{10} = P_3 + P_6 + P_9 - P_3 \cdot P_6 - P_3 \cdot P_9 - P_6 \cdot P_9 + P_3 \cdot P_6 \cdot P_9 \quad (5.5)$$

6. Якщо оператор "АБО" входять чотири і більше випадкових базових події з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули.

Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції. Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Отже :

$$P_3 = P_2 + P_1 - P_1 \cdot P_2 = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58$$

$$P_6 = P_5 + P_4 - P_4 \cdot P_5 = 0,3 + 0,2 - 0,3 \cdot 0,2 = 0,44$$

$$P_{14} = P_{10} + P_9 - P_{10} \cdot P_9 = 0,5 + 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 = 0,65$$

$$P_{11} = P_{13} + P_{12} - P_{13} \cdot P_{12} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 = 0,58 + 0,44 - 0,58 \cdot 0,44 = 0,77$$

$$P_{15} = P_{14} + P_{11} - P_{11} \cdot P_{14} = 0,65 + 0,58 - 0,68 \cdot 0,58 = 0,85$$

$$P_8 = P_7 + P_{15} - P_7 \cdot P_{15} = 0,77 + 0,853 - 0,77 \cdot 0,85 = 0,97$$

$$P_{17} = P_8 \cdot P_{16} = 0,97 \cdot 0,1 = 0,097$$

### **5.3. Розробка заходів щодо зменшення виникнення травм під час досушування трав активним вентиляванням**

Перед початком робіт механізатори і робітники повинні пройти інструктаж по техніці безпеки і пожежній безпеці.

Деталі, які рухаються і обертаються, робочі органи і механізми кормозаготівельних машин і обладнання огорожують захисними кожухами, а біля особливо небезпечних вузлів і механізмів роблять попереджувальні надписи.

Для вентилявання необхідно застосовувати тільки вентилятори із закритими обдуваємими електродвигунами. Вентилятор із електродвигуном повинен мати захисні вібраційні пристрої і виключати тертя лопатей об кожух.

При досушуванні сіна у закритих приміщеннях вентилятори слід встановлювати із зовнішньої сторони на відстані не менше 1 м від незгораємих і 2,5 м від згораємих стін. Повітропроводи повинні бути із незгораємих матеріалів. Місце встановлення вентилятора огорожують металічними сітками або дерев'яними решітками [13,17].

Вхідний отвір вентилятора необхідно закривати металічною сіткою з отворами розміром не більше 25x25 мм.

У сараях для досушування сіна повинні бути вогнегасники, запас води і піску, відра, лопати.

Необхідно відводити спеціальні місця для відпочинку, куріння, зберігання і заправки техніки [13,17].

### **5.4. Висновки до розділу.**

Провівши аналіз можливих ситуацій виникнення загрози травматизму, було сформовано ряд чинників, що можуть привести до ураження працівника струмом. На їх основі була побудована модель виникнення травми під час роботи агрегатів для досушування трав активним вентиляванням. Оскільки, для того, щоб працівник отримав ураження струмом необхідно витримати одразу дві умови, вірогідність травматизму на даній установці є близько 9,7%.

На основі аналізу моделі було запропоновано ряд заходів щодо зниження рівня виробничого травматизму під час підготовки насіння до реалізації.



## 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

### 6.1 Розрахунок вартості встановлення будівлі

Розрахуємо вартість встановлення акумуляторів тепла і геліопідігрівачів повітря.

Розрахуємо вартість гранітного каміння та його доставку на підприємство.

Спочатку розрахуємо вартість привезення гранітного каміння за формулою:

$$V_{\text{пр}} = V + O \quad (6.1)$$

де  $V_{\text{пр}}$  — вартість привезення граніту, грн.;

$V$  — вартість витраченого палива на привезення граніту, грн.;

$O$  — оплата праці водія, грн..

Вартість витраченого палива обрахуємо як добуток кількості витрачених літрів пального на вартість 1 л пального і на кількість машин, які необхідно для привезення граніту.

Кар'єр знаходиться на відстані 10 км від сіносковища. Для привезення необхідної кількості граніту водію необхідно три рази їздити до кар'єру. Отже, загальний шлях  $S$ , який автомобіль проїде для того, щоб привезти граніт, буде рівний [22]:

$$S = (S_1 + S_2) \cdot n, \quad (6.2)$$

де  $S_1$  — шлях до кар'єра, км;

$S_2$  — шлях від кар'єра до господарства;

$n$  — кількість рейсів.

$$S = (10 + 10) \cdot 3 = 60 \text{ км.}$$

Вартість одного літра палива становить 49 грн 90 коп. При витраті палива 25 л на 100 км буде витрачено  $60 \cdot 25 / 100 = 15$  л палива. Отже, вартість пального буде становити [22]:

$$V = 15 \cdot 49,9 = 748,5 \text{ грн.}$$

Оплату праці шофера визначимо із його місячного окладу. Вважаючи, що для привезення гранітного каміння буде затрачено один робочий день, то оплата праці становитиме:

$$O = M / Д \quad (6.3)$$

де  $M$  — місячний оклад водія, грн.  $M = 7200$  грн;

$D$  — кількість днів у місяці;  $D = 30$  днів.

$$O = 7200/30 = 240,0 \text{ грн.}$$

Отже, вартість привезення граніту становить:

$$V_{\text{пр}} = 748,5 + 240,0 = 988,5 \text{ грн.}$$

Для спорудження підігрівача необхідно  $30 \text{ м}^3$  гранітного каменю по ціні  $1000 \text{ грн/м}^3$ . Тоді вартість граніту становитиме

$$V_{\text{ГК}} = 30 * 1000 = 10000 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість побутових сонячних акумуляторів  $V_{\text{ак}}$

Для цього візьмемо денну тарифну ставку столяра, яка рівна  $C = 700$  грн. і помножимо її на кількість робітників  $N = 4$ , які необхідні для побудови [22]:

$$V_{\text{СТ}} = C * N \quad (6.4)$$

$$V_{\text{СТ}} = 700 * 4 = 2800 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаємо оплату праці слюсарів  $V_{\text{с}}$  і зварювальників  $V_{\text{зв}}$

$$V_{\text{с}} = 700 * 2 = 1400 \text{ грн.}$$

$$V_{\text{зв}} = 700 * 1 = 700 \text{ грн.}$$

Тоді, вартість побудови сонячних акумуляторів знайдемо за формулою [22]:

$$V_{\text{а}} = V_{\text{СТ}} + V_{\text{с}} + V_{\text{зв}} \quad (6.5)$$

$$V_{\text{а}} = 2800 + 1400 + 700 = 4900 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість побудови геліопідігрівачів повітря, аналогічно до визначення вартості побудови акумуляторів тепла, врахувавши лише те, що будують їх два дні чотири столяри і один слюсар:

$$V_{\text{г}} = (V_{\text{СТ}} * 4) + (V_{\text{с}} * 1) = 2800 * 4 + 700 * 1 = 11900 \text{ грн.}$$

Обрахуємо вартість будівельних матеріалів.

Вартість плівки визначимо помноживши необхідну кількість її  $\text{м}^2$  на вартість  $1 \text{ м}^2$ . На акумулятори тепла необхідно  $20 \text{ м}^2$ . Вартість  $1 \text{ м}^2$  плівки складає  $10$  грн. Отже вартість плівки становить:

$$V_{\text{п}} = 20 * 10 = 200 \text{ грн.}$$

Вартість чорної фарби для фарбування шиферного покриття сіносковища становить:

$$V_{\phi} = C_{\phi} * n_{\phi} \quad (6.6)$$

де,  $V_{\phi}$  — вартість фарби, грн.,

$C_{\phi}$  — ціна однієї 3-х кілограмової банки фарби, грн,  $C_{\phi} = 235$  грн,

$n_{\phi}$  — кількість банок фарби, яка необхідна для фарбування,  $n = 3$ .

$$V_{\phi} = 235 * 3 = 705 \text{ грн}$$

Вартість інших будівельних матеріалів становить:  $V_{ін} = 2000$  грн.

Після проведення необхідних підрахунків обчислимо загальну вартість встановлення акумуляторів тепла і геліопідігрівачів повітря. Для цього підсумуємо всі отримані дані за формулою:

$$V_3 = V_{пр} + V_{гк} + V_a + V_r + V_n + V_{\phi} + V_{ін} \quad (6.7)$$

Тоді отримаємо.

$$V_3 = 988,5 + 10000 + 4900 + 11900 + 200 + 705 + 2000 = 30513,5 \text{ грн.}$$

## 6.2 Розрахунок економічних показників

Визначимо балансову вартість споруди за формулою [22]:

$$B = C * Ч \quad (6.8)$$

де  $C$  — ціна споруди,  $C = V_3 = 30513,5$  грн;

$Ч$  — коефіцієнт, який враховує затрати на транспортування машини та її монтаж,  $Ч = 1,2$ .

$$B = 30513,5 * 1,2 = 36616 \text{ грн.}$$

За розрахунками проведеними в другому розділі ми бачимо, що за допомогою акумуляторів тепла за добу економиться 24,96 кг умовного палива.

Визначимо річний (сезонний) економічний ефект за формулою:

$$P_e = П * K_d * C_{п} * k \quad (6.9)$$

де  $П$  - кількість зекономленого палива, кг,

$K_d$  - кількість днів роботи технології,

$C_{п}$  - ціна палива, грн.,

$k$  - перевідний коефіцієнт,  $k = 1,2$ .

$$P_e = 24,96 * 15 * 49,9 * 1,2 = 22464 \text{ грн.}$$

Обрахуємо строк окупності капіталовкладень за формулою :

$$C_o = \Delta K / P_e \quad (6.10)$$

$$C_o = 36616 / 22464 = 1,63 \text{ сезону.}$$

Із проведених розрахунків видно, що технологія окупить себе за 1,63 сезону. Отже, дана технологія сушіння сіна є ефективною і корисною для впровадження у господарствах.

Результати розрахунків економічної ефективності проекту заносимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Техніко-економічні показники проекту

Найменування показника	Технологія сушіння сіна		Відхилення , +, -
	Базова	З акумулятором тепла	
1	2	3	4
Економія палива, кг		24,96	
Кількість обслуговуючого персоналу, чол	2	2	
Час сушіння сіна протягом доби, год	14	14	
Витрата електроенергії, кВт	327	77	-250
Оплата за електроенергію, грн	1412,64	332,64	-1080
Вартість споруди, грн.	-	36616	
Річний (сезонний) економічний ефект, грн.		22464	
Строк окупності затрат, років		1,63	

Визначимо економію коштів за рахунок меншого споживання електроенергії під час сушіння у сіноскосовищі із сонячним акумулятором.

За таблицями 1 та 2 (додаток А) зменшення споживання електроенергії складає :  $327 - 77 = 250$  кВт за 14 год. Вартість зекономленої енергії складатиме  $250 * 4,32 = 1080$  грн.

З даних таблиці і проведених розрахунків можна зробити висновки, що запропонований варіант акумуляторів тепла повітря є досить економічно

вигідним для впровадження у господарствах області. Так бачимо, що модернізований варіант має ряд переваг. Зокрема — економія палива. Даними пристроями економиться 24,96 кілограм умовного палива за добу, що за повний термін сушіння сіна становитиме 249,6 - 299,52 кілограми умовного палива. Також збільшується тривалість сушіння сіна протягом доби на 6 годин, що становить 20 годин. Це дозволяє скоротити загальний строк сушіння до 4-5 днів. Дана конструкція дає економічний ефект в 22464грн. в рік. Впровадження нової технології окупиться за 1,63 сезони.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи проведено аналіз технології досушування конюшини на сіно акумулятором тепла з активним вентиляванням. Проведено аналіз літературних джерел.

На основі проведених досліджень побудовані графіки втрат вологості листо-стебельної маси у різних умовах.

Конструкція акумуляторів тепла для підігрівання повітря при досушуванні сіна дає змогу значно зменшити строки процесу сушіння, запобігає зменшенню вмісту поживних речовин у кормі за рахунок зменшення втрат від довгострокового сушіння.

Проведено техніко-економічний розрахунок проекту, з якого видно, що за допомогою акумуляторів тепла економиться 24,96 кілограм умовного палива, а термін сушіння протягом доби збільшується на 6 годин, що дозволяє значно скоротити тривалість загального часу сушіння.

Розглянуто основні проблеми охорони праці та техніки безпеки. Висвітлено актуальні питання, на які необхідно звернути увагу при проведенні інструктажів з техніки безпеки. Запропоновані заходи для поліпшення умов праці в господарстві. Зроблено огляд найбільш суттєвих проблем охорони навколишнього середовища і запропоновано різні заходи по поліпшенню цих умов. Використання конструкції дозволяє не затрачати значні кошти на побудову сіносховищ. Також господарства зекономлять і на електроенергії внаслідок використання безкоштовної сонячної енергії у акумуляторах тепла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
2. Холодюк О.В. Існуючі технології заготівлі сіна та перспективи їх розвитку // Збірник наукових праць Вінницького державного сільськогосподарського університету. Вінниця, 2002. Вип. 11. С. 218 – 222.
3. Тамарівська, В.В. Втрати поживних речовин у кормах при різних способах заготівлі та зберігання: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.02 / В.В. Тамарівська. Київ, 2009. 21 с.
4. Проспект: Claas Quadrant.
5. Проспект: Krone Round Pack, Combi Pack, Vario Pack.
6. Л. Філоненко Тестування прес-підбирача Qvadrant 2200. / Л. Філоненко, І. Календрузь. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2061-testuvannia-pres-pidbyracha-qvadrant-2200.html>. (дата звернення 05 вересня 2024 р).
7. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Київ: Урожай, 2021. – 384 с.
8. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. Київ: НМК ВО, 1991. 199 с.
9. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Київ: Урожай, 2012. 364 с.
10. Яроцький В.А. Обґрунтування режимів роботи різального механізму з 31 дисковими ножами при подрібнюванні стеблових кормів // Механізація та електрифікація сіл. госп-ва. Київ:, 2022. Вип. 76. С. 26-28.
11. Гарькавий А.Д., Холодюк О.В., Кузьменко В.Ф., Логвин О.І. Активний протирізальний підпір у подрібнювальних апаратах // Вісник Інженерної академії України. 2004. № 1. С. 16 – 21.
12. Техніка для заготівлі сіна: огляд популярних агрегатів. URL: <https://agroelita.info/tekhnika-dlia-zahotivli-sina-ohliad-populiarnykh-ahrehativ/>

(дата звернення 16.вересня.2024)

13. Винокуров Л. Е.; Васильчик М. В.; Гаман М. В. Основи охорони праці. Київ.: Вікторія. 2001. 254 с.
14. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. та ін. Сільськогосподарські машини. Київ.: Урожай, 2004. 448 с.
15. Гречкосій О. М. та ін. Довідник сільського інженера. Київ.: Урожай, 1988. 360 с.
16. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ.: Урожай, 1993. 286 с.
17. Лехман С. Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). Київ.: Урожай, 1990. 400 с.
18. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.: ; за ред. А.В. Рудя. Київ.: Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
19. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.: ; за ред. А.В. Рудя. Київ. Агроосвіта, 2012. -432 с.; іл.
20. Основи механізації і автоматизації сільськогосподарського виробництва. Навчальний посібник / І.І. Ріпка, Я.В. Семен. Львів: ЛНАУ, 2008. –176 с.
21. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. / Рибарук В. Я., Ріпка І. І. Львів, ЛДАУ, 1998. 264 с.
22. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.: іл.
23. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ.: Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
24. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник.- 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ "Українські технології", 2020. 806 с.



# ДОДАТКИ

## Таблиці результатів дослідження

Таблиця 1 – Втрати вологості листо-стебельної маси при сушінні у сіношховищі із сонячним акумулятором тепла

№ контейнера	№• пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№• дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	54,38	54,10	54,60	54,90	54,88	54,96	54,88	55,00	1	1	52,52	52,24	52,74	53,04	53,02	53,10	53,02	53,14
	2	54,47	54,43	54,30	54,98	54,81	54,99				2	52,61	52,57	52,44	53,12	52,95	53,13		
	3	54,37	54,99	54,04	54,23	54,00	54,93				3	52,51	53,13	52,18	52,37	52,14	53,07		
	4	54,69	54,53	54,80	54,81	54,26	54,18				4	52,83	52,67	52,94	52,95	52,40	52,32		
	5	54,58	54,15	54,89	54,38	54,20	54,21				5	52,72	52,29	53,03	52,52	52,34	52,35		
	6	54,95	54,62	54,72	54,97	54,37	54,85				6	53,09	52,76	52,86	53,11	52,51	52,99		
	7	54,81	54,91	54,57	54,71	54,40	54,11				7	52,95	53,05	52,71	52,85	52,54	52,25		
	8	54,95	54,59	54,56	54,97	54,48	54,26				8	53,09	52,73	52,70	53,11	52,62	52,40		
2	1	54,41	54,37	54,44	54,33	54,21	54,74	55,00	54,97	2	1	52,65	52,61	52,68	52,57	52,45	52,98	53,24	53,21
	2	54,10	54,11	54,71	54,88	54,19	54,02				2	52,34	52,35	52,95	53,12	52,43	52,26		
	3	54,72	54,95	54,57	54,94	54,26	54,17				3	52,96	53,19	52,81	53,18	52,50	52,41		
	4	54,77	54,73	54,16	54,81	54,93	54,23				4	53,01	52,97	52,40	53,05	53,17	52,47		
	5	54,12	54,34	54,10	54,94	54,51	54,63				5	52,36	52,58	52,34	53,18	52,75	52,87		
	6	54,94	54,09	54,17	54,43	54,14	54,08				6	53,18	52,33	52,41	52,67	52,38	52,32		
	7	54,08	54,83	54,94	54,25	54,53	54,20				7	52,32	53,07	53,18	52,49	52,77	52,44		
	8	54,54	54,22	54,72	54,68	54,77	54,17				8	52,78	52,46	52,96	52,92	53,01	52,41		
2	1	54,42	54,13	54,03	54,20	54,68	54,82	54,86	54,95	2	1	52,77	52,48	52,38	52,55	53,03	53,17	53,21	53,30
	2	54,57	54,01	54,69	54,70	54,89	54,17				2	52,92	52,36	53,04	53,05	53,24	52,52		
	3	54,28	54,80	54,81	54,70	54,07	54,08				3	52,63	53,15	53,16	53,05	52,42	52,43		
	4	54,02	54,88	54,03	54,30	54,16	54,46				4	52,37	53,23	52,38	52,65	52,51	52,81		
	5	54,38	54,77	54,50	54,84	54,16	54,78				5	52,73	53,12	52,85	53,19	52,51	53,13		
	6	54,60	54,97	54,01	54,51	54,45	54,84				6	52,95	53,32	52,36	52,86	52,80	53,19		
	7	54,43	54,80	54,91	54,97	54,10	54,73				7	52,78	53,15	53,26	53,32	52,45	53,08		
	8	54,70	54,84	54,41	54,59	54,34	54,70				8	53,05	53,19	52,76	52,94	52,69	53,05		
Затрати ел.енергії кВт	0								Затрати ел.енергії кВт	61									

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	50,66	50,38	50,88	51,18	51,16	51,24	51,16	51,28	1	1	48,80	48,52	49,02	49,32	49,30	49,38	49,30	49,42
	2	50,75	50,71	50,58	51,26	51,09	51,27				2	48,89	48,85	48,72	49,40	49,23	49,41		
	3	50,65	51,27	50,32	50,51	50,28	51,21				3	48,79	49,41	48,46	48,65	48,42	49,35		
	4	50,97	50,81	51,08	51,09	50,54	50,46				4	49,11	48,95	49,22	49,23	48,68	48,60		
	5	50,86	50,43	51,17	50,66	50,48	50,49				5	49,00	48,57	49,31	48,80	48,62	48,63		
	6	51,23	50,90	51,00	51,25	50,65	51,13				6	49,37	49,04	49,14	49,39	48,79	49,27		
	7	51,09	51,19	50,85	50,99	50,68	50,39				7	49,23	49,33	48,99	49,13	48,82	48,53		
	8	51,23	50,87	50,84	51,25	50,76	50,54				8	49,37	49,01	48,98	49,39	48,90	48,68		
2	1	50,89	50,85	50,92	50,81	50,69	51,22	51,48	51,45	2	1	49,03	48,99	49,06	48,95	48,83	49,36	49,72	49,69
	2	50,58	50,59	51,19	51,36	50,67	50,50				2	48,72	48,73	49,33	49,50	48,81	48,64		
	3	51,20	31,43	51,05	51,42	50,74	50,65				3	49,34	49,57	49,19	49,56	48,88	48,79		
	4	51,25	51,21	50,64	51,29	51,41	50,71				4	49,39	49,35	48,78	49,43	49,55	48,85		
	5	50,60	50,82	50,58	51,42	50,99	51,11				5	48,74	48,96	48,72	49,56	49,13	49,25		
	6	51,42	50,57	50,65	50,91	50,62	50,56				6	49,56	48,71	48,79	49,05	48,76	48,70		
	7	50,56	51,31	51,42	50,73	51,01	50,68				7	48,70	49,45	49,56	48,87	49,15	48,82		
	8	51,02	50,70	51,20	51,16	51,25	50,65				8	49,16	48,64	49,34	49,30	49,39	48,79		
3	1	51,12	50,83	50,73	50,90	51,38	51,52	51,56	51,65	3	1	49,47	49,18	49,08	49,25	49,73	49,87	49,91	50,00
	2	51,27	50,71	51,39	51,40	51,59	50,87				2	49,62	49,06	49,74	49,75	49,94	49,22		
	3	50,98	51,50	51,51	51,40	50,77	50,78				3	49,33	49,85	49,86	49,75	49,12	49,13		
	4	50,72	51,58	50,73	51,00	50,86	51,16				4	49,07	49,93	49,08	49,35	49,21	49,51		
	5	51,08	51,47	51,20	51,54	50,86	51,48				5	49,43	49,82	49,55	49,89	49,21	49,83		
	6	51,30	51,67	50,71	51,21	51,15	51,54				6	49,65	50,02	49,06	49,56	49,50	49,89		
	7	51,13	51,50	51,61	51,67	50,80	51,43				7	49,48	49,85	49,96	50,02	49,15	49,78		
	8	51,40	51,54	51,11	51,29	51,04	51,40				8	49,75	49,89	49,46	49,64	49,39	49,75		
Затрати ел.енергії кВт		122								Затрати ел.енергії кВт		183							

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки						верх	низ	№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки						верх	низ
		1	2	3	4	5	6					1	2	3	4	5	6		
1	1	46,94	46,66	47,16	47,46	47,44	47,52	47,44	47,56	1	1	45,08	44,80	45,30	45,60	45,58	45,66	45,58	45,70
	2	47,03	46,99	46,86	47,54	47,37	47,55				2	45,17	45,13	45,00	45,68	45,51	45,69		
	3	46,93	47,55	46,60	46,79	46,56	47,49				3	45,07	45,69	44,74	44,93	44,70	45,63		
	4	47,25	47,09	47,36	47,37	46,82	46,74				4	45,39	45,23	45,50	45,51	44,96	44,88		
	5	47,14	46,71	47,45	46,94	46,76	46,77				5	45,28	44,85	45,59	45,08	44,90	44,91		
	6	47,51	47,18	47,28	47,53	46,93	47,41				6	45,65	45,32	45,42	45,67	45,07	45,55		
	7	47,37	47,47	47,13	47,27	46,96	46,67				7	45,51	45,61	45,27	45,41	45,10	44,81		
	8	47,51	47,15	47,12	47,53	47,04	46,82				8	45,65	45,29	45,26	45,67	45,18	44,96		
2	1	47,27	47,23	47,30	47,19	47,07	47,60	47,96	47,93	2	1	45,51	45,47	45,54	45,43	45,31	45,84	46,20	46,17
	2	46,96	46,97	47,57	47,74	47,05	46,88				2	45,20	45,21	45,81	45,98	45,29	45,12		
	3	47,58	47,81	47,43	47,80	47,12	47,03				3	45,82	46,05	45,67	46,04	45,36	45,27		
	4	47,63	47,59	47,02	47,67	47,79	47,09				4	45,87	45,83	45,26	45,91	46,03	45,33		
	5	46,98	47,20	46,96	47,80	47,37	47,49				5	45,22	45,44	45,20	46,04	45,61	45,73		
	6	47,80	46,95	47,03	47,29	47,00	46,94				6	46,04	45,19	45,27	45,53	45,24	45,18		
	7	46,94	47,69	47,80	47,11	47,39	47,06				7	45,18	45,93	46,04	45,35	45,63	45,30		
	8	47,40	47,08	47,58	47,54	47,63	47,03				8	45,64	45,32	45,82	45,78	45,87	45,27		
3	1	47,82	47,53	47,43	47,60	48,08	48,22	48,26	48,35	3	1	46,17	45,88	45,78	45,95	46,43	46,57	46,61	46,70
	2	47,97	47,41	48,09	48,10	48,29	47,57				2	46,32	45,76	46,44	46,45	46,64	45,92		
	3	47,68	48,20	48,21	48,10	47,47	47,48				3	46,03	46,55	46,56	46,45	45,82	45,83		
	4	47,42	48,28	47,43	47,70	47,56	47,86				4	45,77	46,63	45,78	46,05	45,91	46,21		
	5	47,78	48,17	47,90	48,24	47,56	48,18				5	46,13	46,52	46,25	46,59	45,91	46,53		
	6	48,00	48,37	47,41	47,91	47,85	48,24				6	46,35	46,72	45,76	46,26	46,20	46,59		
	7	47,83	48,20	48,31	48,37	47,50	48,13				7	46,18	46,55	46,66	46,72	45,85	46,48		
	8	48,10	48,24	47,81	47,99	47,74	48,10				8	46,45	46,59	46,16	46,34	46,09	46,45		
Затрати ел.енергії кВт		194								Затрати ел.енергії кВт		205							

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки						верх	низ	№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки						верх	низ
		1	2	3	4	5	6					1	2	3	4	5	6		
1	1	43,22	42,94	43,44	43,74	43,72	43,80	43,72	43,84	1	1	41,36	41,08	41,58	41,88	41,86	41,94	41,86	41,98
	2	43,31	43,27	43,14	43,82	43,65	43,83				2	41,45	41,41	41,28	41,96	41,79	41,97		
	3	43,21	43,83	42,88	43,07	42,84	43,77				3	41,35	41,97	41,02	41,21	40,98	41,91		
	4	43,53	43,37	43,64	43,65	43,10	43,02				4	41,67	41,51	41,78	41,79	41,24	41,16		
	5	43,42	42,99	43,73	43,22	43,04	43,05				5	41,56	41,13	41,87	41,36	41,18	41,19		
	6	43,79	43,46	43,56	43,81	43,21	43,69				6	41,93	41,60	41,70	41,95	41,35	41,83		
	7	43,65	43,75	43,41	43,55	43,24	42,95				7	41,79	41,89	41,55	41,69	41,38	41,09		
	8	43,79	43,43	43,40	43,81	43,32	43,10				8	41,93	41,57	41,54	41,95	41,46	41,24		
2	1	43,75	43,71	43,78	43,67	43,55	44,08	44,44	44,41	2	1	41,99	41,95	42,02	41,91	41,79	42,32	42,68	42,65
	2	43,44	43,45	44,05	44,22	43,53	43,36				2	41,68	41,69	42,29	42,46	41,77	41,60		
	3	44,06	44,29	43,91	44,28	43,60	43,51				3	42,30	42,53	42,15	42,52	41,84	41,75		
	4	44,11	44,07	43,50	44,15	44,27	43,57				4	42,35	42,31	41,74	42,39	42,51	41,81		
	5	43,46	43,68	43,44	44,28	43,85	43,97				5	41,70	41,92	41,68	42,52	42,09	42,21		
	6	44,28	43,43	43,51	43,77	43,48	43,42				6	42,52	41,67	41,75	42,01	41,72	41,66		
	7	43,42	44,17	44,28	43,59	43,87	43,54				7	41,66	42,41	42,52	41,83	42,11	41,78		
	8	43,88	43,56	44,06	44,02	44,11	43,51				8	42,12	41,80	42,30	42,26	42,35	41,75		
3	1	44,52	44,23	44,13	44,30	44,78	44,92	44,96	45,05	3	1	42,87	42,58	42,48	42,65	43,13	43,27	43,31	43,40
	2	44,67	44,11	44,79	44,80	44,99	44,27				2	43,02	42,46	43,14	43,15	43,34	42,62		
	3	44,38	44,90	44,91	44,80	44,17	44,18				3	42,73	43,25	43,26	43,15	42,52	42,53		
	4	44,12	44,98	44,13	44,40	44,26	44,56				4	42,47	43,33	42,48	42,75	42,61	42,91		
	5	44,48	44,87	44,60	44,94	44,26	44,88				5	42,83	43,22	42,95	43,29	42,61	43,23		
	6	44,70	45,07	44,11	44,61	44,55	<b>44,94</b>				6	43,05	43,42	42,46	42,96	42,90	43,29		
	7	44,53	44,90	45,01	45,07	44,20	44,83				7	42,88	43,25	43,36	43,42	42,55	43,18		
	8	44,80	44,94	44,51	44,69	44,44	44,80				8	43,15	43,29	42,86	43,04	42,79	43,15		
Затрати ел.енергії кВт	266								Затрати ел.енергії кВт	327									

Таблиця 2 – Втрати вологості листо-стебельної маси при сушінні у сіносковищі із сонячним акумулятором тепла

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	54,70	54,22	54,08	54,13	54,95	54,68	54,95	49,89	1	1	53,65	53,17	53,03	53,08	53,90	53,63	53,90	48,84
	2	54,84	54,13	54,45	54,62	54,97	54,22				2	53,79	53,08	53,40	53,57	53,92	53,17		
	3	54,76	54,00	54,25	54,05	54,11	54,76				3	53,71	52,95	53,20	53,00	53,06	53,71		
	4	54,84	54,30	54,56	54,10	54,25	54,83				4	53,79	53,25	53,51	53,05	53,20	53,78		
	5	54,74	54,48	54,28	54,28	54,35	54,64				5	53,69	53,43	53,23	53,23	53,30	53,59		
	6	54,12	54,11	54,41	54,84	54,62	54,43				6	53,07	53,06	53,36	53,79	53,57	53,38		
	7	54,85	54,75	54,34	54,39	54,08	54,08				7	53,80	53,70	53,29	53,34	53,03	53,03		
	8	54,78	54,93	54,46	54,39	54,32	54,00				8	53,73	53,88	53,41	53,34	53,27	52,95		
2	1	54,24	54,10	54,38	54,15	54,88	54,53	54,92	55,00	2	1	52,74	52,60	52,88	52,65	53,38	53,03	53,42	53,50
	2	54,51	54,62	54,13	54,15	54,85	54,57				2	53,01	53,12	52,63	52,65	53,35	53,07		
	3	54,81	54,12	54,86	54,78	54,60	54,88				3	53,31	52,62	53,36	53,28	53,10	53,38		
	4	54,73	54,53	54,93	54,22	54,69	54,39				4	53,23	53,03	53,43	52,72	53,19	52,89		
	5	54,12	54,99	54,55	54,83	54,20	54,80				5	52,62	53,49	53,05	53,33	52,70	53,30		
	6	54,10	54,90	54,30	54,88	54,86	54,20				6	52,60	53,40	52,80	53,38	53,36	52,70		
	7	54,28	54,68	54,01	54,66	54,78	54,74				7	52,78	53,18	52,51	53,16	53,28	53,24		
	8	54,65	54,16	54,91	54,63	54,73	54,74				8	53,15	52,66	53,41	53,13	53,23	53,24		
3	1	54,02	54,30	54,85	54,02	54,60	54,49	54,90	54,94	3	1	52,57	52,85	53,40	52,57	53,15	53,04	53,45	53,49
	2	54,02	54,30	54,85	54,02	54,60	54,49				2	52,57	52,85	53,40	52,57	53,15	53,04		
	3	54,62	54,68	54,77	54,18	54,99	54,66				3	53,17	53,23	53,32	52,73	53,54	53,21		
	4	54,16	54,94	54,29	54,05	54,14	54,86				4	52,71	53,49	52,84	52,60	52,69	53,41		
	5	54,45	54,63	54,05	54,46	54,02	54,09				5	53,00	53,18	52,60	53,01	52,57	52,64		
	6	54,05	54,37	54,50	54,55	54,51	54,57				6	52,60	52,92	53,05	53,10	53,06	53,12		
	7	54,87	54,48	54,71	54,38	54,17	54,30				7	53,42	53,03	53,26	52,93	52,72	52,85		
	8	54,01	54,95	54,97	54,73	54,44	54,53				8	52,56	53,50	53,52	53,28	52,99	53,08		
Затрати ел.енергії кВт	0								Затрати ел.енергії кВт		11								

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	52,60	52,12	51,98	52,03	52,85	52,58	52,85	47,79	1	1	51,55	51,07	50,93	50,98	51,80	51,53	51,80	46,74
	2	52,74	52,03	52,35	52,52	52,87	52,12				2	51,69	50,98	51,30	51,47	51,82	51,07		
	3	52,66	51,90	52,15	51,95	52,01	52,66				3	51,61	50,85	51,10	50,90	50,96	51,61		
	4	52,74	52,20	52,46	52,00	52,15	52,73				4	51,69	51,15	51,41	50,95	51,10	51,68		
	5	52,64	52,38	52,18	52,18	52,25	52,54				5	51,59	51,33	51,13	51,13	51,20	51,49		
	6	52,02	52,01	52,31	52,74	52,52	52,33				6	50,97	50,96	51,26	51,69	51,47	51,28		
	7	52,75	52,65	52,24	52,29	51,98	51,98				7	51,70	51,60	51,19	51,24	50,93	50,93		
	8	52,68	52,83	52,36	52,29	52,22	51,90				8	51,63	51,78	51,31	51,24	51,17	50,85		
2	1	51,24	51,10	51,38	51,15	51,88	51,53	51,92	52,00	2	1	51,24	51,10	51,38	51,15	51,88	51,53	51,92	52,00
	2	51,51	51,62	51,13	51,15	51,85	51,57				2	51,51	51,62	51,13	51,15	51,85	51,57		
	3	51,81	51,12	51,86	51,78	51,60	51,88				3	51,81	51,12	51,86	51,78	51,60	51,88		
	4	51,73	51,53	51,93	51,22	51,69	51,39				4	51,73	51,53	51,93	51,22	51,69	51,39		
	5	51,12	51,99	51,55	51,83	51,20	51,80				5	51,12	51,99	51,55	51,83	51,20	51,80		
	6	51,10	51,90	51,30	51,88	51,86	51,20				6	51,10	51,90	51,30	51,88	51,86	51,20		
	7	51,28	51,68	51,01	51,66	51,78	51,74				7	51,28	51,68	51,01	51,66	51,78	51,74		
	8	51,65	51,16	51,91	51,63	51,73	51,74				8	51,65	51,16	51,91	51,63	51,73	51,74		
3	1	51,12	51,40	51,95	51,12	51,70	51,59	52,00	52,04	3	1	51,12	51,40	51,95	51,12	51,70	51,59	52,00	52,04
	2	51,12	51,40	51,95	51,12	51,70	51,59				2	51,12	51,40	51,95	51,12	51,70	51,59		
	3	51,72	51,78	51,87	51,28	52,09	51,76				3	51,72	51,78	51,87	51,28	52,09	51,76		
	4	51,26	52,04	51,39	51,15	51,24	51,96				4	51,26	52,04	51,39	51,15	51,24	51,96		
	5	51,55	51,73	51,15	51,56	51,12	51,19				5	51,55	51,73	51,15	51,56	51,12	51,19		
	6	51,15	51,47	51,60	51,65	51,61	51,67				6	51,15	51,47	51,60	51,65	51,61	51,67		
	7	51,97	51,58	51,81	51,48	51,27	51,40				7	51,97	51,58	51,81	51,48	51,27	51,40		
	8	51,11	52,05	52,07	51,83	51,54	51,63				8	51,11	52,05	52,07	51,83	51,54	51,63		
Затрати ел.енергії кВт	22								Затрати ел.енергії кВт	33									

№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	50,50	50,02	49,88	49,93	50,75	50,48	50,75	45,69	1	1	49,45	48,97	48,83	48,88	49,70	49,43	49,70	44,64
	2	50,64	49,93	50,25	50,42	50,77	50,02				2	49,59	48,88	49,20	49,37	49,72	48,97		
	3	50,56	49,80	50,05	49,85	49,91	50,56				3	49,51	48,75	49,00	48,80	48,86	49,51		
	4	50,64	50,10	50,36	49,90	50,05	50,63				4	49,59	49,05	49,31	48,85	49,00	49,58		
	5	50,54	50,28	50,08	50,08	50,15	50,44				5	49,49	49,23	49,03	49,03	49,10	49,39		
	6	49,92	49,91	50,21	50,64	50,42	50,23				6	48,87	48,86	49,16	49,59	49,37	49,18		
	7	50,65	50,55	50,14	50,19	49,88	49,88				7	49,60	49,50	49,09	49,14	48,83	48,83		
	8	50,58	50,73	50,26	50,19	50,12	49,80				8	49,53	49,68	49,21	49,14	49,07	48,75		
2	1	49,74	49,60	49,88	49,65	50,38	50,03	50,42	50,50	2	1	48,24	48,10	48,38	48,15	48,88	48,53	48,92	49,00
	2	50,01	50,12	49,63	49,65	50,35	50,07				2	48,51	48,62	48,13	48,15	48,85	48,57		
	3	50,31	49,62	50,36	50,28	50,10	50,38				3	48,81	48,12	48,86	48,78	48,60	48,88		
	4	50,23	50,03	50,43	49,72	50,19	49,89				4	48,73	48,53	48,93	48,22	48,69	48,39		
	5	49,62	50,49	50,05	50,33	49,70	50,30				5	48,12	48,99	48,55	48,83	48,20	48,80		
	6	49,60	50,40	49,80	50,38	50,36	49,70				6	48,10	48,90	48,30	48,88	48,86	48,20		
	7	49,78	50,18	49,51	50,16	50,28	50,24				7	48,28	48,68	48,01	48,66	48,78	48,74		
	8	50,15	49,66	50,41	50,13	50,23	50,24				8	48,65	48,16	48,91	48,63	48,73	48,74		
3	1	49,67	49,95	50,50	49,67	50,25	50,14	50,55	50,59	3	1	48,17	48,45	49,00	48,17	48,75	48,64	49,05	49,09
	2	49,67	49,95	50,50	49,67	50,25	50,14				2	48,17	48,45	49,00	48,17	48,75	48,64		
	3	50,27	50,33	50,42	49,83	50,64	50,31				3	48,77	48,83	48,92	48,33	49,14	48,81		
	4	49,81	50,59	49,94	49,70	49,79	50,51				4	48,31	49,09	48,44	48,20	48,29	49,01		
	5	50,10	50,28	49,70	50,11	49,67	49,74				5	48,60	48,78	48,20	48,61	48,17	48,24		
	6	49,70	50,02	50,15	50,20	50,16	50,22				6	48,20	48,52	48,65	48,70	48,66	48,72		
	7	50,52	50,13	50,36	50,03	49,82	49,95				7	49,02	48,63	48,86	48,53	48,32	48,45		
	8	49,66	50,60	50,62	50,38	50,09	50,18				8	48,16	49,10	49,12	48,88	48,59	48,68		
Затрати ел.енергії кВт		44								Заграги енергії кВт		55							



№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки								№ контейнера	№ пласту	№ дослідної точки							
		1	2	3	4	5	6	верх	низ			1	2	3	4	5	6	верх	низ
1	1	48,40	47,92	47,78	47,83	48,65	48,38	48,65	43,59	1	1	47,35	46,87	46,73	46,78	47,60	47,33	47,60	42,54
	2	48,54	47,83	48,15	48,32	48,67	47,92				2	47,49	46,78	47,10	47,27	47,62	46,87		
	3	48,46	47,70	47,95	47,75	47,81	48,46				3	47,41	46,65	46,90	46,70	46,76	47,41		
	4	48,54	48,00	48,26	47,80	47,95	48,53				4	47,49	46,95	47,21	46,75	46,90	47,48		
	5	48,44	48,18	47,98	47,98	48,05	48,34				5	47,39	47,13	46,93	46,93	47,00	47,29		
	6	47,82	47,81	48,11	48,54	48,32	48,13				6	46,77	46,76	47,06	47,49	47,27	47,08		
	7	48,55	48,45	48,04	48,09	47,78	47,78				7	47,50	47,40	46,99	47,04	46,73	46,73		
	8	48,48	48,63	48,16	48,09	48,02	47,70				8	47,43	47,58	47,11	47,04	46,97	46,65		
2	1	46,74	46,60	46,88	46,65	47,38	47,03	47,42	47,50	2	1	45,24	45,10	45,38	45,15	45,88	45,53	45,92	46,00
	2	47,01	47,12	46,63	46,65	47,35	47,07				2	45,51	45,62	45,13	45,15	45,85	45,57		
	3	47,31	36,62	47,36	47,28	47,10	47,38				3	45,81	45,12	45,86	45,78	45,60	45,88		
	4	47,23	47,03	47,43	46,72	47,19	46,89				4	45,73	45,53	45,93	45,22	45,69	45,39		
	5	46,62	47,49	47,05	47,33	46,70	47,30				5	45,12	45,99	45,55	45,83	45,20	45,80		
	6	46,60	47,40	46,80	47,38	47,36	46,70				6	45,10	45,90	45,30	45,88	45,86	45,20		
	7	46,78	47,18	46,51	47,16	47,28	47,24				7	45,28	45,68	45,01	45,66	45,78	45,74		
	8	47,15	46,66	47,41	47,13	47,23	47,24				8	45,65	45,16	45,91	45,63	45,73	45,74		
3	1	46,72	47,00	47,55	46,72	47,30	47,19	47,60	47,64	3	1	45,27	45,55	46,10	45,27	45,85	45,74	46,15	46,19
	2	46,72	47,00	47,55	46,72	47,30	47,19				2	45,27	45,55	46,10	45,27	45,85	45,74		
	3	47,32	47,38	47,47	46,88	47,69	47,36				3	45,87	45,93	46,02	45,43	46,24	45,91		
	4	46,86	47,64	46,99	46,75	46,84	47,56				4	45,41	46,19	45,54	45,30	45,39	46,11		
	5	47,15	47,33	46,75	47,16	46,72	46,79				5	45,70	45,88	45,30	45,71	45,27	45,34		
	6	46,75	47,07	47,20	47,25	47,21	47,27				6	45,30	45,62	45,75	45,80	45,76	45,82		
	7	47,57	47,18	47,41	47,08	46,87	47,00				7	46,12	45,73	45,96	45,63	45,42	45,55		
	8	46,71	47,65	47,67	47,43	47,14	47,23				8	45,26	46,20	46,22	45,98	45,69	45,78		
Затрати ел.енергії кВт		66								Затрати ел.енергії кВт		77							

