

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології заготівлі сіна  
з обґрунтуванням системи активного  
вентилювання**

**Виконав:** студент факультету за спеціальністю  
208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Гетман Олександр Вікторович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Сокол Сергій Петрович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро, 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри тракторів і  
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

**ДОЦЕНТ**

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_

керівник роботи \_\_\_\_\_

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

5. Перелік демонстраційного матеріалу \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

**Студент**

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Гетман О.В. Удосконалення технології заготівлі сіна з обґрунтуванням системи активного вентилявання/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 76 с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій вирощування люцерни і розроблено технологію вирощування і збирання цієї цінної кормової культури для умов і на замовлення селянського фермерського господарства «Нове» Царичанського району Дніпропетровської області. Складена технологічна карта на вирощування і визначено потреби в машинах для її реалізації. Проведено аналіз науково-технічної і патентної літератури і вибрано напрямок удосконалення системи активного вентилявання з використанням геліоустановки для підігрівання повітря.

Проведені розрахунки і розроблена конструкція обладнання для активного вентилявання з використанням геліопідігрівача повітря.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні і збиранні люцерни і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування удосконалень на практиці становить 24575,62 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року використання.

Ключові слова: люцерна, технологія, колектор, геліоустановка, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА. ....	9
2 АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКУ УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕЛІОСУШАРКИ. ....	19
3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА. ....	28
3.1 Основні проблеми сушіння сіна. ....	28
3.2 Обґрунтування конструкції розробки. ....	34
3.3 Розрахунок елементів конструкції. ....	35
3.4 Розрахунок оптимального кута нахилу поверхні колектора сонячних установок і його орієнтування щодо сторін світла. ....	37
4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ І ЗАГОТІВЛІ СІНА. ....	49
4.1 Складання технологічної карти вирощування люцерни. ....	49
4.2 Визначення потреби в машинах. ....	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	54
5.1 Охорона праці на машинно-тракторному парку. ....	54
5.2 Охорона праці при заготівлі сіна. ....	57
5.3 Розрахунок засобів індивідуального захисту. ....	61
5.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці. ....	62
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ. ....	64
6.1 Розрахунок вартості встановлення будівлі. ....	64
6.2 Розрахунок економічних показників. ....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	69
Д О Д А Т К И. ....	72

## ВСТУП

Системний аналіз переконує, що найкоротшим і найефективнішим шляхом подолання збитковості тваринництва є інтенсивне збільшення обсягів та якості заготівлі кормів. Оскільки у структурі собівартості тваринницької продукції корми становлять 50-70%, то кожні 2% зменшення вартості кормів зменшують приблизно на 1,0-1,4% ціну м'яса та молока. Підрахунки свідчать, що в Україні частка матеріальних затрат під час формування ціни механізовано виготовлених кормів сягає 90-95% [1].

Одним із основних видів кормів в зимових раціонах сільськогосподарських тварин є сіно – грубий корм, який отриманий в результаті обезводнення трав повітряно-сонячним сушінням до вологості 17 – 18 % [2]. Потреба у ньому тваринництва щорічно зростає. Один із основних способів збільшення виробництва і підвищення якості сіна – приготування його методом активного вентилявання із пров'яленої до вологості 34 - 45% маси.

Однією із основних умов інтенсифікації польового і лукопасовищного кормо виробництва, підвищення родючості й поліпшення структури ґрунтів, вирішення проблеми дефіциту кормового протеїну є зростання врожайності багаторічних бобових трав та їх сумішок із злаковими, розширення укісних площ найбільш цінних за поживністю їх видів у кормових, ґрунтозахисних і польових сівозмінах, створення високопродуктивних культурних сіножатей та пасовищ, підвищення продуктивності природних кормових угідь.

Для забезпечення виконання необхідних робіт по вирощуванні конюшини на сіно, необхідно дотримуватись сучасних операційних технологій.

Суть сучасних операційних технологій полягає у інтеграції біологічних і хімічних факторів виробництва кормів, підвищенні частки їх у загальному врожаї культур.

Критерієм оцінки операційних технологій є енерго- та ресурсозбереження, економічна ефективність і екологічність. При цьому пріоритет належить насамперед аспекту якості, тобто вирощуванню високобілкових культур і сортів, а також їх сумішок, які можуть краще окупити затрати; оптимальній структурі посівів кормових культур у сівозмінах; кормовим сівозмінам; використанню більш продуктивної техніки; освоєнню науково - обґрунтованої системи удобрення, яка забезпечувала б високу віддачу поживних речовин на основі достовірної інформації про запаси поживних елементів у ґрунті та умови живлення рослин, на роздрібненому внесенні азотних добрив, хімічній меліорації ґрунтів, застосуванні поливу, регуляторів росту, інтегрованого захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів.

Високу ефективність операційних технологій повинно забезпечувати застосування систем високопродуктивних машин і знарядь, суворе дотримання технологічних вимог проведення механізованих операцій.

Своєчасне і якісне виконання технологічних операцій при використанні біологічних факторів інтенсифікації дає змогу обмежити застосування хімічних засобів захисту рослин і таким чином зменшити забруднення ними навколишнього середовища і природи.

Економічність процесу сушіння активним вентиляванням обумовлюється використанням для випаровування вологи теплоти, яка міститься у атмосферному повітрі. Отже, необхідно прагнути до максимального використання цієї практично безкоштовної теплоти і тільки у виключних випадках, коли погодні умови не дозволяють заготовлювати високоякісний корм, сушити пров'ялену траву штучно підігрітим повітрям.

Враховуючи, що в країні в останній час стали приділяти багато уваги використанню вторинних ресурсів, для підігрівання повітря при досушуванні сіна почали використовувати сонячну енергію. Зокрема у геліопідігрівачах повітря і акумуляторах тепла. При такій технології збільшується інтенсивність висушування пров'яленої трави, значно економиться витрата електроенергії,

за рахунок м'якості процесу забезпечується висока якість висушеного продукту.

Метою даної дипломної роботи є удосконалення технології заготівлі сіна з розробкою обладнання для активного вентилявання, що дозволить підвищити якість заготівлі кормів.



## 1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

Провідне місце у вирішенні проблеми виробництва дешевого та високоякісного рослинного білка посідає люцерна посівна, з якою за виходом протеїну та інших поживних речовин з одиниці площі не можуть конкурувати ні одна кормова культура.

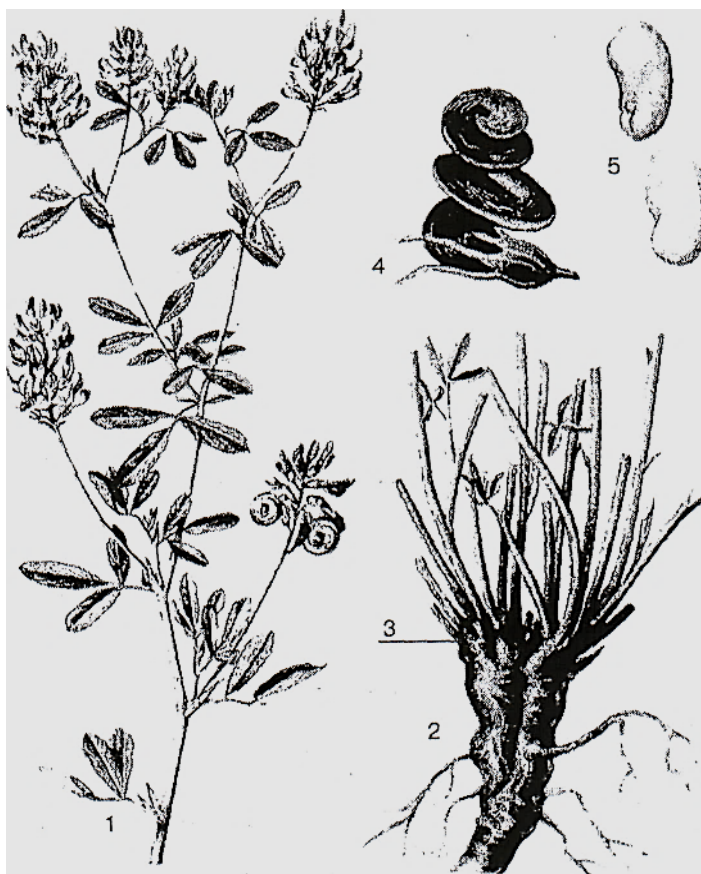


Рисунок 1.1- Люцерна посівна: 1 – гілка у фазу цвітіння;  
2 – коріння; 3 – коронка; 4 – біб; 5 - насіння

Люцерна та її сумішки з іншими видами кормових рослин є найбільш поширена з багаторічних трав. Вона вважається культурою степу, де частка її посівів становить до 75-80 % серед багаторічних трав, для зони Лісостепу - відповідно 45-50 %, на Поліссі - до 25 %.

В кормових сівозмінах господарств люцерна займає і повинна займати основне місце. Вимоги люцерни до попередника зводяться до необхідності

більш якісного обробітку ґрунту після нього і відсутності післядії використаних в попередні роки гербіцидів. Найкраще цю культуру сіяти після озимих зернових (пшениця, ячмінь) або інших культур, які звільняють площу рано і дають можливість для значно якіснішого обробітку і підготовки ґрунту, як під весняний, так і під літньо-осінній посів. Люцерну з успіхом можна сіяти і після кукурудзи на зерно (ранні гібриди) або на силос, а також після інших культур, які рано звільняють площу і не дуже висушують ґрунт.

Люцерну вирощують в польових, кормових, ґрунтозахисних та інших сівозмінах, на запільних ділянках. У польових сівозмінах її використовують переважно півтора - два роки, в інших сівозмінах та на запільних ділянках – два-чотири роки.

Для формування врожаю сіна 100 ц/га винос фосфору з ґрунту люцерною становить 65 кг/га, калію - 150 кг/га, азоту - 260 кг/га, кальцію – 262 кг/га. При дворічному використанні з травостоєм виноситься азоту 450-500 кг, фосфору 100-120 кг, калію 250-300 кг, кальцію - до 500 кг/га. Хоча люцерна сама істотно накопичує азот в ґрунті за рахунок симбіозу з бульбочковими бактеріями та мікроорганізмами, вона позитивно реагує на внесення мінеральних добрив.

Для нормального розвитку і росту люцерни посівної необхідно щоб ґрунт мав рН в межах 6,0-7,2. На ґрунтах з підвищеною кислотністю у рослин порушується проростання насіння, погіршується режим живлення не вистачає легкозасвоюваних речовин, пригнічується робота бульбочкових бактерій. Тому кислі ґрунти необхідно вапнувати.

Значний вплив на формування врожаю насіння бобових, в тому числі і люцерни посівної, мають фосфорні та калійні добрива, які вносять відповідно із врахуванням покривної культури та наявної кількості в ґрунті у вигляді доступних для рослин форм. Якщо в основне удобрення фосфорно-калійні туки не вносили, то їх слід внести в підживлення восени чи рано весною з розрахунку по 45-50 кг/га діючої речовини.

При інтенсивній технології вирощування, найбільш доцільний спосіб

внесення мінеральних добрив – локальний, при глибині загортання 10-20 см, завдяки чому зменшуються втрати мінерального азоту на 30-40 %, фосфору на 35-40 %, відповідно зростає урожайність зеленої маси та окупність добрив.

Встановлено, що високі дози мінеральних азотних добрив, істотно послаблюють біологічну фіксацію азоту з атмосфери, внаслідок чого економічна ефективність добрив стає нерентабельною. Сумішки люцерни посівної із злаковими травми (грятницею збірною, вівсяницею очеретяною, стоколосом безостим, тимофіївкою лучною та іншими), залежно від частки кожного компонента та родючості ґрунтів, потребують середніх ( $N_{45-60}$ ) та високих ( $N_{90-150}$ ) доз азотних добрив.

Для поверхневого внесення мінеральних добрив і хімічних меліорантів використовуються машини типу РУМ-5-03, РУМ-8, РУМ-16, МВУ-8Б, МВУ-16, МВУ-05,А, РТТ-4,2 А та автомобільні розкидачі типу МХА-7. Поверхнєве підживлення проводять за допомогою культиваторів – рослинопідживлювачів КРН-4,2, КРН-5,6 та інших аналогічного призначення. Подрібнюють та просіюють добрива безпосередньо перед їх внесенням в ґрунт або перед змішуванням на подрібнювачі ИСУ-4 або за допомогою агрегату АИР-20. Добрива змішують автотранспортом сівалок СЗУ-20 та установкою УТС-30.

Для транспортування і внесення пиловидних добрив застосовують машини РУП-10, РУП-14, МТП-10, МТП-13. Для навантаження і вивантаження добрив використовують навантажувачі ПГ-0,2, екскаватор ПЕ-0,8Б, фронтальний навантажувач ПФ-0,7Б.

Мікроелементи, бор, марганець, молібден, цинк, кобальт, залізо, магній, відіграють важливу роль в відростанні та розвитку люцерни. Завдяки перерахованим елементам балансують мінеральне живлення рослин, підвищують їх продуктивність та якість урожаю, стійкість проти хвороб, морозо- та посухостійкість.

Завдяки основному обробітку ґрунту покращуються його фізико-хімічні і біологічні властивості, знищується велика частина бур'янів і створюються сприятливі умови для посіву і появи сходів. Люцерна відрізняється підвищеними вимогами до якості обробітку ґрунту в результаті наступних її особливостей:

- основний обробіток ґрунту під люцерну проводять однократно за період від 4 до 5 років. Тому необхідно, щоб вони були якісними, оскільки огріхи не можна ліквідувати і вони негативно впливають на якість поливу і збирання, на стеблостій і довговічність посіву люцерни;

- коренева система люцерни проникає на глибину від 3 до 5 м, а активна коренева маса розташовується в ґрунтовому шарі до 40-50 см;

- насіння люцерни дрібне, тому необхідно тверде насіннєве ложе для отримання дружніх сходів. Культура чутлива до забур'яненості, особливо в початковій фазі її розвитку.

Система обробітку ґрунту залежить від попередника і від строку посіву люцерни.

Люцерну висівають після різних попередників – ярих і озимих зернових, кукурудзи на зерно, технічних культур і ін. При вирощуванні її на корм практикують, як покривні, так і безпокривні посіви. Тому система обробітку ґрунту повинна включати прийоми, які б забезпечували створення оптимальних умов вирощування, як трав, так і покривної культури.

Ґрунт починають обробляти одразу ж після збирання попередника. При розміщенні люцерни після ярих або озимих зернових проводять лушення дисковими знаряддями на глибину 8-10 см. Поля, засмічені осотом і іншими коренепаростковими бур'янами обробляють на глибину 10-12 см лемішними лушильниками. Через 2-3 тижні, якщо необхідно, лушення повторюють.

Приблизно через місяць (в вересні, або жовтні) після пожнивного лушення проводять глибоку (на 26-30 см) зяблеву оранку.

Площі з під різних культур орють відразу ж після збирання врожаю. У боротьбі проти бур'янів доведена висока ефективність оранки ярусними плугами (ПЯ-3-35) порівняно із оранкою звичайними плугами.

Порівняно із звичайним обробітком зябу поліпшена технологія оранки (із передплужником) на глибину 27-30 см, збільшує запаси вологи в шарі 0-100 см, дозволяє знизити засміченість полів. Більші запаси вологи призводять до підвищення урожайності люцерни.

Передпосівний обробіток проводять на глибину загортання насіння люцерни боронами ВНИС-Р, або культиваторами УСМК-5,4А в агрегаті з райборонками.

Спосіб і тривалість передпосівного обробітку залежить від ґрунтово-кліматичних умов та строків сівби.

Для закриття вологи застосовують тракторні агрегати, до складу яких входять шлейфи і борони. Послідовність розміщення знарядь в агрегаті залежить від стану ґрунту: на більш структурному і неуцільненому з виразними гребенями в першому ряду чіпляють шлейфи, в другому — борони. Так само розміщують знаряддя і на легких ґрунтах, використовуючи при цьому середні борони. Ґрунти, які запливають, і ущільнені, де гребені невиразні, спочатку обробляють важкими боронами, а потім шлейфами в агрегаті з райборінками.

Найбільш придатне знаряддя для передпосівного обробітку – культиватор, обладнаний підрізувальними лапами, який рівномірно і неглибоко розпушує ґрунт, знищує сходи й розетки бур'янів, при цьому ґрунт майже не перевертається і менше висушується.

Перед сівбою в багатьох господарствах поля обробляють боронами Радченка або комбінованими агрегатами РВК-3,6, “Славутич-8,8”, у разі їх відсутності — культиваторами, обладнаними плоскорізальними лапами на глибину 4 см з одночасним боронуванням. При цьому добре зарекомендував себе культиватор УСМК-5,4, який широко застосовують у господарствах для передпосівного обробітку під багаторічні трави.

Під післяукісні й післяжнивні посіви люцерни, слідом за збиранням першої культури, поле обробляють дисковими лушпильниками на глибину 5-6 см, а в посушливих умовах — дисковими боронами, після чого розпушують ґрунт на 8-10 см з наступним обробітком БИГ-3 на 5-6 см та кільчасто-шпоровими котками.

В умовах достатнього зволоження орють на глибину 14-16 см з одночасним коткуванням і боронуванням. На ущільнених ґрунтах після дискових знарядь їх розпушують плоскорізами залежно від стану ґрунту на глибину 18-25 см. Доцільно використовувати комбінований агрегат. Прикочування посівів є обов'язковим заходом.

Для сівби використовують насіння люцерни, яке відповідає вимогам I і II класів і мають лабораторну схожість не нижче 70-80%. При наявності в посівному матеріалі понад 15% твердого насіння його не раніше як за 5-10 днів до сівби перепускають через скарифікатори, конюшинотерки або обробляють при температурі 40-41<sup>0</sup> С протягом п'яти діб. Для знищення збудників хвороб протруюють сухим способом препаратами, вибір яких залежить від видового складу шкідливих мікроорганізмів. Перед сівбою обробляють борними і молібденовими добривами. Для цього використовують висушені й добре подрібнені солі бури — 60-80 г, борної кислоти — 40-50 г, молібдату амонію натрію — 300-400 або молібденовокислого амонію — 400 г/ц насіння. Доцільно поєднувати протруювання й обробку насіння мікроелементами.

З літературних джерел відомо, що агроєкологічні умови відіграють вирішальну роль для росту і розвитку люцерни в перший рік життя. В найбільшій мірі ріст і розвиток люцерни залежить від режиму освітлення, температурного фактору, вологозабезпеченості та взаємного поєднання їх. Всі ці фактори в великій мірі впливають на вибір того чи іншого способу і строку посіву, норми висіву тощо.

При вирощуванні люцерни на корм застосовують звичайний рядковий спосіб посіву під покрив, в чистому вигляді або в травосумішах.

Однією з основних мотивацій підпокровних посівів люцерни є її біологічна особливість формувати максимальний урожай на другий і третій роки життя. В перший рік життя люцерна за збором кормових одиниць поступається однорічним покровним культурам. Тому за рекомендаціями багатьох дослідників люцерну, як правило, висівають з іншими однорічними культурами з метою одержати в рік посіву більший збір поживних речовин.

Головним недоліком покровних посівів є те, що культури, під які підсівають люцерну, пригнічують її ріст і розвиток, погіршують світловий, водний і поживний режими. Рівень їх негативного впливу в великій мірі залежить від біологічних особливостей формування вегетативної маси і кореневої системи. Комплексом агротехнічних заходів і, перш за все, правильним застосуванням добрив, зрошенням можна створити задовільні умови для забезпечення вологою і елементами живлення люцерни під покривом. Стосовно світлового режиму і тривалості перебування її під покривом, вони залежать від правильного вибору покровної культури.

Із ярих покровних культур кращими вважаються такі, які раніше звільняють поле, не вилягають, утворюють меншу надземну масу і розвиваються повільніше. На практиці частіше за все використовують віко- і горохо-вівсяні сумішки. Проте в умовах підвищеної вологості вика і горох рано вилягають, затіняють і сильніше пригнічують люцерну. В таких випадках посіви слід скошувати одразу, як тільки покровна культура почне вилягати.

Особливої уваги заслуговують безпокровні весняні і літні посіви люцерни. Їх слід розміщувати лише на добре очищених від бур'янів полях, інакше швидкорослі бур'яни заглушають молоді сходи люцерни, які спочатку ростуть дуже повільно і тому пригнічуються ними навіть сильніше, ніж покровними зерновими.

Люцерну на корм можна сіяти рядковим способом з різними міжряддями або врозкид. В Україні люцерну сіють, в основному, сівалками з міжряддями

15 см, при збільшенні ширини міжрядь спостерігається тенденція до зниження урожаїв сіна.

Оптимальна густота травостою люцерни становить (в перший рік використання) в Степу – 160-180, Лісостепу – 190-220, на Поліссі – 200-230 рослин на 1 м<sup>2</sup>. Виходячи з показників польової схожості та зрідженні в підпокровний період, щоб одержати 200-250 рослин на 1 м<sup>2</sup> у Лісостепу і в Степу, під ячмінь треба висівати 14-16, під кукурудзу та просо – 15-16 кг/га кондиційного насіння. Збільшення норми висіву понад 18 кг/га, як правило, не підвищує врожайність зеленої маси й призводить до перевитрати посівного матеріалу.

Як і у інших культур, у люцерни строк посіву обумовлений біологічними особливостями і головним чином її вимогами до тепла і вологи. Люцерна дає сходи при температурі 1-2<sup>0</sup> С. Чим тепліший період сівби, тим швидше сходять і розвивається люцерна. Наприклад, при підвищенні середньодобової температури повітря з 5 до 19-20<sup>0</sup> С тривалість появи сходів скорочується з 19 до 5 днів. Підвищення температури на 1<sup>0</sup> призводить до скорочення періоду появи сходів приблизно на добу. Для повної появи сходів люцерни необхідна сума ефективних температур 102<sup>0</sup> С.

Найкраще сіяти люцерну влітку (червень, липень). Переваги літнього посіву значні: попередник (ячмінь, пшениця, викові або горохові сумішки і ін.) дає нормальний урожай; розвиток люцерни проходить в оптимальних умовах – довгий день і високі температури; на наступний, фактично перший рік використання вона знаходиться в доброму стані і використовується як люцерна другого року життя; як правило, літні посіви бувають більш чистими від бур'янів, ніж весняні.

Підсів під озимі зернові або ранні ярі зернові культури, проводять у перші 3-5 днів від початку польових робіт; під просо і кукурудзу тоді, коли на глибині загортання насіння температура ґрунту становить 10-12<sup>0</sup>С. Сівба у такі строки дає можливість провести другий передпосівний обробіток ґрунту і знищити сходи бур'янів.



При виборі строків і способів посіву люцерни, перш за все ставиться завдання – забезпечити максимальний збір поживних речовин.

Дуже добрі результати отримують при сівбі люцерни під покрив викої суміші. Найбільш негативний вплив на урожайність підпокровної люцерни має овес та зерно. На другий рік і в цілому за два роки використання найбільший збір поживних речовин з 1 га забезпечив безпокровний посів люцерни. Тому, якщо є сприятливі умови для розвитку люцерни і ще в перший рік можна отримати більше 150 ц зеленої маси з гектара, надавати перевагу безпокровному посіву. При відносно несприятливих умовах, коли в рік посіву одержують низькі урожаї, люцерну краще сіяти під покрив.

Для нормального розвитку і перезимівлі люцерни важливо своєчасно і в стислі строки зібрати покривну культуру, вивезти з поля всі рослинні рештки. Якщо під основний обробіток ґрунту не вносили мінеральні добрива, травостій підживлюють фосфорними та калійними добривами.

На достатньо зволжених ґрунтах після збирання покривної культури травостої люцерни посівної добре відростають і в рік сівби, а в зоні Лісостепу навіть дають один укіс. Восени за 40-45 днів до кінця вегетації її скошують, щоб молоді рослини нагромадили достатню кількість поживних речовин і утворили максимальну кількість бруньок у зоні кушення. Висота останнього скошування має становити не менше 10 см. Для нагромадження снігу через кожні 10-15 м залишають нескошений травостій смугами шириною 0,5-1,2 м.

Для підвищення водопроникнення ґрунту, зменшення шкідливої дії водної ерозії в жовтні перед припиненням вегетації, посіви обробляють щілинорізами ЩП-3-70, ЩН-5-40 або переобладнаними плоскорізами КПП-2,2 чи КПП-250А. Чисті посіви люцерни та сумішки з іншими травами першого і наступних років використання, рано весною боронують в один-два сліди голчастими або важкими боронами. На початку відростання травостою проводять весняну інвентаризацію посівів за методикою осінньої.

Якщо травостій зріджений і не забезпечує нормального стеблостою, його пересівають або підсівають інші культури. У разі переущільнення ґрунту трави третього і наступних років вегетації обробляють впоперек рядків дисковими луцильниками в агрегатів з боронами. Диски встановлюють під невеликим кутом атаки ( $15^{\circ}$ ), щоб вони не підрізали коренів і якнайменше травмували зону кушення люцерни.

Ефективне також і ранньовесняна культивація, культиваторами обладнаними долотами, на глибину до 10 см з одночасним боронуванням. Долота встановлюють на віддалі 18-20 см.

Після кожного скошування пускають голчасті або важкі борони в один-два сліди, на початку осені, а вразі потреби травостій підживлюють фосфорними або калійними добривами. Для нагромадження снігу взимку під час останнього скошування залишають нескошені смуги шириною до 1,2 м через кожні 10-15 метрів. перед припиненням вегетації проводять щільовання посівів. У другій половині жовтня здійснюють інвентаризацію посівів.

Впровадження такої технології в господарстві дасть можливість підвищити урожайність люцерни.

## 2 АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКУ УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕЛІОСУШАРКИ

Для підвищення якості сіна досушування його краще проводити на місцях складування методом активного чи пасивного вентилявання. Проведений аналіз патентної літератури дозволив визначитись з перспективним напрямком способів сушки і обладнанням для їх виконання.

Так з метою підвищення якості сушки шляхом більш рівномірного розподілу повітря по площі матеріалу, який підлягає сушінню, розроблена установка для сушіння сільськогосподарських матеріалів методом активного вентилявання [7]. Установка для сушки встановлена в сховищі 1 (рис. 2.1) циліндричної форми і містить розподільник повітря 2, виконаний в вигляді частини нижньої циліндричної ємності сховища, в верхній основі якої є решітчастий настил 3, на який складається матеріал для сушки. Вентилятори 4 через гнучкі вставки 5 з'єднані з повітряним каналом 6, який має в плані клиновидну форму і який розширюється до повітряного розподільника 2. Повітряний канал 6 з'єднано з повітряним розподільником тангенціально. Решітчастий настил спирається на стовпці 7. Гнучкі вставки 5 забезпечують можливість повороту вентиляторів 4 відносно вертикальної осі вихідного патрубка.

Установка працює наступним чином. В залежності від конфігурації шару, наприклад, при більшій його висоті в центральній частині, вентилятори 4 повертають на кут  $\alpha$ . При цьому герметичність з'єднань вентиляторів з повітряними каналами 6 забезпечують гнучкі вставки 5. В роботу включають вентилятори 4, які подають повітря по повітряним каналам всередину повітряного розподільника 2. Тангенціальна подача повітряних потоків призводить до їх закрученого руху всередині повітряного

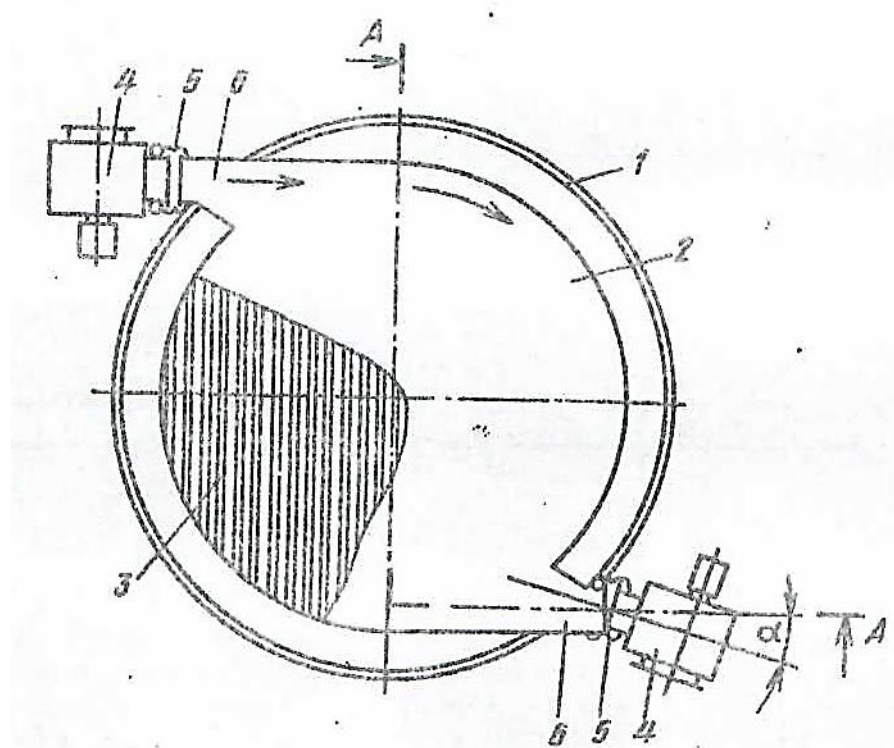


Рисунок 2.1 - План сховища з установкою для сушіння рослинних матеріалів активним вентиляванням [7]

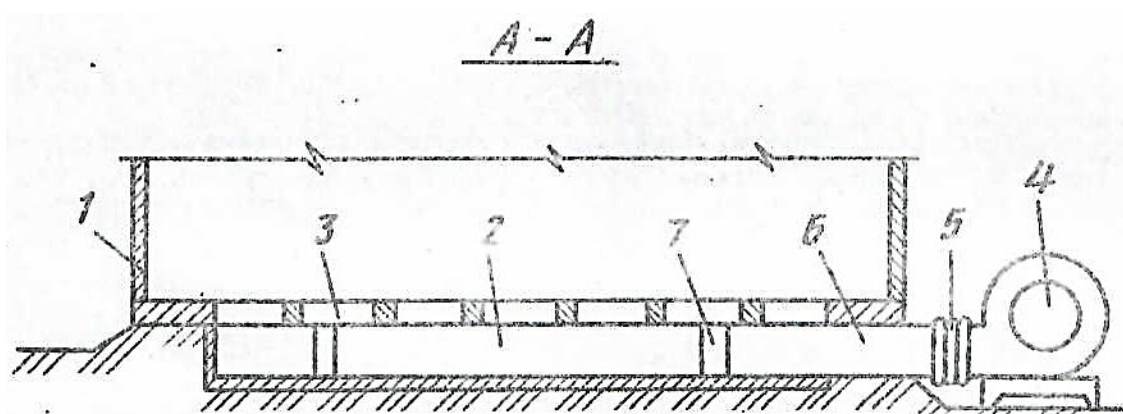


Рисунок 2.2 – Переріз А-А на рис. 2.1

розподільника 2, причому основна маса повітря частково відтісняється відцентровими силами і рухається біля периферії. Поворот вентилятора на кут  $\alpha$  викликає переміщення основної маси повітря ближче до центра повітряного розподільника 2. При рівномірному укладанні матеріалу і тангенціальному підведенні повітря (без повороту вентиляторів) витрати повітря всередині повітряного розподільника 2 збільшуються пропорційно від центру до периферії, що при збільшенні в цьому напрямку площі решітчастого настилу

3 забезпечує рівномірність повітряних потоків, які виходять з решітчастого настилу 3 в матеріал, який піддається сушінню. При нерівномірному вкладанні матеріалу, наприклад, при більшій його висоті в центральній частині, поворотом вентиляторів 4 забезпечується переміщення основної маси повітряних потоків до центру повітряного розподільника, що дозволяє пропускати крізь більш високий шар матеріалу відповідно більше повітря, в результаті чого відбувається рівномірне висушування матеріалу навіть при нерівномірному вкладанні.

Запропонована установка для сушки рослинного матеріалу активним вентиляванням знижує на 20-25 % витрати повітря і підвищує ефективність сушки матеріалу і його якість. Крім того, затрати на будівництво установки скорочуються на 10-15 %.

Відома також установка для досушування сіна в скиртах [8], розроблена з метою зменшення енергозатрат в процесі сушки. Установка містить вентилятор 1 (рис. 2.3 і 2.4), до нагнітального дифузора 2 якого приєднана надувна перфорована камера 3, яка знаходиться на полу (грунті) всередині скирти сіна, що досушується. Всередині камери 3 укладена рівна з нею по розмірах друга герметична надувна камера 4, виконана з еластичного матеріалу, наприклад гуми. Горловина герметичної камери 4 через зворотній клапан 5 приєднана до двох позиційного шибера 6. Камера 4 має вентиль 7 випуску повітря.

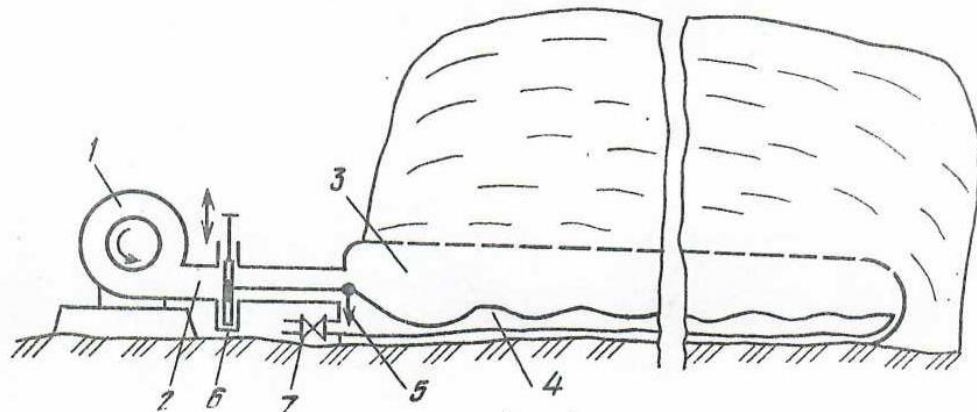


Рисунок 2.3 - Установка для досушування сіна в скиртах, загальний вид [8]

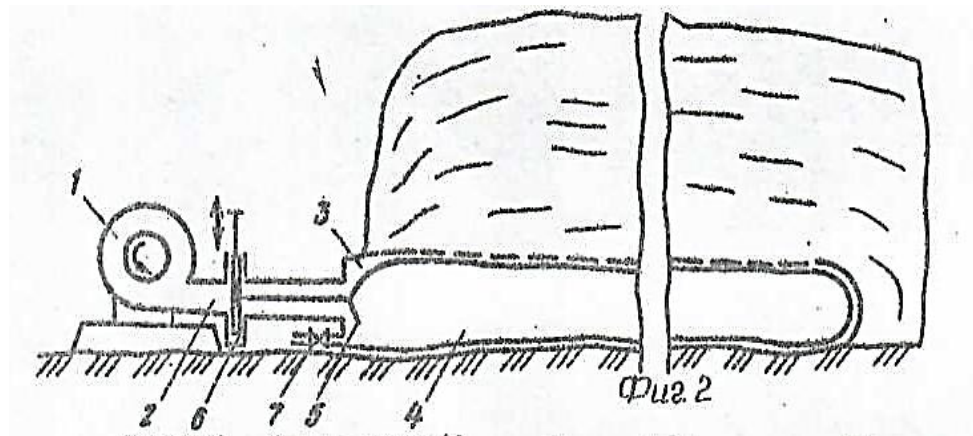
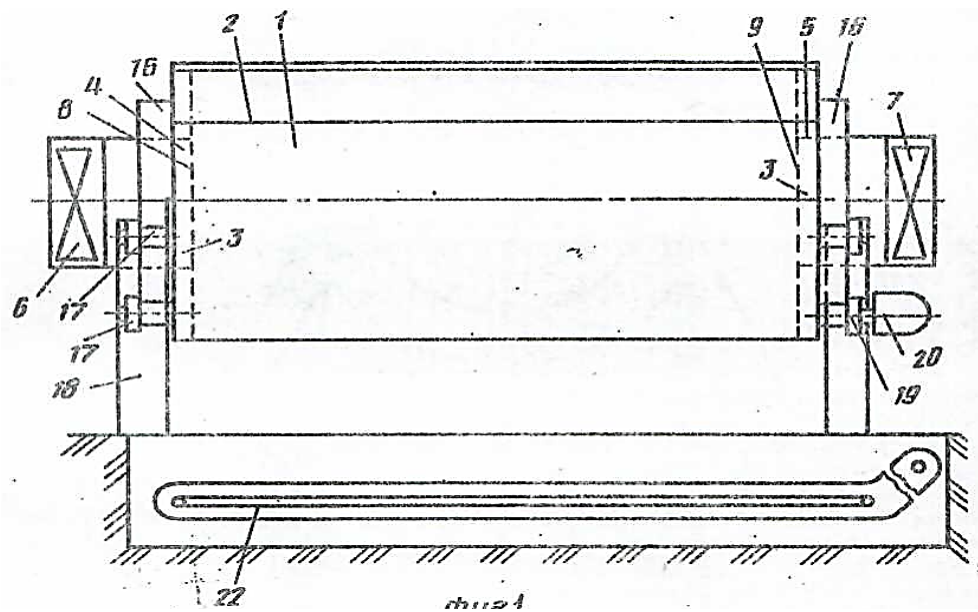


Рисунок 2.4 - Установа для досушування сіна в скиртах при роботі герметичної камери [8]

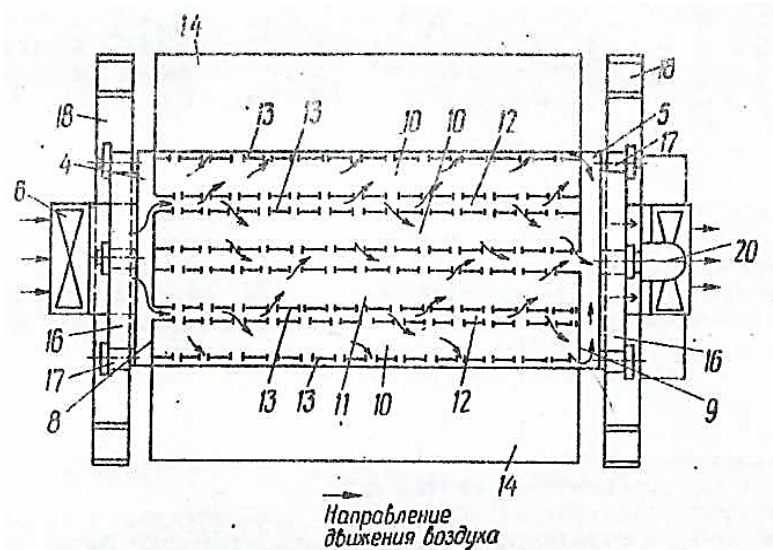
Установа працює наступним чином. Перед початком формування скирти перфорована камера 3 разом з герметичною камерою 4, яка знаходиться в ній, укладається на площадку під скирту. Горловини камер 3 і 4 приєднуються до двопозиційного шибера 6. Шибер 6 переводиться в положення, при якому відкрито доступ повітря, яке нагнітається в перфоровану камеру 3, і включається вентилятор. Надмірний тиск повітря підтримує сигароподібну форму камери 3. Потім починають вкладати сіно в скирту, при цьому із збільшенням маси сіна поперечний перетин камери 3 приймає форму деформованого кільця. Повітря, що проходить крізь перфораційні отвори, висушує масу сіна. Якщо по технологічним причинам доцільно тимчасово зупинити просушування сіна або намічається зупинка вентилятора 1, шибер 6 поступово переводиться в положення, яке відкриває доступ повітря в камеру 4 і закриває його доступ в камеру 3, при цьому клапан 7 закривають. Після повного надимання камери 4 вентилятор 1 виключається. Зворотному виходу повітря з камери 4 запобігає зворотний клапан 5. Якщо необхідно продовжити процес сушки, шибер 6 переводиться в положення, яке відкриває доступ повітря в камеру 3, включається вентилятор 1, відкривається клапан 7, внаслідок чого об'єм камери 4 зменшується, вона сплющується і відкриває доступ повітря, яке нагнітається, до перфораційних отворів.

Після закінчення досушування сіна камери 3 і 4 від'єднуються від шибера 6, легко виймаються із скирти і скручуються в компактний рулон.

Для забезпечення рівномірності і прискорення сушки розроблено пристрій [9], який містить ємність 1, наприклад в формі паралелепіпеду, що має завантажувальне вікно 2 (рис. 2.5 і 2.6). Ємність 1 має вентиляційну порожнину 3, що складається з лівої 4 і правої 5 вентиляційних камер, забезпечених вентиляторами 6 і 7, наприклад осьовими. Камери мають внутрішні стінки 8 і 9.



а)



б)

Рисунок 2.5 - Пристрій для сушки: а – вид спереду; б- вид зверху [9]

Всередині ємність розділена на секції 10 з каналами 11 і 12 всередині, створеними поздовжніми перфорованими перегородками 13, які зверху і знизу закриті, а з торців примикають до стінок 8 і 9 камер для почергового з'єднання каналів 11 з порожнинами камер 4 і 5. Канали 11 можуть бути з'єднані з камерою 5. Перегородки можуть бути з'ємні і з регульованою перфорацією. Таким чином, вентилятор 6 з'єднаний з камерою 4 каналом 12 і перегородками 13, вентилятор 7 з'єднаний з камерою 5 і каналом 11, перфорація з'єднує їх один з одним.

Обертання вентилятора реверсивне, якщо один з них нагнітає повітря в ємність, то інший відсмоктує його з неї.

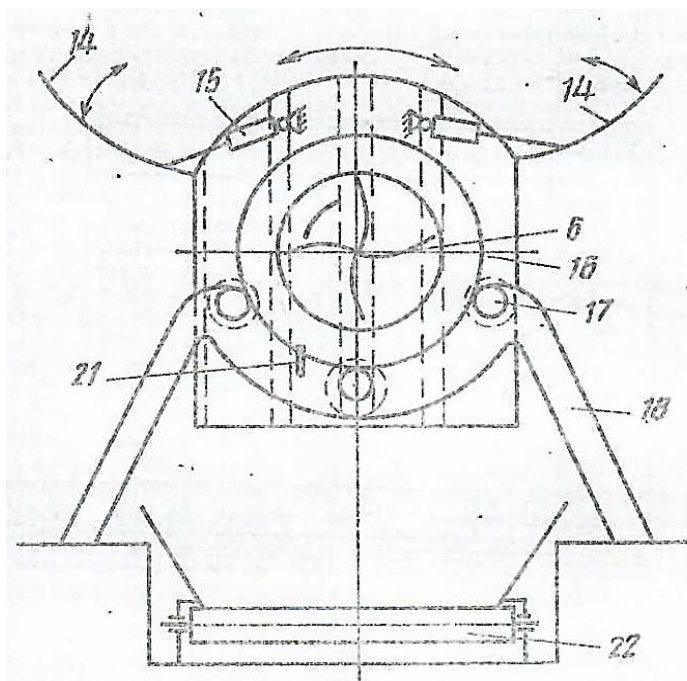


Рисунок 2.6 - Пристрій для сушки [9], вид збоку

Завантажувальне вікно 2 має кришку 14, форма якої копіює вікно, що складається з двох частин, шарнірно закріплених до поздовжніх бокових стінок ємності 1. Обидві частини кришки містять привід 15, який дозволяє закривати завантажувальне вікно 2 ємності. З зовнішнього боку ємність з обох торців має циліндричні опорні поверхні 16, які спираються на ролики 17, закріплені на М-видних станинах 18. Один з роликів 19 має реверсивний привід 20. Ємність 1 встановлена з можливістю обертання на роликах 17



навкруг поздовжньої осі і забезпечена фіксатором 21 її положень:  $0^0$ ,  $\frac{\pi}{2}$ ,  $\pi$  ( $0^0$  – відповідає положенню ємності, коли вивантажувальне вікно 2 розташоване зверху, тобто ємність 1 знаходиться під завантаженням). Під ємністю між станинами розташований вивантажувальний транспортер 22 висушеного матеріалу.

Спосіб сушки матеріалу з застосуванням вище описаного пристрою реалізується наступним чином. Трав'яна маса завантажується крізь завантажувальне вікно в ємність 1, попередньо встановлену і зафіксовану за допомогою фіксатора 21 в вертикальному положенні (завантажувальне вікно зверху). Матеріал розподіляється в секціях 10 до їх завантаження будь-яким відомим способом. Потім завантажувальне вікно закривається кришками 14 за допомогою привода 15, ємність 1 повертають на кут  $\frac{\pi}{2}$  на роликах 17 за допомогою реверсивного приводу 20 і фіксуються в цьому положенні фіксатором 21, при цьому поздовжні перегородки 13 розташовані горизонтально. Проходить перерозподіл і розпушування маси матеріалу по перфорованій поверхні перегородок 13, сили самоущільнення зменшуються із зменшенням висоти шару. Потім включають вентилятори 6 і 7, з яких вентилятор 6 нагнітає повітря через камеру 4 і канал 12 в секції 10, другий відсмоктує повітря через камеру 5 і порожнини перегородок 13 із секції через перфорацію. Відбувається сушка матеріалу.

Відомо пристрій для досушування сіна в рулонах [10], що складається з порожнинних часток обичайки 1, виконаних з ребрами жорсткості всередині, в стінках яких є отвори з різьбою для конусних штирів (рис. 2.7). Штирі – порожнинні, виточені з сталі. Платформа 2 виготовлена з листової сталі, має форму прямокутника і встановлена за допомогою чотирьох колісних пар на рельсову доріжку. По поздовжній осі платформи 2 виконано чотири отвори для центральних вертикальних конусних штирів 3, що звернені вершиною вгору.

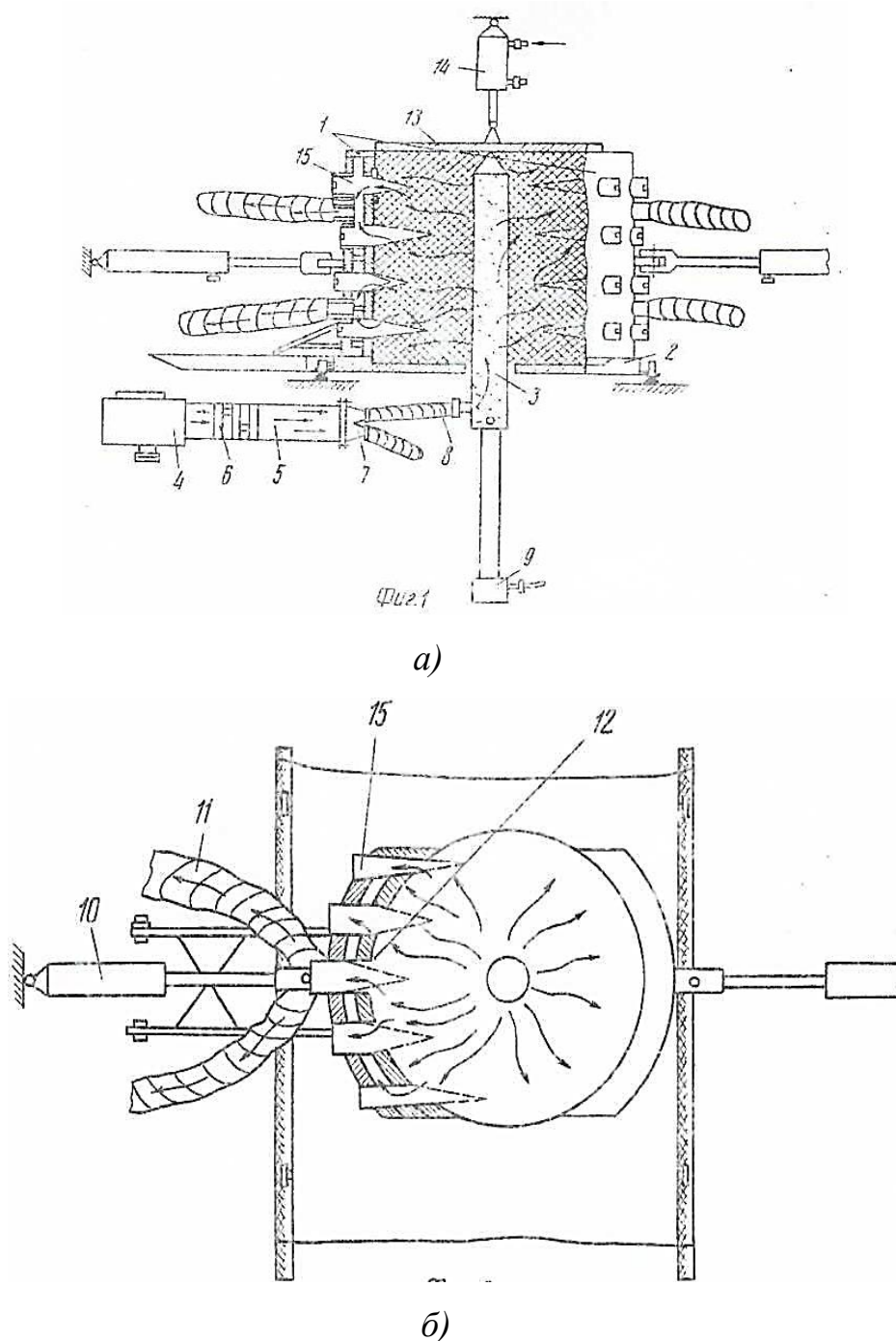


Рисунок 2.6 - Сушарка рулонів: а – вид збоку; б – вид зверху [10]

Вентилятор 4 подає повітря в роздавальний короб 5. Всередині короба 5 встановлено калорифер 6. Короб закінчується розподільником 7, який з'єднується з нижніми конусними штирями 3 за допомогою гнучких шлангів 8. З одного боку нижнього конусного штиря 3 запресовано металевий конус з розхилом  $30^{\circ}$ , а з іншого боку є посадочне місце для штоку силового гідроциліндра 9, а також отвір для підведення сушильного агента. Такими ж

посадочними місцями для гідро-циліндрів 10 обладнана обичайка 1. Силкові гідроциліндри 9 і 10 двохсторонньої дії. На кожній з частин обичайки 2 встановлено по два повітроводи 11. Обидві частини обичайки встановлено на рельсові доріжки. Ущільнювальні манжети 12 виготовляються з температуростійкої гуми з різними внутрішніми діаметрами. Упорна кришка 13 може пересуватися за допомогою гідроциліндра 14 в вертикальній площині. В систему управління гідроциліндрами 14, 9, 10 входять масляна ємність, масляний насос, гідро-розподільник. На обох частинах обичайки 1 встановлено додаткові конусні штирі 15.

Перед початком роботи проводиться настройка сушарки, яка передбачає попереднє підігрівання сушильного агента до заданої температури, визначення вологості рулонів лабораторним шляхом, встановлення рулонів на платформу 2 за допомогою фронтального навантажувача ПФ-0,5 так, щоб центральна вісь рулона співпадала з віссю отвору на платформі 2.

В залежності від вологості рулонів, їх розмірів і режиму роботи сушарки конусні штирі 15 на стояках обичайки 1 закручуються або відкручуються по різьбі, встановлюються ущільнювальні манжети 12 необхідного діаметру. Перед сушкою рулон обжимається двома частинами обичайки 1 з боків, зверху притискається упорною кришкою 13. Платформу 2 встановлюють так, щоб осі отворів в платформі 2 співпали з осями нижніх конусних штирів 3.

Введення нижніх конусних штирів 3 виконується до тих пір, поки штирі не досягнуть упорних кришок 13. Потім підігріте калорифером 6 повітря подається вентилятором 4 по повітряному коробу 5, через розподільник 7 гнучким шлангом 8 в нижні конусні штирі 3 і крізь перфоровані стінки входить в рулон. Відсмоктування вже відпрацьованого теплоносія виконується через перфоровані рухомі конусні штирі 15 обичайки 1. Вологість рулонів перед сушкою становить 30-35%. Висушені рулони знімаються з платформи тим же фронтальним навантажувачем ПФ-0,5.

## 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 3.1 Основні проблеми сушіння сіна

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 [2].

В умовах нашої країни для отримання сіна кондиційної вологості скошену траву на полі необхідно сушити протягом 4-6 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% [5, 6].

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 сушарок. 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 40-45%). Така пров'ялена трава володіє певною пластичністю і при підбиранні механізмами різних типів її втрати ще невеликі. Але трави з вологістю 40-45% 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 [5].

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 [6].

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 Поліссі України відсутність навісів і сіносховищ стримує широке впровадження у сільськогосподарське виробництво технології досушування сіна методом активного вентилявання. Проведені в НДІ СГ 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.

Досушування сіна у сіносховищах [6] здійснюється за допомогою вентиляційних агрегатів УВС-10 або УВС-16 (2, рис.3.1) методом активного вентилявання зовнішнім повітрям (рис.3.1).

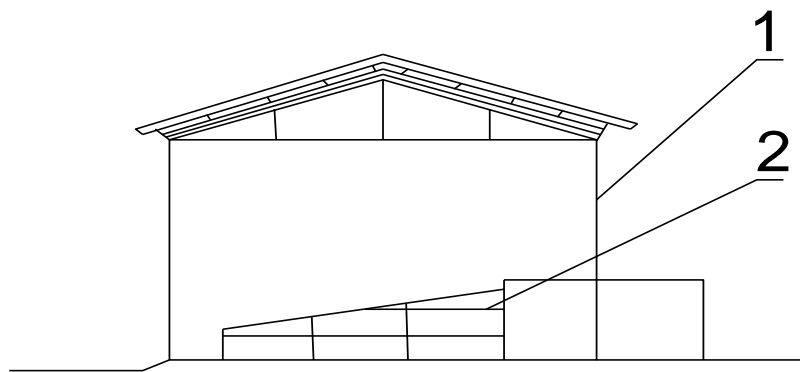


Рисунок 3.1 - Схема сіносховища для активного вентилявання сіна.

1 – сіносховище; 2 – вентиляційна установка УВС-10

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 [5].

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 [5].

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 тон [5].

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 [5].

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. 3.2 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

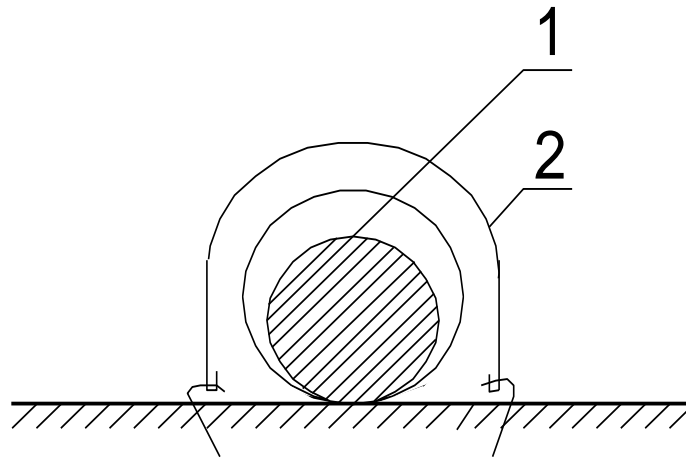


Рисунок 3.2 - Переносний сонячний колектор:

1 – енергопоглинаюча оболонка; 2 – прозора оболонка

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 [2, 5].

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 колектора, який розташовують на стіні і покрівлі сіносховища. Поперечний переріз такого колектора зображено на рис.3.3. 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.



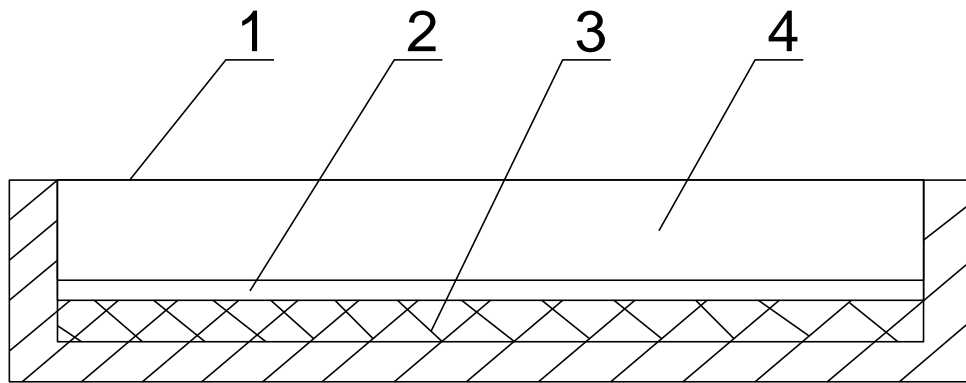


Рисунок 3.3 - Плоский сонячний колектор: 1 – прозора поверхня; 2 – енергопоглинаюча поверхня; 3 – теплоізоляція; 4 – канал для продування повітря

У якості поглинаючої сонячну енергію покрівлі можна застосовувати пофарбоване у чорний колір листове залізо, чорну поліетиленову плівку або інші аналогічні матеріали [5].

Також у якості підігрівачів повітря часто стали застосовувати акумулятори тепла різних конструкцій [5; 6].

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

Повітропроводи розставляють паралельно, через 1 метр на довжину 18-20 метрів. Від вентиляторів повітропровід 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 [5].

На досушування укладають цільне розсипне або подрібнене сіно, трав'яну різку з вологістю 30-35%, 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 [5].

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.

### 3.2 Обґрунтування конструкції розробки

Існує велика кількість пристроїв і споруд для заготівлі, сушіння і досушування сільськогосподарських кормів [7, 8, 10, 11, 12].

У даному дипломному проекті розглядалися деякі основні типи пристроїв для підігрівання повітря. Ми пропонуємо ще один варіант таких підігрівачів. У якості підігрівача ми пропонуємо використати пофарбований у чорний колір шифер під прозорою плівкою, а також гранітне каміння, 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 сіносковища 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.

### 3.3 Розрахунок елементів конструкції

Вихідні дані для розрахунку:

- призначення споруди – прискорене досушування сіна з використанням сонячної енергії і активного вентилявання;
- режим роботи – сезонний з травня по жовтень;
- район побудови – зона Степу;
- кліматичні умови – швидкісний напір повітря  $35 \text{ кгс/м}^2$ , зона вологості нормальна, снігове навантаження не враховується внаслідок сезонності використання споруди;
- основні архітектурно-будівельні рішення – пролітні конструкції, двохшарнірна рама, у вигляді циліндричної арки з вертикальними стояками, проліт рами 4 м, висота споруди у коньку 4,5 м, шаг пролітних конструкцій 2

м. Споруда складається із стаціонарної частини (машинне відділення) і трансформуємої. Довжина стаціонарної частини 6 м, довжина трансформуємої – 16 м.

Розрахуємо навантаження, які діють на конструкцію. На конструкцію діють власна вага конструкції і вітрове навантаження.

Допустимі навантаження на конструкцію зображені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Допустимі навантаження на конструкції

№ п/п	Назва навантаження	Нормативне навантаження, кг/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт переведення
1	Власна вага конструкції в тому числі плівкової загорожі	17	1,1
2	Вітрове навантаження	35	1,2

Зобразимо діючі навантаження на рисунку, проведемо розрахунки і побудуємо епюри (рис. 3.4 і 3.5).

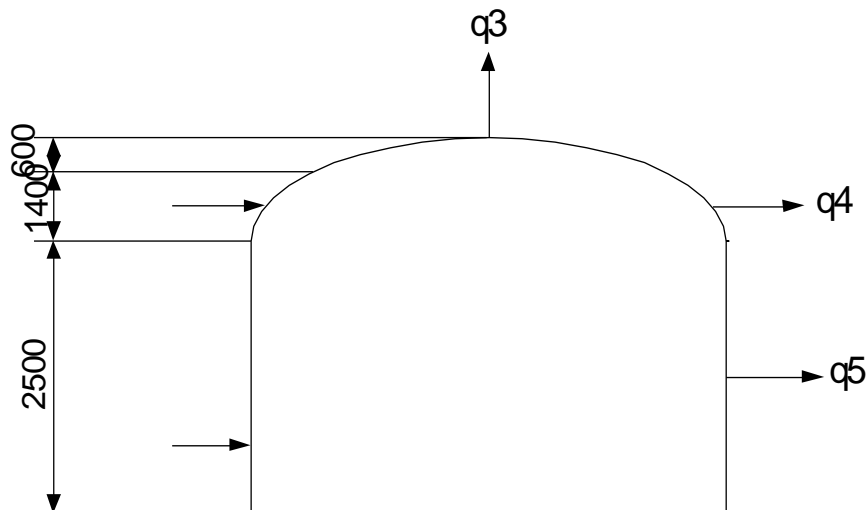


Рисунок 3.4 – Схема розмірів і діючих навантажень

$$q_1 = 2(35 \cdot 0,8 \cdot 1,2) = 67,2. \text{ Приймаємо } q_1 = 67 \text{ кгс/м.}$$

$$q_2 = 2(35 \cdot 0,7 \cdot 1,2) = 58,8. \text{ Приймаємо } q_2 = 59 \text{ кгс/м.}$$

$q_3=2(-35 \cdot 1,2 \cdot 1,2) = -100,8$ . Приймаємо  $q_3 = -101$  кгс/м.

$q_4=2(-35 \cdot 0,4 \cdot 1,2) = -33,6$ . Приймаємо  $q_4 = -34$  кгс/м.

$q_5=2(-35 \cdot 0,53 \cdot 1,2) = -45$  кгс/м.

За даними розрахунків побудуємо епюру навантажень:

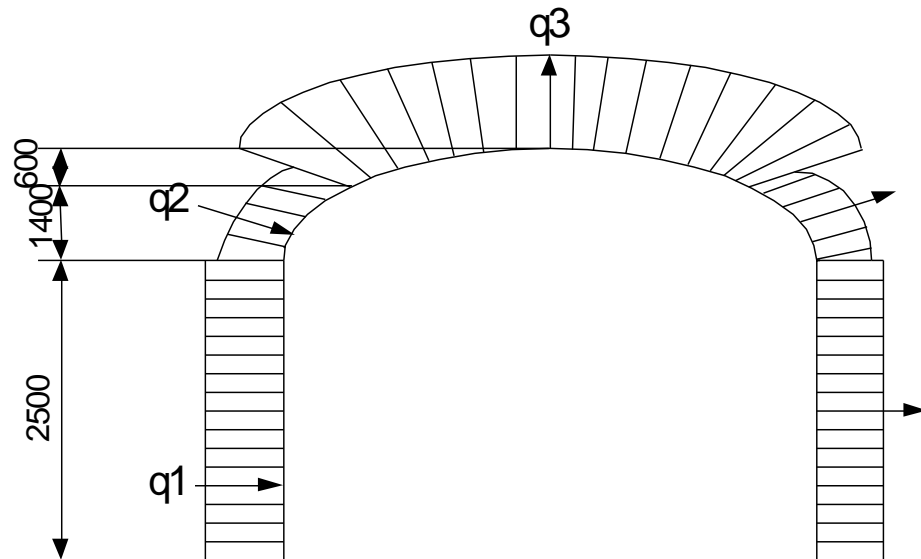


Рисунок 3.5 – Епюри навантажень

Із епюри видно, що власна вага конструкції намагається притиснути конструкцію до поверхні землі, а вітрове навантаження намагається підняти конструкцію від поверхні ґрунту. Отже нам необхідно намагатися підбирати такі конструкції, які б мали найменшу парусність і були б найбільш стійкі до дії вітрового навантаження.

### 3.4 Розрахунок оптимального кута нахилу поверхні колектора сонячних установок і його орієнтування щодо сторін світла

Для створення сонячних установок з оптимальними параметрами необхідні дані про зміну інтенсивності сонячного випромінювання на їхню поверхню в залежності від часу й орієнтації установок.

При розв'язанні цієї задачі доцільно скористатися роботами [10, 11], у

яких викладений окремий випадок розрахунку інтенсивності сонячного випромінювання на горизонтальну площину чи площину, спрямовану на південь, у залежності від часу. Однак для розрахунку оптимальних параметрів конкретної сонячної установки, складеної з декількох по-різному спрямованих площин, необхідно мати загальний випадок рішення по годинному підрахунку інтенсивності сонячного випромінювання.

Повна інтенсивність випромінювання на похилу площину є функцією трьох величин

$$I = I_t + I_i + I_d, \quad (3.1)$$

де  $I$  – повна інтенсивність випромінювання на похилу площину, Вт/м<sup>2</sup>;

$I_t$  – інтенсивність прямого випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>;

$I_i$  – інтенсивність розсіяного (дифузного) випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>;

$I_d$  – інтенсивність відбитого випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>.

Інтенсивність прямого випромінювання на похилу площину знаходимо згідно формулі (3.1):

$$I_t = I_{th} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \gamma}, \quad (3.2)$$

де  $I_{th}$  – інтенсивність прямого випромінювання на поверхні землі, Вт/м<sup>2</sup> ;

$\alpha$  – кут падіння прямого сонячного випромінювання, вимірюваний між напрямком випромінювання і нормаллю до поверхні колектора, град ;

$\gamma$  – зенітний кут, тобто кут між напрямком на сонце і вертикаллю, град (рис. 3.6).

Зенітний кут визначається по формулі (3.3):

$$\cos \gamma = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \psi, \quad (3.3)$$

де  $\varphi$  - широта місцевості, град;

$\delta$  - відмінювання, тобто кутове положення сонця щодо площини



$\alpha$  - географічна довгота місцевості, виражена в одиницях часу і прийнята позитивною до сходу від Гринвіча, год.

Кут падіння прямого сонячного випромінювання можна обчислити по формулі (3.2):

$$\cos \alpha = \sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \xi \cdot \sin \psi,$$

де  $\xi$  - азимутальний кут площини, тобто відхилення нормалі площини від місцевого меридіана (у південному напрямку відхилення до сходу вважається позитивним, до заходу - негативним), град (рис. 3.6).

При підрахунку інтенсивності розсіяного випромінювання будемо вважати, що його розподіл по поверхні землі рівномірний. Тоді величина інтенсивності випромінювання, що падає на похилу поверхню, буде залежати тільки від того, яка частина небозводу протистоїть площині [25]:

$$I_i = I_{in} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2}, \quad (3.9)$$

де  $I_{in}$  - інтенсивність розсіяного випромінювання на поверхні землі, Вт/м<sup>2</sup>;

$\beta$  - кут між розглянутою площиною і горизонтальною поверхнею, град (рис. 3.6).

Інтенсивність відбитого випромінювання залежить від відбивної здатності поверхні. Будемо вважати, що відбивання від землі і предметів, що знаходяться на ній, розподілено рівномірно. Тоді відбита складова інтенсивності випромінювання похилої площини буде залежати від того, яка частина протистоїть землі і яка кількість випромінювання вона поглинає [25]:

$$I_d = (I_{th} + I_{in}) \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2} \cdot \zeta, \quad (3.10)$$

де  $\zeta$  - відбивна здатність.

Виходячи з даних розумінь визначаємо повну інтенсивність випромінювання на похилу поверхню з наступного рівняння:



$$\begin{aligned}
I = I_{ih} \cdot & \left( \left( \frac{\sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi}{\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi} \right) + \right. \\
& + \left. \left( \frac{\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \xi \cdot \sin \psi}{\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi} \right) \right) + I_{ih} \cdot \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \\
& + (I_{ih} + I_{ih}) \cdot \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \xi \dots \dots \dots (3.11)
\end{aligned}$$

При використанні сонячних установок для сушіння сіна певний інтерес представляють установки двох типів. До першого типу відносяться установки, складені з декількох робочих поверхонь, розташованих симетрично (сіноховище з двосхилим дахом і вентиляторами, розташованими по обидва боки сараю). До другого типу відносяться сонячні установки, складені з однієї робочої поверхні (сіноховище з односхилим дахом і вентиляторами, розташованими тільки з однієї сторони).

Проведемо спочатку розрахунок для установок першого типу. Для наочності допустимо, що установки мають чотири робочі площини, розташовані симетрично, по двох площини на кожному схилі. Нескладно переконатися, що їхній азимутальний кут дорівнює:

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3. \quad (3.12a)$$

Для інших поверхонь:

$$\xi_3 = \xi_4 = \xi + 180^\circ \quad (3.12b)$$

Знайдемо оптимальний азимутальний кут, при якому установка одержить найбільшу кількість енергії випромінювання. Повна інтенсивність випромінювання, одержуваного сонячною установкою, складеної з чотирьох поверхонь:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (3.13)$$

де  $I_i$  - повна інтенсивність випромінювання, одержуваного кожною поверхнею й обумовленого з виразу (3.11) і ін., Вт/м<sup>2</sup>;

$I_n$  - інтенсивність випромінювання, що приходить на установку, Вт/м<sup>2</sup>.

Для того щоб одержати оптимальне значення азимутального кута, першу частинну похідну рівняння (3.13) прирівнюємо до нуля [27]:

$$\frac{dI_n}{d\xi} = 0 \quad (3.14)$$

Відзначимо, що для одержання оптимального азимутального кута досить розглянути два випадки орієнтування сонячних установок відповідно до рівностей (3.12а) і (3.12б).

Вирішуючи рівняння (3.14) разом з (3.11), одержуємо:

$$\frac{dI_n}{d\xi} \equiv 0 \quad (3.15)$$

Це означає, що сонячна установка, робочі поверхні якої розташовані симетрично, може бути орієнтована відносної земної поверхні довільним чином. Однак симетричні сонячні установки, як правило, мають також симетрично розташовані вентилятори для подачі сушильного агента з колектора в штабель сіна, що висушується. Для того щоб сушильний агент, який подається кожним з вентиляторів, мав однакові параметри, доцільно сонячну установку орієнтувати в напрямку південь-північ.

Тоді

$$\xi = 90^\circ. \quad (3.16)$$

Для розрахунку оптимального кута нахилу робочих поверхонь прирівнюємо до нуля частинну похідну по:

$$\frac{dI_n}{d\beta} = 0. \quad (3.17)$$

Вирішуючи рівняння (3.16) разом з (3.11) і (3.12), одержуємо:

$$\arctg\beta = \frac{1}{\left[1 + \frac{1}{2}(k - \zeta - k\zeta)\right] \cdot \left(\frac{\sin\delta \cdot \sin\varphi}{\cos\psi_0} + \cos\delta \cdot \cos\varphi\right)}, \quad (3.18)$$

де  $\psi_0$  - сонячний час, при якому сонячна установка одержує найбільшу кількість енергії, град;

$k$  - відношення інтенсивності прямого і розсіяного випромінювань.

Розрахунок сонячних установок другого типу проводиться аналогічно. Розрахуємо оптимальний азимутальний кут. Вирішуючи рівняння (3.14), у якому  $k=1$ , разом з (3.11), одержуємо:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\cos\delta \cdot \sin\psi}{\cos\delta \cdot \sin\varphi \cdot \cos\psi - \sin\delta \cdot \cos\varphi}. \quad (3.19)$$

Визначаємо оптимальний кут нахилу:

$$\operatorname{arctg}\beta = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \delta + \psi_0)}{1 + \frac{1}{2}(k - \zeta - k\zeta)}. \quad (3.20)$$

Для практичного застосування рівняння (3.11), (3.16), (3.19), (3.20) виявляться досить складними, тому для їхнього спрощення введемо безрозмірну величину  $\theta$ :

$$\theta = \frac{I}{I_{th}}. \quad (3.21)$$

Тоді для сонячних установок першого типу після підстановки у формулу конкретних астрономічних даних одержимо:

$$\theta = \frac{0,27 \cdot \sin\psi + 0,37 \cdot \cos(\psi_0 - \psi) + 0,22}{0,32 + 0,53 \cdot \cos\psi} + 0,93. \quad (3.22)$$

Для сонячних установок другого типу:

$$\theta = \frac{0,04 + 0,92 \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}{0,32 + 0,53 \cdot \cos\psi} + 0,92. \quad (3.23)$$

Відповідно до графіка (рис. 3.7) розподілу інтенсивності сонячного випромінювання протягом дня максимум його сумарної кількості для нашої республіки в червні місяці приходить на  $12 \pm$  год. 10 хв. (годинний кут  $\pm 25^\circ$ ). Підставивши це значення у формули (3.18) і (3.20) для сонячних установок першого типу, одержимо оптимальне значення кута  $\beta_{\max} = 46^\circ$ .

Для сонячних установок другого типу  $\beta_{\max} = 40^\circ$ .

Для інженерних розрахунків сонячних установок на рис. 3.6 приведені дані про величину сприйманої енергії сонячними установками I і II типу при

оптимальній орієнтації робочих поверхонь і контрольною установкою з горизонтальним розташуванням.

Для визначення сумарної кількості енергії сонячного випромінювання (прямого, розсіяного і відбитого) на оптимально зорієнтовану похилу площину доцільно використовувати рівняння (3.2, 3.3), що апроксимують криву 1, приведену на рис. 3.9:

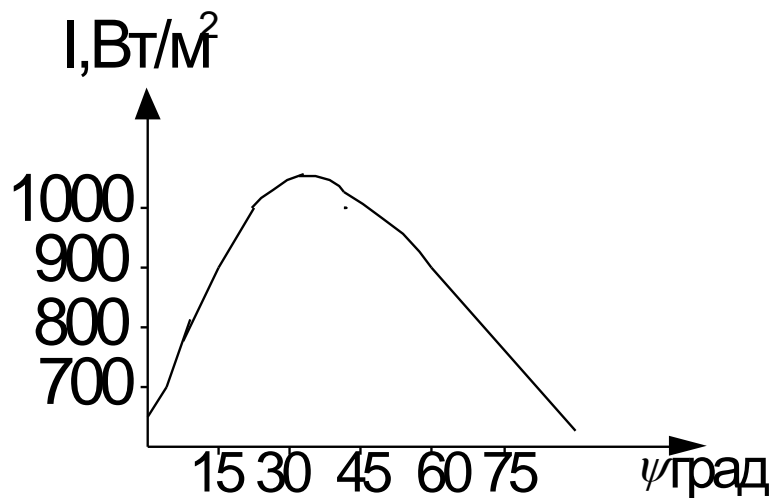


Рисунок 3.7 - Розподіл інтенсивності сонячного випромінювання в залежності від сонячного часу

$$\xi = 0,26 \cdot \cos \psi + 0,08. \quad (3.24)$$

Тоді, вирішуючи рівняння (3.21) разом з (3.24), одержимо:

$$I = I_{th \max} \cdot \theta \cdot \xi, \quad (3.25)$$

$$\text{де } I_{th} = I_{th \max}.$$

При використанні сонячних колекторів для підігріву повітря в процесі сушіння сіна оптимальна їхня орієнтація і нахил робочих поверхонь повинні бути визначені в залежності від інсоляції, висоти сонця і годинного кута.

З погляду геліотехніки оптимальними є сонячні установки, виготовлені

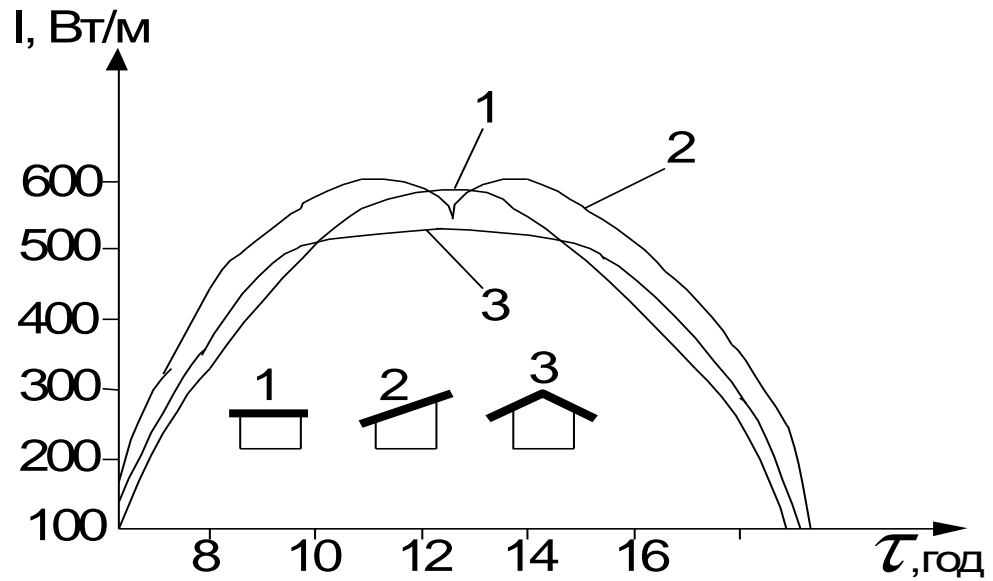


Рисунок 3.8 – Зміна інтенсивності сонячного випромінювання, що приходить на площині сонячної установки зорієнтовані по-різному: 1- контрольна установка з горизонтальною робочою поверхнею; 2- сонячна установка з робочою поверхнею, орієнтованою на південь; 3- сонячна установка з робочими поверхнями, орієнтованими на схід і захід

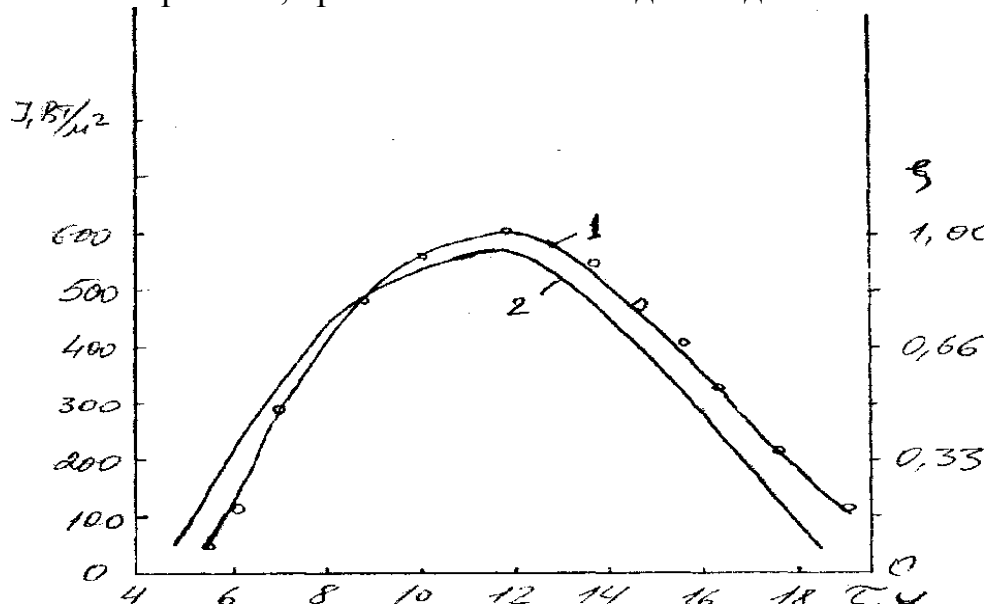


Рисунок 3.9 - Зміна інтенсивності сонячного випромінювання протягом дня на горизонтальну площину: 1- статична крива (по багаторічним актинометричним даним); 2 - теоретична крива

з однією робочою поверхнею. При цьому азимутальний кут  $\xi = 0$ , тобто сонячна установка повинна бути орієнтована на південь. Оптимальний кут її нахилу  $\beta = 40^\circ$ .

При застосуванні сонячних установок, виготовлених з декількома робочими поверхнями, розташованими симетрично, останні доцільно орієнтувати на схід-захід при оптимальному куті їхнього нахилу до  $\beta = 46^\circ$ .

При сушінні до кондиційної вологості

$$E_{uk} = E_u \cdot \tau_k$$

- енергія, яка одержується з навколишнього середовища чи яка віддається йому, кДж;

При сушінні до рівноважної вологості

$$\Delta E_a = \Delta E_a \cdot \tau.$$

При сушінні до кондиційної вологості

$$\Delta E_{ak} = \Delta E_a \cdot \tau_k.$$

Питомі витрати енергії на випаровування 1 кг води, кДж/кг:

- енергія, що витрачається в процесі випаровування:

$$E_d = \frac{E_d}{W},$$

- енергія штучних джерел:

$$E_u = \frac{E_u}{W},$$

- енергія навколишнього середовища

$$\Delta E_a = \frac{\Delta E_a}{W}.$$

Застосувавши ці формули, визначили, як використовується енергія, одержувана з обох джерел у процесі сушіння. Отримані результати в процентному вираженні представлені на рис. 3.10.

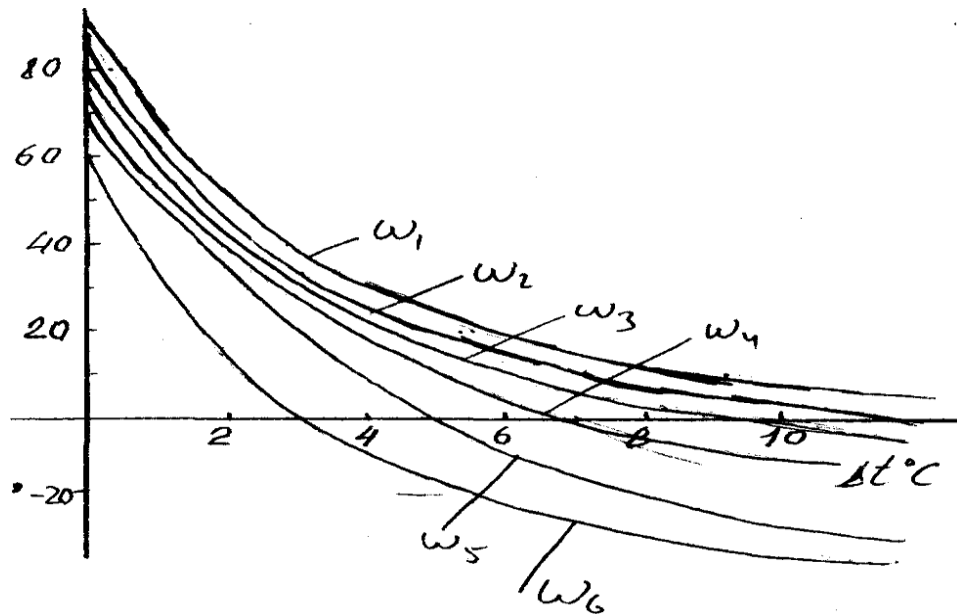


Рисунок 3.10 - Використання енергії штучних джерел і навколишнього середовища в залежності від величини підігріву повітря і відносної вологості зерна ( $t_a = 16^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 0,8$ ):  $E$  - енергія в %-ному відношенні від  $E_d$ ;  $\Delta t$  - величина підігріву повітря, град  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,26$ ,  $\omega_3 = 0,24$ ,  $\omega_4 = 0,22$ ,  $\omega_5 = 0,2$  - відносна вологість сіна, дол. од.

Кількість енергії навколишнього середовища, яка використовується в процесі сушіння, залежить від величини підігріву повітря і вологості сіна. В умовах Литовської республіки при середніх параметрах повітря ( $t_a = 16^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_a = 0,8$ ) самим економічним режимом є сушіння без підігріву повітря. У цьому випадку процес проходить по першому варіанту. Величина раціонального підігріву повітря зростає з підвищенням вологості сіна: при вологості сіна  $\omega = 0,18$  температуру повітря без втрати енергії на підігрів навколишнього середовища можна підвищити на  $2,5^\circ$ , при  $\omega = 0,2$  - на  $5^\circ$ , при  $\omega = 0,22$  - на  $8^\circ$  і т.д. (в межах підігріву  $\Delta t = 0 - 12^\circ\text{C}$ ).

Отримані дані показують, що при середніх кліматичних умовах Литовської республіки потужність, затрачувану на сушіння сіна, краще використовувати для збільшення питомої подачі повітря, ніж для збільшення його підігріву.

Запропонований спосіб розрахунку дозволяє визначити тривалість і

раціональні режими сушіння в залежності від параметрів повітря, що продувається, його питомої подачі і початкової вологості сіна.

Виходячи з величини мінімальної витрати енергії на сушіння, величину підігріву необхідно погоджувати з початковою вологістю сіна. Установлено, що при вологості  $\omega = 0,18$  повітря доцільно підігрівати на  $2,5^{\circ}\text{C}$ , при  $\omega = 0,2$  - на  $5^{\circ}$ , при  $\omega = 0,22$  - на  $8^{\circ}\text{C}$  и т.д..

При сушінні сіна в середніх кліматичних умовах і ( $\varphi_a = 0,8, t_a = 16,2^{\circ}$ ) у період збирання завжди доцільніше збільшувати питому подачу повітря, чим ступінь його підігріву.

За проведеними розрахунками розробляється конструкція геліосушарки і окремі її вузли і деталі.



## 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ І ЗАГОТІВЛІ СІНА

### 4.1 Складання технологічної карти вирощування люцерни

Основним технологічним документом на вирощування або збирання будь-якої сільськогосподарської культури у господарстві є технологічна карта.

Технологічна карта – це документ, який відображає досягнення і перспективи розвитку технології виробництва певного продукту. Вона є зведеним планом виконання робочих процесів протягом усього періоду вирощування певної сільськогосподарської культури. У технологічній карті враховуються конкретні природнокліматичні умови, виробничий напрям і специфікація вирощування певної сільськогосподарської культури. Розробка технологічних карт – трудомісткий процес, тому їх складають раз на кілька років при щорічному коригуванні.

Технологічна карта складається з таких основних складових:

- перша графа містить назву операцій, які проводяться протягом усього періоду вирощування даної культури;
- наступна графа – це графа, яка містить оптимальний склад машинно-тракторних агрегатів (МТА).
- наступна графа – це технічне забезпечення операцій і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність);
- наступна – потреба в ресурсах (кількість технологічних засобів, виробничого персоналу, робочих днів і нормо змін (ресурси часу), палива, технологічних матеріалів);
- далі графа показників ефективності та економічності операцій .

При складанні технологічної карти доцільно виділити окремі технологічні цикли, що об'єднуються у сукупність операцій із спільною метою (основний обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю),

оскільки операції у технологічному циклі взаємопов'язані агротехнічними вимогами і часовими режимами. Для сумісних операцій календарні строки повинні бути однакові.

Порядок заповнення технологічної карти покажемо на прикладі виконання технологічної операції - розкидання валків. Склад агрегату МТЗ-82 + ротаційний розкидач валків.

Обсяг робіт визначаємо за формулою:

$$\Omega = F \cdot k, \text{га}, \quad (4.1)$$

де  $F$  – площа вирощування сільськогосподарської культури, га;

$k$  – коефіцієнт кратності виконання операції.

Площа вирощуваної культури  $F = 100\text{га}$ , коефіцієнт кратності  $k = 1$ .

Тоді,

$$\Omega = 100 \cdot 1 = 100\text{га}.$$

Коефіцієнт змінності визначаємо за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_{\partial}}{T_{зм}}, \quad (4.2)$$

де  $T_{\partial}$  – тривалість роботи агрегату за добу, год.;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Приймаємо тривалість роботи агрегату за добу  $T_{\partial} = 7\text{год.}$ . Тривалість робочої зміни  $T_{зм} = 7\text{год.}$

Тоді,

$$K_{зм} = \frac{7}{7} = 1.$$

Змінну норму виробітку визначимо за формулою:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}, \quad (4.3)$$

де  $W_{год}$  – годинна продуктивність агрегату, га/год..

Тоді

$$W_{зм} = 2.5 \cdot 7 = 17.5\text{га} / \text{зм}.$$

Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт в агрострок кількість агрегатів  $n_a$  визначаємо за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} K_{зм} D_p}, \quad (4.4)$$

де  $D_p$  – тривалість робіт, днів;

В нашому випадку:  $\Omega=100$ га;  $W_{зм}=15$ ;  $K_{зм}=1$  (див. формулу 5.3)  $D_p=10$  днів.

Підставимо зазначені дані в отримаємо

$$n_a = \frac{100}{15 \cdot 1 \cdot 10} = 0,6,$$

приймаємо 1 агрегат.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота, підраховуємо за формулою

$$D_\phi = \frac{\Omega}{n_a W_{зм} K_{зм}}, \quad (4.5)$$

Підставляємо в формулу свої значення і отримуємо

$$D_\phi = \frac{100}{1 \cdot 15 \cdot 1} = 6,7.$$

Приймаємо 7 днів.

Число нормо-змін, необхідних для виконання роботи, знаходимо за формулою:

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм}}, \quad (4.6)$$

де  $N_{зм}$  – число нормо-змін.

$$N_{зм} = \frac{100}{17,5} = 5,71.$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначимо за формулами:

$$n_M = m_M \cdot n_a \cdot K_{зм}, \quad (4.7)$$

$$n_D = m_D \cdot n_a \cdot K_{зм}, \quad (4.8)$$

де  $n_M$  і  $n_D$  – відповідно, кількість механізаторів та допоміжних робітників обслуговуючих агрегат.

Визначимо кількість механізаторів для даної операції:

$$n_m = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \text{ механізатор.}$$

Аналогічно визначаємо кількість допоміжних робітників.

Кількість палива необхідного для виконання роботи визначаємо по формулі:

$$G_{\Pi} = \Omega \cdot g_{\Pi}, \quad (4.9)$$

де  $g_{\Pi}$  – норма витрати палива, кг/га.

Для операції кондиціонування витрата палива буде становити:

$$G_{\Pi} = 100 \cdot 3.5 = 350 \text{ кг.}$$

Затрати праці на виконання робіт підраховуємо за формулою:

$$Z_{\Pi} = (n_m + n_d) / W_{zm} \cdot T_{zm} \quad (4.10)$$

В нашому випадку затрати праці будуть становити:

$$Z_{\Pi} = (1 + 0) / 17,5 \cdot 7 = 0,39 \text{ год/га.}$$

Виробіток машинно-тракторних агрегатів в умовних одиницях визначають за формулою:

$$W_y = \lambda \cdot N_{zm} \cdot T_{zm}, \quad (4.11)$$

де  $W_y$  – виробіток агрегату в умовних одиницях, у. е. га;

$\lambda$  - годинна еталонна продуктивність, у. е. га/год.

Умовний виробіток на операції кондиціонування буде таким:

$$W_y = 1 \cdot 5,71 \cdot 7 = 40 \text{ у. е. га.}$$

Аналогічно приведену прикладу по кондиціонуванню ми виконуємо решту розрахунків, по операціям заготівлі сіна.

Всі отримані дані заносимо у відповідні їм колонки технологічної карти.

## 4.2 Визначення потреби в машинах

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відкладають заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а по осі ординат – установлену розрахункову кількість тракторів відповідних марок, що необхідно для виконання запланованого обсягу робіт по операції .

Кожній операції на графіку може відповідати один або кілька прямо

кутників, основою яких є тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції.

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будують на одному аркуші і на одній календарній шкалі. Якщо строки проведення робіт по кількох операціях збігаються, то прямокутники на графіках відповідних марок тракторів будуть один над другим. Загальна висота їх у перерізі, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодують номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор. Розраховану кількість тракторів наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Потреба у тракторах

Марка трактора	Необхідна кількість
Трактори: ДТ-75М	1
ЮМЗ-6Л	1
МТЗ-80	4
Т-25	1

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будуюмо графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис графіка відкладаємо, як і в першому випадку, календарні дати, а по осі ординат – найменування та марка сільськогосподарських машин та сумарна потреба в цих машинах.

Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначаємо лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляють розрахункову кількість тих машин, що використовують на даній операції, а під лінією – номер цієї операції в переліку запланованих робіт на даному полі.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Охорона праці на машинно-тракторному парку

У даний час більшість господарств мають достатню кількість техніки і площі для її розміщення. Машинно-тракторні парки ( МТП ) мають велику кількість тракторів, автомобілів, сільськогосподарської техніки і іншого обладнання, які розташовані на їх території. Також на території МТП знаходяться ремонтна майстерня, зварювальна дільниця, кузня, криті майданчики, гаражі, складські приміщення, асфальтовані не криті майданчики, естакади і інші споруди і приміщення. Така велика кількість обладнання і споруд вимагає чіткої організації охорони праці. Для цього проводять навчання з охорони праці для керівників підрозділів, інструктажі з техніки безпеки індивідуально для кожного працюючого. Видаються індивідуальні засоби захисту [21, 22].

Враховуючи, що МТП має багато споруд, то всі вони обладнуються блискавкозахистом, а також укомплектованими пожежними щитами. Також у кожній споруді є укомплектована інженером з охорони праці медична аптечка.

Усі сільськогосподарські машини на МТП застарілі, а тому забруднюють навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими викидами, а матеріали, які застосовують при експлуатації і технічному обслуговуванні не завжди безпечні і нешкідливі для людей [22].

Державним стандартом ДСТУ 12.2.019-96 і санітарними правилами №4282-87 регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та інших сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями, інструментом і документацією), до статичної стійкості машин, гідро - і пневмопристроїв, робочого місця оператора, органів керування та інших елементів конструкції від яких залежать умови праці і безпека оператора [21].

Стандартами нормуються зусилля, що прикладаються до органів керування машинами. Наприклад: при дії ногами вони коливаються у

діапазоні 60-200Н; при дії руками – 30-200Н [21].

До роботи допускають лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не працювали, допускають до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів.

Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тим трактором, що зазначений у заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальністю (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані (за ГОСТ 12.0.004-90) механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом [21].

На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу.

Основними причинами травматизму на МТП є:

1. Не дотримання вимог техніки безпеки.
2. Перебування на робочому місці у нетверезому стані.
3. Відсутність попереджуючих і забороняючих знаків і табличок.
4. Відсутність нової нормативно-технічної літератури.

На МТП розроблені плани-схеми розміщення автомобілів, тракторів, самохідних сільськогосподарських машин та інших технічних засобів механізації на спеціальних майданчиках, під навісами, у боксах тощо. Розроблений і затверджений план розміщення автомобілів із визначенням черговості й порядку евакуації під час пожежі. Впроваджені чергування водіїв у нічний час, вихідні й святкові дні, а також порядок зберігання ключів від систем запалювання. Стоянки автомобілів забезпечені буксирними канатами або штангами з розрахунку один пристрій на десять автомобілів [21].

Забороняється захарашувати приміщення і відкриті майданчики для стоянки автомобілів різними предметами і обладнанням.

Ремонтні майстерні, пункти технічного обслуговування та інші виробничі дільниці, де ремонтують і обслуговують сільськогосподарську

техніку, обладнують засобами гасіння пожеж, а також на спеціальних щитах вивішують списки пожежних підрозділів, інструкції з пожежної безпеки.

Для запобігання пожежам і вибухам не допускається виникнення іскор. Підлогу влаштовують неспалиму, а все електричне обладнання у герметичному виконанні.

МТП має у достатній кількості ємностей з піском і пожежний резервуар для гасіння пожеж. Також є укомплектовані пожежні щити.

Не допускається розміщувати поряд із закритими стоянками техніки ковальські, термічні, зварювальні, фарбувальні та деревообробні відділення майстерень і машинних дворів.

Забороняється:

- встановлювати на відкритих майданчиках технічні засоби більше встановленої норми, утримувати автомобілі і трактори із не справними паливними системами, відкритими горловинами паливних та гідравлічних систем;
- зберігати паливо, за винятком палива, що міститься в баках паливної системи;
- залишати автомобіль або тракторний причіп з вантажем;
- заправляти поза встановленим місцем паливом трактори, автомобілі та інші технічні засоби;
- зберігати порожню тару від палива або інших горючих та легкозаймистих рідин;
- застосовувати відкриті джерела вогню для розігрівання двигунів, редукторів та інших систем;
- залишати у автомобілях і тракторах промаслені ганчірки;
- залишати автомобіль із увімкненим запалюванням.

Трактори, автомобілі та інша техніка мають надходити у майстерню із злитим паливом. Забороняється застосовувати горючі і легкозаймисті рідини для миття деталей.

## 5.2 Охорона праці при заготівлі сіна



Поряд із загальними правилами охорони праці і забезпечення техніки безпеки у сільськогосподарському виробництві при заготівлі і закладанні сіна на зберігання необхідно виконувати ряд специфічних вимог.

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

Перед початком роботи перевірити наявність на агрегатах чистиків, гачків та інших засобів для очищення робочих органів машини.

При транспортуванні пальці різального апарата косарки повинні бути закриті захисними щитками.

Перед пуском ротаційних косарок перевірити відсутність сторонніх предметів під ротором, а також кріплення роторів і ножів.

Слідкувати, щоб перед пуском і під час роботи нікого не було попереду агрегату.

При роботі підбирача-копнувача ПК-1,6А не можна протягувати сіно під транспортер при увімкненому валі відбору потужності.

Огляд внутрішніх частин копнувача можна проводити тільки при зафіксованій відкидній стінці.

При встановленні на трактори навантажувально-скиртувального обладнання ширина колії передніх коліс трактора повинна бути не менше 1400 мм, а задніх – 1900 мм [21].

Копицевози КУН-10, ПКУ-0,8 та навантажувач ПФ-0,5 забороняється:

- використовувати не за призначенням;
- піднімати вантажі більшої маси, ніж передбачено технічною характеристикою;
- знаходитись під піднятим вантажем та працювати в грозу;
- різко гальмувати та виконувати круті повороти при роботі з максимально піднятим вантажем;
- рухатись завантаженим копицевозом із швидкістю понад 10, навантажувачем – понад 4 км/год.;
- на стоянці залишати робочі органи в піднятому положенні;

- відривати порцію сіна від скирти з одночасним поворотом агрегату;
- виконувати роботу без навішування ззаду трактора ковша з баластом не менше 900 кг.

На підбирачі-стогоутворювачі СПТ-60 забороняється:

- працювати з перекинутим кузовом без підстраховуючи упорів;
- використовувати схили для руху накатом;
- залишати заповнений сіном кузов на стоянці;
- повертати агрегат у момент вивантаження стогу.

Під час скиртування сіна кількість скиртоправів одночасно на скирті не повинна перевищувати шести. Стояти вони повинні не ближче 1,5 м від краю скирти [24].

Забороняється піднімати та опускати з скирти людей стогометом.

Скиртувати сіно можна тільки вдень і при швидкості вітру не більше 10м/с.

Для відпочинку і харчування людей обладнується місце на відстані не менше 25 м від скирти.

Після закінчення скиртування скирти оборюють протипожежною смугою завширшки не менше 3 м та встановлюють грозозахисні щогли, висота яких повинна перевищувати скирту на 2-2,5 м. Для заземлення використовують дрот діаметром не менше 7 мм. Захисна зона щогли орієнтовно приймається 7-8 м [21].

При заготівлі пресованого сіна забороняється проштовхувати сіно на підбирач, ремонтувати, регулювати і очищати робочі органи під час роботи машин.

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

На тракторах і машинах, які агрегуються з ними, а також на

самохідних кормо збиральних комбайнах для обслуговуючого персоналу необхідно обладнати двохсторонню сигналізацію (звукову або іншу) і мати медичну аптечку і бачок (термос) для питної води [21].

Будова та технічна експлуатація вентиляційних установок і обладнання сіносховищ, оснащених електроприводом, мають відповідати діючим правилам технічної експлуатації сільських електроустановок, правилам техніки безпеки по експлуатації електротехнічних засобів у сільськогосподарському виробництві.

При електропостачанні пристроїв підігрівання повітря для досушування сіна потребується монтаж пристрою захисту і контролю за втратою струму.

Для активного вентилявання необхідно застосовувати тільки вентилятори із закритими обдуваемими 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, у скиртах – не менше 2,5 м. Повітропроводи повинні бути із незгораємих матеріалів. Місце встановлення вентилятора огорожують металічними сітками або дерев'яними решітками.

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

Для обслуговування усіх електроприймачів необхідно передбачити загальний пульт, який встановлюють на незгораємій стіні або опорі, яка стоїть окремо (не ближче 5 м від складу) у спеціальному незгораємому ящику із пристосуванням для пломбування.

Струмopовідний кабель повинен бути надійно захищеним від механічних пошкоджень. Не допускається укладання кабеля у вологий ґрунт.

При підніманні підстіжного каналу у робоче положення необхідно впевнитися у тому, що ланки підйомного механізму дійшли до упору і каркас каналу прийняв стійке положення.

Огляд, очищення вентиляційних каналів і шахт проводять під контролем відповідальної особи.

Для запобігання попадання води під час дощу у електродвигун вентиляційного пристрою необхідно встановлювати навіс.

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

Необхідно відводити спеціальні місця для відпочинку, куріння, зберігання і заправки техніки.

Протипожежні відстані між закритими сіносковищами і тваринницькими приміщеннями та іншими спорудами повинні становити 50 м.

Забороняється:

- починати роботу не впевнившись в тому, що всі запобіжні загорожі механізмів і машин правильно встановлені;
- оглядати, регулювати і усувати неполадки робочих органів кормозаготівельних машин при русі агрегату, а обладнання і електропристрої – при працюючому двигуні;
- очищати на робочому або холостому ході від трави ріжучі апарати, рухомі і обертаючі частини машин і механізмів, змащувати ланцюги, підшипники і інші деталі, які труться;
- застосовувати для переносного освітлення електроживлення з напругою вище 12В;
- використовувати на заготівлі сіна трактори і машини без іскрогасників і вогнегасників;
- допускати втрату і розливання палива і мастила при заправці і мащенні тракторів і самохідних сільськогосподарських машин;
- розташовувати сіносковища під лініями електропередач;
- залишати без догляду працюючі вентиляційні пристрої під час грози;
- знаходитися ближче 10 м від тросів при витягуванні підстіжного каналу трактором з-під скирти;

- курити і розпалювати багаття у зоні досушування сіна.

Перед пуском вентилятора перевіряють надійність його кріплення, натяг ведучих пасів, легкість обертання робочого колеса, а також відсутність сторонніх предметів всередині.

Пуск вентиляційних установок у сіноскровищі проводять поступово. одночасний пуск двох і більше вентиляторів заборонений. Пускові прилади вентиляторів повинні розміщуватись в легкодоступних місцях.

Забороняється залишати без нагляду працюючі вентиляційні установки.

Протипожежних правил особливо слід дотримуватися при експлуатації повітропідігрівачів на рідкому паливі:

- не допускається зберігання палива і мастильних матеріалів без посередньо біля повітропідігрівачів;
- бочку з паливом можна встановлювати не ближче 5 м від повітропідігрівачів;
- система подачі палива повинна бути завжди справною;
- один раз на добу очищати від нагару форсунки та її відбивачі;
- перед пуском камери згорання необхідно продути повітрям при повністю відкритій заслінці дуттьового вентилятора;
- з'єднання теплообмінника і камери згорання повинно бути герметичним;
- не допускається підтікання палива в камеру згорання при зупинці повітропідігрівача.

### 5.3 Розрахунок засобів індивідуального захисту

Механізаторам, допоміжному персоналу і спеціалістам, які зайняті на заготівлі сіна, передбачена безкоштовна видача за встановленими нормами спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту [21].

Необхідну кількість спеціального одягу і засобів індивідуального захисту для підрозділу визначимо шляхом визначення кількості робітників, зайнятих одночасно на виконанні даної операції і норм видачі спецодягу для

даної операції [21].

Дані розрахунків заносимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Норма видачі спецодягу і засобів індивідуального захисту

Вид спецодягу	Строк до списування, місяців	Необхідна кількість
Костюм із полезахисної тканини	12	5
Респіратор	До зношування	4
Окуляри захисні	До зношування	2
Комбіновані рукавиці	6	3
Мило	-	10
Порошок пральний	-	5

#### 5.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці

1. Провести паспортизацію виробничих підрозділів; інженер з охорони праці. Проводиться щорічно
2. Укомплектувати медичні аптечки; інженер з охорони праці. Березень 2024 року.
3. Провести 32-годинні курси з охорони праці; керівники підрозділів господарства. Лютий 2024 року.
4. Встановити необхідну кількість попереджуючих і забороняючих знаків і табличок; інженер з охорони праці. Травень 2024 року.
5. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт; керівники підрозділів. Постійно.
6. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2024 року.
7. Виділити і обладнати спеціальне місце для куріння; керівники підрозділів. Квітень 2024 року.

8. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту; інженер з охорони праці. Травень 2024 року.

9. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці; інженер з охорони праці. Постійно.

10. Дообладнати кабінет з охорони праці зразками засобів індивідуального захисту. інженер з охорони праці. Постійно.

11. Придбати 50 респіраторів для використання при обприскуванні посівів ядохімікатами та для інших небезпечних робіт. інженер з охорони праці. Квітень 2024 року.

12. Придбати 50 вогнегасників різних типів: хімічного типу – 10 шт., порошкових – 30 шт., кислотних – 10 шт.; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2024 року.

13. Обладнати вогнегасниками всі технічні засоби, що можуть бути пожежо-небезпечними; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2024 року

14. Обладнати тваринницький комплекс душовими та кімнатами для відпочинку; інженер з охорони праці. Квітень 2024 року.

15. Забезпечити робітників, що працюють в полі вагончиками для відпочинку та гарячим харчуванням; інженер з охорони праці. Квітень 2024 року.

Розроблені заходи з охорони праці після впровадження в господарстві дадуть можливість значно поліпшити стан справ по зменшенню захворювань, травматизму як при вирощуванні трав і заготівлі сіна, так і в цілому по господарству.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

### 6.1 Розрахунок вартості встановлення будівлі

Розрахуємо вартість встановлення акумуляторів тепла і геліопідігрівачів повітря.

Спочатку визначимо вартість доставки гранітного каміння до місця будівлі за формулою:

$$B = B_{\text{пр}} + O, \quad (6.1)$$

де  $B_{\text{пр}}$  – вартість привезення граніту, грн.;

$B$  – вартість витраченого палива на привезення граніту, грн.;

$O$  – оплата праці водія, грн.

Вартість витраченого палива розраховуємо як добуток кількості витрачених літрів пального на вартість 1 л пального і на кількість машин, які необхідні для перевезення граніту [23].

Кар'єр знаходиться на відстані 8 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:

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

де  $S_1$  – шлях до кар'єра, км;

$S_2$  – шлях від кар'єра до сіносковища в господарстві, км.

$n$  – кількість рейсів.

$$S = (8 + 8) \cdot 3 = 48 \text{ км}$$

Вартість 1 л палива становить 54,70 грн. При витраті палива 25 л на 100 км буде витрачено  $48 \cdot 25/100 = 12$  л палива. Отже вартість пального буде становити:

$$B_{\text{п}} = 12 \cdot 54,7 = 656,4 \text{ грн.}$$



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

$$O = \frac{M}{D}, \quad (6.3)$$

де  $M$  – місячний оклад водія, грн.  $M = 6700$  грн;

$D$  - кількість днів у місяці,  $D = 30$ .

$$O = \frac{6700}{30} = 223,33 \text{ грн.}$$

Отже вартість привезення граніту становить:

$$V_{\text{пр}} = 656,4 + 223,33 = 879,73 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість побудови сонячних акумуляторів  $V_{\text{ак}}$ . Для цього візьмемо денну тарифну ставку столяра (з врахування мінімальної заробітної плати 6700 грн), яка рівна  $C = 223,33$  грн. і помножимо її на кількість робітників  $K = 4$ , які необхідні для побудови:

$$V_{\text{ст}} = C \cdot K \quad (6.4)$$

$$V_{\text{ст}} = 223,33 \cdot 4 = 893,32 \text{ грн.}$$

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

$$V_{\text{с}} = 223,33 \cdot 2 = 446,66 \text{ грн.}$$

$$V_{\text{зв}} = 223,33 \cdot 1 = 223,33 \text{ грн.}$$

Тоді вартість побудови сонячних акумуляторів знайдемо за формулою:

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

$$V_{\text{а}} = 893,32 + 446,66 + 223,33 = 1563,31 \text{ грн.}$$

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

$$V_{\text{г}} = V_{\text{ст}} \cdot 2 + V_{\text{с}} \cdot 1 = 223,33 \cdot 2 + 233,33 \cdot 1 = 669,99 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість будівельних матеріалів.

Вартість плівки визначимо помноживши необхідну її кількість ( $\text{м}^2$ ) на вартість  $1 \text{ м}^2$ . На акумулятори тепла необхідно  $50 \text{ м}^2$ , а на геліопідігрівачі

повітря – 60 м<sup>2</sup>. Вартість 1 м<sup>2</sup> плівки складає 9,67 грн. Отже вартість плівки становить:

$$V_{\text{п}} = (60 + 50) \cdot 9,67 = 1063,7 \text{ грн.}$$

Вартість чорної фарби для фарбування шиферного покриття під геліопідігрівач повітря становить:

$$V_{\text{ф}} = C_{\text{ф}} \cdot p_{\text{ф}} \quad (6.6)$$

де  $C_{\text{ф}}$  – ціна однієї трьохкілограмової банки фарби, грн.;

$p_{\text{ф}}$  – кількість банок фарби, яка необхідна для пофарбування.

$$V_{\text{ф}} = 453 \cdot 3 = 1359 \text{ грн.}$$

Вартість інших будівельних матеріалів (цвяхи і т.ін.) по розрахункам становить –  $V_{\text{ін}} = 500$  грн.

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

$$V_{\text{з}} = V_{\text{пр}} + V_{\text{а}} + V_{\text{г}} + V_{\text{п}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{і}} \quad (6.7)$$

$$V_{\text{з}} = 879,73 + 1563,31 + 669,99 + 1063,7 + 1359 + 500 = 6035,73 \text{ грн.}$$

## 6.2 Розрахунок економічних показників

Визначимо балансову вартість споруди за формулою:

$$B = C \cdot Ч \quad (6.8)$$

де  $C$  – ціна споруди,  $C = V_{\text{з}} = 6035,73$  грн.;

$Ч$  – коефіцієнт, який враховує затрати на транспортування машини та її монтаж,  $Ч = 1,2$  [24].

$$B = 6035,73 \cdot 1,2 = 7242,88 \text{ грн.}$$

Додаткові капіталовкладення визначимо за формулою:

$$\Delta K = K_1 - K_0 \quad (6.9)$$

де  $K_1$  – капіталовкладення в нову споруду, грн. ( $K_1 = B$ );

$K_0$  – капіталовкладення в базову споруду ( $K_0 = B_0$ )

$$\Delta K = 7242,88 - 0 = 7242,88 \text{ грн.}$$

За розрахунками, проведеними в четвертому розділі, ми бачимо, що за

допомогою акумуляторів тепла і геліопідігрівачів повітря за добу економиться 24,96 кг умовного палива.

Визначимо річний (сезонний) економічний ефект за формулою:

$$P_c = \Pi \cdot K_d \cdot C_{\Pi} \cdot k, \quad (6.10)$$

де  $\Pi$  – кількість зекономленого палива, кг;

$K_d$  – кількість днів роботи технології;

$C_{\Pi}$  – ціна палива, грн.;

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

$$P_c = 24,96 \cdot 15 \cdot 54,7 \cdot 1,2 = 24575,62 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.1 - Техніко-економічні показники проекту

Найменування показників	Базова технологія	Нова технологія	Відхилення, +, -
1. Економія палива, кг	-	24,96	-
2. Кількість обслуговуючого персоналу, чол..	2	2	-
3. Час сушіння сіна протягом доби, год	14	20	6
4. Витрата електроенергії, кВт	685	630	- 55
5. Додаткові капіталовкладення, грн	-	7242,88	-
6. Річний економічний ефект, грн..	-	24575,62	-
7. Строк окупності затрат (років)	-	0,29	-

Визначимо строк окупності капіталовкладень за формулою:

$$C_o = \frac{\Delta K}{P_c} \quad (6.11)$$

$$C_o = \frac{7242,88}{24575,62} = 0,29 \text{ років.}$$

Із проведених розрахунків видно, що запропонована технологія окупить себе за перший сезон її використання в господарстві. Отже, дана технологія є ефективною і її необхідно використовувати у господарстві.

Результати розрахунків економічної ефективності проекту заносимо в таблицю 6.1.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена технологія вирощування люцерни дозволяє збільшити урожайність цієї цінної кормової культури і отримати додатковий об'єм сіна для годівлі тварин.

2. Проведений патентний аналіз дозволив вибрати оптимальний напрямок удосконалення способу досушування сіна. Проведений аналіз технологій заготівлі сіна показав, що найбільш перспективними технологіями є такі, які передбачають його досушування активним вентиляванням підігрітим повітрям в сушарках з напільними пневмоканалами різної конструкції. З метою економії пального, для підігріву повітря доцільно використовувати сонячну енергію, застосовуючи геліопідігрівачі.

3. Запропонований геліопідігрівач повітря і акумулятор тепла при сушінні сіна активним вентиляванням набагато зменшує строк сушіння, а отже запобігає втратам поживності корму. Розраховано основні його параметри, які дають змогу оптимально використовувати сонячну енергію і акумулювати її для продовження часу користування підігрітим повітрям.

4. Розроблена технологічна карта і визначено комплекс машин для заготівлі сіна зв удосконаленою технологією і з використанням розробок.

5. З проведених розрахунків видно, що запропонований варіант акумуляторів тепла і геліопідігрівачів повітря є досить економічно вигідним для впровадження в господарствах. Економічний ефект становить за один рік 24575,62 грн. Також можна скоротити строки сушіння сіна до 5-8 днів. Впровадження нової технології окупиється за перший сезон її використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осьмак В., Качан І. Сучасні технології та машини для заготівлі сіна // Пропозиція. – 05.06.2008. - <https://propozitsiya.com/ua/suchasni-tehnologiyi-ta-mashini-dlya-zagotivli-sina>.
2. Карпенко М. Обґрунтування ресурсозберігаючої технології заготівлі стеблових кормів/Техніка АПК. – Київ, № 7, 2000 р.- с. 9–13.
3. Бублик О. Ситуація із зерновими і кормами особливо сприяє розвитку молочного скотарства, – думка. 06.10.2022. - <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/sytuacziya-iz-zernovymy-i-kormamy-osoblyvo-spryyaye-rozvytku-molochnogo-skotarstva-dumka/>.
4. Лиса А. Заготівля кормів в умовах війни та обмежених ресурсів – рекомендації від НААН. <https://landlord.ua/news/zahotivlia-kormiv-v-umovakh-viiny-ta-obmezhenykh-resursiv-rekomendatsii-vid-naan/>
5. Корнійчук О.В., Петриченко В.Ф. Наукове забезпечення виробництва кормів в умовах воєнного стану//Корми і кормовиробництво. 2022. Випуск 93. С. 10-20.
6. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
7. Авторське свідоцтво на винахід «Установка для сушки сільськогосподарських матеріалів активним вентиляванням». №1697624, 15.12.91. Бюл. №46.
8. Авторське свідоцтво на винахід «Установка для досушування сіна в скиртах». №1366111, 15.01.88. Бюл. № 2.
9. Авторське свідоцтво на винахід «Спосіб сушки сільськогосподарських матеріалів і пристрій для його здійснення». №1697625, 15.12.91. Бюл. № 46.

10. Авторське свідоцтво на винахід «Сушилка рулонів сільськогосподарських культур». №1764563, 30.09.92. Бюл. № 36.
11. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Агробізнес сьогодні. - №10(209) травень 2011. – с. 23-27.
12. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
13. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
14. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
15. Бабич А.О., Олішинський С.Й. Довідник по заготівлі і зберіганню кормів. - К.: Урожай, 1989. -176 с.
16. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
17. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
18. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
19. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

20. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф. Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.

21. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

22. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

23. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.