

**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 конструкції  
пневмотранспортера**

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

\_\_\_\_\_ Пелих Максим Сергійович

**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) \_\_\_\_\_



## АНОТАЦІЯ

Пелих М.С. Удосконалення технології заготівлі сіна з обґрунтуванням конструкції пневмотранспортера/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2021. – 79 с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій заготівлі сіна і машин для виконання технологічних операцій. Розроблена технологія заготівлі розсипного сіна для умов і на замовлення товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Дубрава» Магдалинівського району Дніпропетровської області з використанням розробок дипломної роботи.

Визначено потреби в машинах для вирощування люцерни і заготівлі сіна в умовах господарства.

Розроблена конструкція пневмотранспортера для укладання сіна в місцях його зберігання та проведені розрахунки основних параметрів і режиму його роботи.

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 26338 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року використання.

Ключові слова: сіно, люцерна, технологія, пневмотранспортер, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ. ....	9
2 СПОСОБИ ЗАГОТІВЛІ СІНА. ....	11
2.1 Технології заготівлі сіна природного сушіння. ....	12
2.2 Технології заготівлі сіна активним вентиляванням. ....	15
3 СУЧАСНІ МАШИНИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ. ....	23
3.1 Машини для скошування трав. ....	23
3.2 Ворушилки і валкоутворювачі. ....	25
3.3 Прес-підбирачі. ....	26
3.4 Кормозбиральні комбайни. ....	29
3.5 Візки-підбирачі. ....	33
4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМОТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ УКЛАДКИ СІНА. ....	35
4.1 Опис пневмотранспортера. ....	35
4.2 Розрахунок пневматичної системи транспортера. ....	37
4.3 Розрахунок клинопасової передачі приводу транспортера. ....	41
5 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ І ЗАГОТІВЛІ СІНА В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА. ....	48
5.1 Складання технологічної карти вирощування люцерни. ....	48
5.2 Визначення потреби в машинах. ....	52
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	54
6.1 Загальні питання при організації заходів з охорони праці. ....	54
6.2 Безпека при комплектуванні та використанні МТА. ....	55
6.3 Безпека праці при заготівлі сіна. ....	57
6.4 Розрахунок засобів індивідуального захисту. ....	61
6.5 Рекомендації по поліпшенню умов праці. ....	62
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ. ....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	72

## ВСТУП

В умовах війни, яку розпочала росія, виникли проблеми з експортом зерна за кордон. І навіть по так званому «зерновому коридору» Україна не може своєчасно і в повному об'ємі постачати зерно, а після того, як росія вийшла з цієї угоди ситуація ще більш ускладнилася. В результаті ціни на зерно на внутрішньому ринку катастрофічно впали і галузь стала збитковою.

Як частковий вихід з цієї ситуації складається можливим частину вирощеного зерна використати як корм для худоби. При цьому відносно дешевий корм із зернових дозволить збільшити поголів'я і підвищити продуктивність тваринництва. Але при цьому слід до кормового раціону заготовляти і грубі та зелені корми – сіно, сінаж, силос і ін.

Найпростіший спосіб консервування кормів - сушіння природним зневоднюванням трав - не втратив значення і в наші дні у зв'язку з його доступністю, простотою, мінімальними витратами, високою якістю корму. Разом із тим сушіння трав у полі пов'язане з великими втратами поживності, а інколи і погіршенням перетравності поживних речовин, насамперед протеїну. Тому треба вдосконалювати технологію заготівлі сіна з метою зменшення його фізичних втрат і підвищення якості. В кормовому балансі господарств, які мають усі основні види поголів'я тварин (великої рогатої худоби, свиней, овець, птиці), частка грубих кормів становить 10 - 14 %. На великих фермах, які займаються дорощуванням і відгодівлею великої рогатої худоби, вона вища – 15-20 %, у тому числі близько 1/3 сіна. На молочнотоварних фермах частка сіна в загальній кількості грубих кормів має становити 50 - 60 %. При заготівлі 800 - 1000 кг якісного сіна на одну дійну корову із середньорічним надоем 5 тис. л молока сіно має становити 10 - 12 % поживності річного раціону при наявності пасовища або добре організованого зеленого конвеєра, коли тваринам протягом 180 - 200 днів згодують достатню кількість свіжих зелених і соковитих кормів. Доцільно підгодовувати худобу сіном і в літній період для поповнення раціонів сухими

речовинами за деякого збільшення обводненості зелених кормів (вміст сухих речовин у кормі менше 20 %) [1].

Для виробництва необхідної кількості тваринницької продукції Україні потрібно близько 120 млн. т кормових одиниць або 250 млн. т кормів у натурі на рік, тобто у 6-8 разів більше валових зборів зерна [2]. Тому не дивно, що половина затрат у сільському господарстві йде на виробництво кормів. Вони є однією з головних причин низької забезпеченості кормами, яких в останні роки ми заготовляємо 60-70 % від потреби, причому досить низької якості. В результаті продуктивність тварин у 2-3 рази менша, ніж у розвинутих країнах.

Збільшення кількості та підвищення якості кормів вимагає адекватної політики. На жаль, в Україні забезпеченість кормозбиральною технікою не перевищує 50 %, а тією, яка забезпечує необхідну якість кормів, і того менше. Закордонні закупки кормозбиральної техніки при загальній фінансовій скруті об'єктивно не можуть бути пріоритетними, оскільки іноземна техніка в декілька разів дорожча вітчизняної, але якщо навіть її придбати, то продукція тваринництва при такій собівартості не буде потрібна навіть на внутрішньому ринку.

Економічно вигідно до 90 % поживності раціону великої рогатої худоби формувати із стеблових кормів – сіна, сінажу, кукурудзяного силосу та зерносінажу. В Англії вважають, що собівартість продукції великої рогатої худоби можна суттєво зменшити, якщо 70 % раціону складатиме якісний кукурудзяний силос, заготовлений у фазі воскової стиглості зерна. При заготівлі першої групи кормів з трав виконуються такі технологічні операції: скошування, плющення маси, ворущіння її, згрібання у валок, їх перевертання та підбирання.

У Західній Європі віддають перевагу скороченому циклу операцій: скошування у валок і, залежно від природно-кліматичних умов і потреби, підбирання валків на сінаж або сіно. Сінаж заготовляють в основному подрібненим, а сіно з цілих рослин, подрібненим та пресованим. Останнє характеризується великими втратами від поля до годівниці найцінніших

листочків та суцвіть рослин. У виробництві важко дотриматись рівномірності і повноти висушування, тому у пресованого сіна втрати через пліснявіння та гниття досягають навіть у США 30 %, що не компенсує таких переваг пресованого сіна, як зменшення об'ємів сховищ. Досушувати сіно активним вентиляванням економічно не вигідно через високу вартість електроенергії. Технічна складність, висока вартість не дає змоги впроваджувати і технологію герметичного зберігання пресованих паків у поліетиленовій плівці.

Основною умовою якісної заготівлі сіна за будь-якою технологією є інтенсивна сушка трав в полі з застосуванням ворушилок і інших машин, які дозволяють зменшити строки сушки трав і підвищити якість кормів. При заготівлі розсипного сіна однією з проблем є укладка маси в скирти чи сховища.

Метою даної роботи є удосконалення технології заготівлі сіна і конструкції пневмотранспортера для закладання сіна на зберігання в умовах товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Дубрава» Магдалинівської територіальної громади Дніпровського району Дніпропетровської області.



## 1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Основним джерелом кормів є природні і сіяні трави, кукурудза, соняшник і інші сільськогосподарські культури. Трави використовують для заготівлі розсипного і пресованого сіна, закладки сінажу і виробництва трав'яної муки. З кукурудзи, соняшника і високостеблових трав отримують силос. В літній період траву, кукурудзу і інші культури скошують і використовують в вигляді зелених кормів.

Для забезпечення максимального збору врожаю, отримання кормів високої якості збирання слід проводити в оптимальні агротехнічні строки при правильному виборі режимів скошування, транспортування і переробки рослин.

Злакові трави слід збирати в період викидання колоса, бобові – під час бутонізації. Скошувати необхідно без огривів і пропусків, природні трави – на висоті 4–5 см, сіяні – 5–7 см [2].

Косарки повинні забезпечити задану висоту зрізу, зрізати стебла без розривів, зминання і виривання, добре копіювати рельєф місцевості, вкладати скошену траву в прокоси або валки так, щоб вона не попадала під колеса трактора або машини.

Згрібати і підбирати траву слід без огривів і пропусків; валки складати прямолінійно шириною не більше 1,3 м і рівномірно по щільності. При створенні і обертанні валків трава не повинна скручуватися в джуги і скупчуватися.

Необхідно, щоб в процесі підбирання валків маса безперервно і рівномірно поступала на послідувачі робочі органи; не допускаються втрати і забруднення трави домішками ґрунту.

Після пресування тюки повинні бути правильної форми, однакової щільності і розмірів.

При подрібненні стебел свіжоскошених рослин і пров'яленої трави слід витримувати задану довжину різки.

Необхідно забезпечити швидке і рівномірне сушіння всіх рослин. В випадку сушки в польових умовах цього досягають плющенням стебел під час скошування і ворущінням трави в прокосах.

Якість кормів залежить в цілому від якості роботи кожної машини, яка входить в дану технологію заготівлі того чи іншого виду корму. Тому при вдосконаленні конструкції машин необхідно, щоб вона забезпечувала і вищу якість роботи в порівнянні з базовою машиною.

Процес обезводнювання різноманітних сільськогосподарських культур - один з основних і найбільш поширених способів консервування з метою забезпечення їх довгострокового зберігання. Таким способом готують до зберігання зернові та технічні культури, а також продукти їх переробки, але найбільшого поширення процес сушки знайшов при заготівлі сіна з сіяних та лугових трав. Розглянемо більш детально процес заготівлі сіна.

Високоякісне сіно заготовляють з бобових та злакових трав, в першу чергу - з люцерни та конюшини, еспарцету, тимофіївки, райграсу та ряду інших трав. Оскільки поживні речовини, в основному, містяться у листовій масі трав, то при заготівлі сіна необхідно забезпечити її збереження.

В зелених рослинах, в залежності від виду та фази їх розвитку, міститься від 60 до 80 % води, що ускладнює їх довгострокове зберігання.

Висушування трави на сіно - основний спосіб заготівлі цінного корму для згодовування сільськогосподарським тваринам в зимовий період. Раніше сіно заготовляли, головним чином, при висушуванні трави в полі природним шляхом, що повністю залежало від погодних умов. В останні роки при заготівлі сіна почали широко застосовувати різноманітні хімічні консерванти, досушувати його методом активного вентилявання атмосферним або підігрітим повітрям і використовувати акумульовану сонячну енергію. Такі технологічні прийоми дозволяють заготовляти високоякісне сіно при мінімальних втратах поживних речовин, але собівартість сіна при цьому суттєво зростає. Тому, традиційні способи заготівлі сіна польового сушіння ще досить часто застосовуються на практиці, особливо в південних регіонах України.

При традиційних способах заготівлі сіна мають місце досить високі втрати поживних речовин (як механічні, так і біологічні), які інколи досягають 40-50%. Щоб запобігти цим втратам, необхідно проаналізувати різні можливі варіанти заготівлі сіна і в кожному конкретному випадку визначити раціональну технологію.

## 2.1 Технології заготівлі сіна природного сушіння

В господарствах України широко застосовують потокову технологію заготівлі сіна, яка включає наступні операції: скошування трави в прокоси або валки; дво- чи трикратне ворущіння через кожні 2 години; згрібання сіна у валки або здвоювання валків; підбирання валків з подрібненням або пресуванням в тюки і копни низької щільності; транспортування сіна в сховища або під навіси;

Технологічною схемою заготівлі розсипного сіна передбачається скошування трав у покоси (при необхідності - з плющенням, але без подрібнення), ворущіння, згрібання у валки, складання у копиці, перевезення й скиртування. Ворущіння сіна значно прискорює його висихання, але при цьому мають місце механічні втрати урожаю, в першу чергу, найбільш цінної її частини - листя.

Найефективнішим способом заготівлі розсипного сіна польового сушіння є такий, коли траву сушать до вологості 25-30% у валках, а потім підбирачем-копнувачем збирають у копиці округлої форми. В таких копицях сіно висихає до вологості 20%, потім його стягують до скирт копицевозами або вантажать у транспортні засоби фронтальними навантажувачами та скирдоскладами.

Суттєвий вплив на вихід поживних речовин з одиниці площі, якість одержаного сіна, його поживність та продуктивну дію має фаза розвитку зібраних рослин. Оптимальною фазою розвитку бобових для скошування на сіно є бутонізація, злакових - початок колосіння. Порушення строків збирання знижує якість сіна.

Природні та сіяні трави косять причіпними або начіпними косарками. польові трави скошують косарками-плющилками. Висота зрізу природних сіножатей та сіяних трав повинна бути 5-7 см.

При сушінні трав спостерігаються значні втрати поживних речовин. Вони закономірні, проте їх розміри можна регулювати. Відомо, що після скошування рослин їх клітини продовжують деякий час жити, використовуючи для обміну легкорозчинні речовини. Цей процес називають голодним обміном.

Біохімічні процеси, що відбуваються в скошеній масі, залежать від інтенсивності сонячної енергії. Під дією сонячного проміння в скошених рослинах продовжується фотосинтез, тобто в перший день поряд з розпадом органічних речовин відбувається їх синтез. Крім біологічних втрат, при сушінні трав спостерігаються також механічні втрати, які зумовлені обсіпанням та обламуванням листків, суцвіть та інших дрібних вегетативних частин рослини. Механічні втрати перевищують біологічні і, за даними багатьох дослідників, можуть досягати від 6 до 27% маси вихідної сухої речовини в залежності від погоди та видів трав.

Значні втрати поживних речовин спостерігаються при змочуванні частково підсушених трав дощем. У такій масі водорозчинна фракція білків збільшується майже у 2,5 рази порівняно із зеленою травою. При змочуванні її дощем втрачаються найбільш біологічно повноцінні альбуміни, чим зумовлюється зниження поживної цінності такого сіна.

Відомо, що при сушінні в полі з ґрунту та повітря на траву потрапляють різноманітні мікроорганізми. Після відмирання рослинних клітин і при достатній вологості мікроорганізми починають розвиватися, використовуючи поживні речовини сіна. Особливо швидко розвиваються плісняві гриби після змочування сіна рососою та дощем.

Втрати поживних речовин при заготівлі сіна пов'язані з порушенням строків збирання трав і біохімічними ферментативно-окислювальними процесами. Це й механічні втрати при технологічних процесах, втрати від вимивання при атмосферних опадах і в результаті мікробіологічних процесів.

Пресоване сіно, яке заготовляють у полі, має суттєві переваги перед розсіпним. При заготівлі такого виду сіна скорочуються затрати праці. Приблизно в 2-2,5 рази зменшуються механічні втрати за рахунок скорочення технологічних операцій по стягуванню, складанню сіна в копиці та скирти, а також на перевезення його до місць зберігання. Пресоване сіно займає менший об'єм у сховищах.

Останнім часом широко застосовується заготівля сіна в рулонах. Технологічний процес заготівлі сіна в рулонах полягає в наступному: прес-підбирач підбирає сіно з валків, формує в рулони й укладає їх на полі. За допомогою пристрою ППУ-0,5 рулони завантажують у тракторні причепа, відвозять до місця скиртування й укладають тим самим пристроєм в скирту чи сховище.

При заготівлі подрібненого сіна значно скорочуються втрати на збирання та створюється можливість повної механізації усіх процесів, як при збиранні, так і при роздаванні кормів. За технологією, пров'ялену масу вологістю 35-40% підбирають з валків комбайнами КСК-100; Е-280; КС-1,8; СКА-30; СУФ-1,6 та іншими з одночасним навантаженнями у причепа ПСЕ-12,5; ГІТС-40; 2ПТСМ; ПТУ-10К; КТУ-10, які обладнанні зверху сіткою, і транспортують до місця зберігання. Довжина різки рослинної маси повинна бути 8-15 см.

Для досушування подрібненого сіна використовують сховища чи спеціальні башти. За несприятливих погодних умов через високу вологість повітря навіть активним вентиляванням не завжди вдається висушити сіно до стандартної вологості. За таких умов заслуговує на увагу досвід ряду господарств по зберіганню подрібненого сіна підвищеної вологості в бетонованих сховищах при поетапно секційній герметизації корму. Перед цим сіно ущільнюють важкими тракторами, герметизують поліетиленовою плівкою та шаром землі. Для поліпшення трамбування маси в траншеях понад 4 м заввишки можна на двометровий шар закладеного, добре вирівняного і частково утрамбованого сіна нанести 15-20 – сантиметровий шар свіжоскошеної подрібненої зеленої маси. Якщо траншея має висоту до трьох метрів, зелену масу кладуть зверху корму шаром 30-40 см для кращого ущільнення сіна і швидкого поглинання кисню повітря, що знаходиться між частинками корму. Після заповнення сховища й накриття зверху 30-40- сантиметровим шаром свіжоскошеної подрібненої маси, корм трамбують трактором, потім накривають плівкою та шаром землі.

---

Велике значення в збереженні якості закладеного корму має правильне вибирання сіна для годування тваринам. Відкривати сховище можна лише з одного боку по довжині не більш як на 4-денне використання в зимовий період і 2-3-денне – в теплу пору року.

Для вивантаження корму використовують фрезерні навантажувачі ПСК-5 та інші, якими зрізують шар по всій його товщині. Таке вибирання сіна запобігає його самозігріванню. Категорично забороняється відкривати сіно по всій довжині траншеї, оскільки воно при потраплянні повітря швидко зігрівається, при цьому різко зменшується перетравність основних поживних речовин, особливо протеїну. В окремих випадках корм зігрівається так, що відбувається процес самозагоряння.

## 2.2 Технології заготівлі сіна активним вентиляванням

Велике значення при заготівлі сіна має час перебування скошеної трави в полі. На першому етапі після скошування трави вільна волога випаровується порівняно швидко (бобових - до 50-55, злакових – до 40-45%). На другому етапі сушіння від 45 до 25% швидкість висихання зменшується в 5-6 разів, що приводить до збільшення часу перебування трави в полі. Чим довше скошена маса знаходиться незібраною, тим більше поживних та біологічне активних речовин втрачається за рахунок і біологічних процесів, розвитку мікроорганізмів, вимивання дощами та росою. Крім того, при висушуванні скошених трав у полі до вологості 20% збільшується механічні втрати за рахунок обламування листків, суцвіть, які значно швидше висихають, ніж стебла.

Більш прогресивний спосіб заготівлі сіна – пров'ялювання трави в полі і наступним досушуванням до кондиційної вологості активним вентиляванням на стаціонарних або пересувних сушарках. Застосування такого способу заготівлі сіна значно скорочує період перебування скошеної маси в полі. При цьому зменшуються втрати поживних речовин і підвищують якість корму.

Швидкість досушування трав активним вентиляванням повністю залежить від вологовбирної здатності повітря, яка змінюється залежно від температури повітря та його відносної вологості. Відомо, що в повітрі міститься відповідна кількість водяної пари, яка характеризується величиною відносної вологості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Вміст водяної пари в повітрі в залежності від температури та відносної вологості, г / м<sup>3</sup>

Температура, °С	Відносна вологість, %					
	50	60	70	80	90	100
10	4,7	5,6	6,5	7,5	8,4	9,4
15	6,4	7,7	9,0	10,3	11,7	12,8
20	8,6	10,3	12,1	13,8	15,5	17,3
25	11,5	13,8	16,1	18,4	20,7	23,1
30	15,1	18,1	2,1	24,2	27,3	30,3

Чим вища відносна вологість, тим нижча вологовбирна здатність повітря і навпаки. Так, при відносній вологості 60% і температурі 20°C в ім<sup>3</sup> повітря міститься 10,3г води, тобто, теоретично не вистачає лише 7г води для насичення до 100%-ї вологості. Але практично таку кількість води повітря поглинути не може, тому що при поглинанні 1г води воно охолоджується приблизно на 2°C, тобто температура повинна знизитися на 14°C (до 6°C). При такому зниженні температури повітря буде перенасичене вологою, тому повітря може ввібрати лише 2,5 г/м<sup>3</sup> води і охолотитися на 5°C, тобто до 15°C. Реально повітря насичується вологою до 90% і поглинає лише 2 г/м<sup>3</sup> води. Виходячи з цих міркувань, визначають необхідну кількість повітря, яке необхідно продати через рослинну масу, щоб в оптимальні строки висушити сіно активним вентиляванням.

Активним вентиляванням можна досушувати розсипне, пресоване та подрібнене сіно. Для досушування розсипного сіна в скиртах траву пров'ялюють до вологості 35-40%, в сіносховищах - до 40-45%, а для досушування пресованого сіна траву в полі пров'ялюють до вологості 35-40%, а потім пресують з невеликою щільністю. Пров'ялену в ПОЛІ траву досушують



на спеціальних пристроях, в які входять вентилятор і повітророзподільна система.

Наприклад, потрібно заготувати 20 т сіна, знизивши його вологість з 40% до 17%. Визначимо, яку кількість води при цьому необхідно випарувати:

$$M_e = M_c(W_n - W_k)/100, \quad (2.1)$$

де  $M_e$  — маса води, яку необхідно випарувати, кг;

$M_c$  — маса висушеного сіна, кг;

$W_n$   $W_k$  - відповідно, початкова і кінцева вологість сіна, %.

Підставивши цифрові значення, отримаємо:  $M_e = 7666$  кг. Припустимо, що сіно планується висушити за 7 днів при роботі вентилятора 15 год./добу. Тоді, за годину роботи необхідно випарувати 73 кг води. Якщо вологість повітря становить 60% при температурі 20°C, то кожен м<sup>3</sup> повітря зможе ввібрати 2 г води. Для висушування сіна при таких умовах необхідно забезпечити продування 36 тис. м<sup>3</sup>/год. За довідником визначаємо, що ці вимоги забезпечує вентилятор типу 06-320 №12.

При несприятливих кліматичних умовах (дощі, тумани) для забезпечення оптимальних строків досушування сіна повітря необхідно підігрівати для збільшення його вологовбирної здатності. Так, при підвищенні температури повітря на 5°C його вологовбирна здатність підвищується в 1,4-2,4 рази, а на 10°C - в 2-4 рази.

При активному вентиляванні розсипного неподрібненого сіна необхідно витратити 350-450 м<sup>3</sup>/год. повітря на кожен м площі з тиском  $S = 9$  кг/м на кожен метр товщини шару сіна. Забір повітря вентилятором здійснюють з сонячної сторони сіноховища, або з зони переважаючих вітрів для усунення повторного забору відпрацьованого вологого повітря.

Пров'ялену до 35-45 % зелену масу вкладають на повітророзподільну систему рівномірним шаром без трамбування, причому маса не повинна виходити за межі каналів більш ніж на 1 м.

При досушуванні сіна в скирті її розміри повинні знаходитися в межах 25-30 м по довжині і 6-7 м по ширині.

Висушують масу пошарово. Починають вентилявання після закладки маси рівномірним шаром в 1-1,5 м і не вимикаючи вентилятора товщину шару збільшують до 2 м. Вентилювання продовжують без перерви протягом 5-2 діб. При просиханні поверхневого шару сіна до вологості 25-30%, закладають наступний шар в 1,5-2 м товщиною і продовжують сушіння до просихання поверхневого шару до вологості 25-30%. Пошарову укладку маси продовжують до висоти 6-8 м. При низькій вологості сіна (25-30%) пошаровий спосіб укладання маси не застосовують, а відразу завантажують весь об'єм сіна. Для рівномірного розподілу повітря в скирті застосовують систему вертикальних шахт, що утворені висувними дерев'яними пробками, розміщеними над центральним каналом або решітчастим застилом.

Режим роботи вентиляційної системи встановлюють в залежності від температури і відносної вологості повітря та вологості сіна. Після 1,5-2 діб безперервної роботи вентилятора його зупиняють і подальше вентилявання здійснюють циклічно, в залежності від вологості сіна і атмосферного повітря.

В дощову погоду для попередження самозігрівання сіна вентилятор змикають на 1-2 години з перервами по 5-6 годин, щоб температура маси не перевищувала 40°C. Вентилювання сіна підігрітим повітрям проводять незалежно від погодних умов.

Ступінь готовності сіна до довгострокового зберігання визначають наступним чином. Вентилятор вимикають на 8-10 годин, після чого – знову вмикають. При виходженні з скирти теплого повітря вентилявання продовжують.

Конструкція вентиляційної установки для досушування пресованого сіна аналогічна установкам для сушки розсипного сіна. Тюки сіна вкладають перпендикулярно до осі каналу, причому тюки крайнього ряду ставлять паралельно один до одного для запобігання втратам повітря. Тюки наступного ряду перекривають стики між тюками нижнього ряду.

Повітророзподільну систему для досушування пресованого сіна можна побудувати і із тюків. Розміри головного повітряного каналу в цьому випадку

становлять: висота – 1000 мм; ширина – 900 мм; довжина - на 1,5м менша за довжину штабеля. Для підвищення міцності головного каналу застосовують дерев'яні бруски або жердини. За один прийом викладають 4-5 ярусів. Після 2-3 днів сушіння додають ще 3-4 яруси тюків.

Подача повітря повинна становити 900-1100 м<sup>3</sup>/год. на 1м<sup>2</sup> площі, що вентилюється, а тиск – 15-17 мм. вод. ст. на кожен метр висоти штабеля. Перші 2-3 дні після закладки тюки вентилюють безперервно, а наступні дні - лише при відносній вологості повітря нижче 80%.

Подрібнене сіно можна досушувати активним вентиляванням в сховищах сарайного і баштового типу, де є можливість механізувати завантажувально-розвантажувальні роботи.

При висушуванні сіна в сараях з решітчастими полами для запобігання забивання каналів в нижній шар товщиною 5-10 см вкладають неподрібнену траву, а на нього - подрібнену масу з товщиною шару не більше 2 м і вологістю 35-40%. Після просушування сіна до вологості 25% укладають наступний шар сіна, але загальна висота укладки не повинна перевищувати 4 м при рівномірному розподілу по площі сіносховища.

На кожен м<sup>3</sup> подрібненого сіна при досушуванні в сіносховищах сарайного типу необхідно подавати 600-700 м<sup>3</sup>/год повітря з тиском 17-20 мм. вод. ст. на кожен метр висоти шару сіна.

При досушуванні подрібненого сіна в сховищах баштового типу з центральною шахтою розподілення повітря витрата повітря становить 200-220 м<sup>3</sup>/год. на кожен м<sup>3</sup> сіна при тискові 20-25 мм. вод. ст. на кожен метр висоти шару сіна.

Для забезпечення заготівлі високоякісного сіна в подрібненому вигляді необхідно витримати наступні умови:

- вологість пров'яленої маси при закладанні в башти не повинна перевищувати 45%;
- в нижній шар (до 1,5 м висотою) необхідно закладати масу з низькою вологістю (30-35%) для інтенсивного вентилявання нижнього шару;

- розподіл маси по площі, висоті, щільності та вологості повинен бути по можливості рівномірним;

- заповнення башти бажано виконувати в два етапи - спочатку шаром в 5-6 м, а через 4-5 діб вентилявання довантажують башту повністю і продовжують вентилявання;

- перші 1,5-2 доби сіно вентиляють безперервно, а потім вентилятор змикають лише вдень (за винятком дощової погоди);

- бажано башту оснастити дистанційним термометром будь-якого типу для контролю процесу вентилявання. Якщо температура сіна при довгостроковому вимкненні вентилятора не підвищується, то процес досушування сіна вважається закінченим.

Активне вентилявання сіна підігрітим повітрям найбільш ефективний спосіб його заготівлі, особливо при високій вологості атмосферного повітря. але такий спосіб заготівлі сіна суттєво підвищує його собівартість.

При затяжній дощовій погоді сіно хорошої якості можна отримати двома способами.

При першому способі для вентилявання сіна використовують підігріте на 5-7°C повітря. Підігрів повітря на 1°C знижує його відносну вологість на 4-5%, що дозволяє досушувати сіно цілодобово, в тому числі і в період високої відносної вологості повітря (більше 90%). Вентилятори необхідно виключати тільки під час дощу.

Підігрів повітря для досушування сіна можна здійснювати теплогенераторами на рідкому паливі (рис. 2.1), електрокалориферами і водяними теплообмінниками.

При другому способі закладену на досушування в сховищі або скирті пров'ялену масу обробляють безводним аміаком (10 кг на 1т), який протягом довгого періоду запобігає її окисленню та пліснявінню. Досушування активним вентиляванням продовжують в суху погоду.

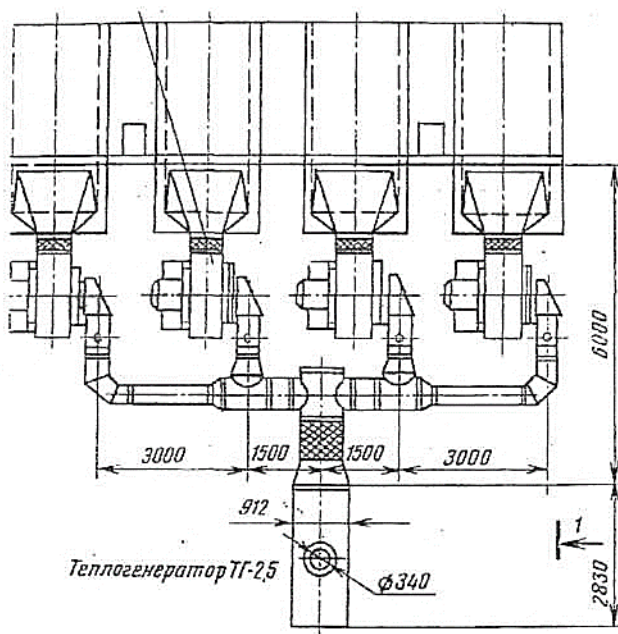


Рисунок 2.1 - Теплогенератор ТГ-2,5 і схема його підключення

Найкраще обробляти сіно безводним аміаком в сіносховищах і скиртах таким методом. В канал вентиляційної системи закладають 2-х дюймову металеву трубу з отвором діаметром 3 мм. Довжина труби повинна бути на 2 м коротша каналу. З одного кінця трубу заглушають, а до другого приварюють муфту з різьбою для з'єднання з місткістю, в якій знаходиться рідкий аміак. З сторони муфти на довжині 3 м труба отворів не має.

При включеному вентиляторі на 2 хвилини за один прийом або більше із перервами по 15-20 хв. аміак подають до тих пір, поки пара його не почне виходити із скирти. Напором повітря пара аміаку нагнічуються на всі зони укладеного сіна, в результаті чого досягається рівномірне його опрацювання. Трубу можна використовувати почергово на кількох вентиляційних каналах. Роботу з аміаком повинні проводити спеціально підготовлені для цих цілей працівники, суворо виконуючи правила техніки безпеки.

Застосування електричної енергії та рідкого або газоподібного палива для підвищення температури повітря при активному вентиляванні сіна обумовлює його високу собівартість. В зв'язку з цим, останнім часом

набули поширення технології заготівлі сіна з використанням нетрадиційних джерел енергії, в першу чергу, енергії сонця.

За допомогою сонячної енергії нагрівають атмосферне повітря в колекторах різної конструкції, а потім продувають його через шар сіна. При такій технології заготівлі отримують сіно з низькою собівартістю, але користуватися таким способом активного вентилявання можна лише в ясну, сонячну погоду в денний час. Для акумулювання сонячної енергії в колекторах нагрівають воду, від якої за допомогою теплообмінників відбирають тепло шляхом продування через них атмосферного повітря, яким потім вентиляється сіно в нічний час або в хмарну погоду.

Сонячні колектори розміщують на кришах сіносховищ, або на окремих рамах і об'єднують в батареї, конструкція яких буде розглянута в наступному розділі. Підігріте за рахунок сонячної енергії повітря засмоктується вентилятором і через систему повітряних розподільних каналів різноманітних конструкцій продувається через рослинну масу, відбираючи від неї вологу.

Іноді разом з повітрям в сонячних колекторах нагрівається і вода, яка акумулює тепло, котре можна використати для підігрівання повітря при активному вентиляванні сіна в нічний час, або в хмарну погоду. Це дає змогу більш ефективно використовувати дешеву сонячну енергію протягом доби. Зрозуміло, що ефективність всього процесу заготівлі сіна активним вентиляванням з підігріванням повітря за рахунок сонячної енергії залежить, в першу чергу, від конструкції самого сонячного колектора, його корисної площі тепловіддачі та коефіцієнта корисної дії.

### 3 СУЧАСНІ МАШИНИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Сучасні технології виробництва продукції тваринництва можливо забезпечити тільки високим технічним рівнем та якістю відповідної сільськогосподарської техніки.

На центральноевропейському ринку техніки для заготівлі кормів провідну роль відіграють такі фірми виробники, як CLAAS, KRONE, FELLA (Німеччина), KVERNELFND (Голландія), KUHN (Франція), RÖTTINGER (Австрія), JF STOOL (Данія), JOHN DEERE (США), SIP (Словенія), UNIA group (Польща).

На східноєвропейський ринок найбільш зорієнтовані фірми CLAAS, KRONE, KUHN, RÖTTINGER, які виготовляють практично повний асортимент машин для заготівлі кормів, зокрема, самохідні косарки-плющилки та кормозбиральні комбайни.

Фірми-виробники продовжують вдосконалювати та розробляти нову техніку для кормовиробництва. Сучасні тенденції у цій галузі спрямовані на підвищення продуктивності за рахунок збільшення ширини захвату та робочих швидкостей, зниження ступеня забруднення кормів шляхом вдосконалення систем копіювання поля, скорочення часу на технічне і технологічне обслуговування та переведення машин із транспортного положення у робоче і навпаки.

#### 3.1 Машини для скошування трав

Для скошування трав нині широко застосовуються ротаційні косарки. Машини такого типу забезпечують косіння на великих поступальних швидкостях високоврожайних трав, а також травостоїв, що вилягли чи переплуталися. За даними випробувань, продуктивність ротаційних косарок на 20-30% вища, ніж продуктивність сегментно-пальцевих косарок зі зворотно-поступальним рухом ножів.

Ротаційні косарки поділяються на машини з верхнім (барабанні) і нижнім (дискові) приводом роторів. Провідні фірми виготовляють косарки задньонавісні, фронтально-навісні, причіпні та самохідні. При цьому підхід до ширини захвату косарок значною мірою диференційований - виробляються косарки типорозмірним рядом із шириною захвату від 1,35 м до 6,20 м з інтервалом 0,1-0,3 м. Є косарки і з більшою шириною захвату, наприклад комбіновані косарки FC 883 фірми Kuhn - 8,8 м, Cougar 1400 фірми Claas - 14,0 м, Віг М фірми Krone - 13,2 м, КПП-9 «Гомсільмаш» - 8,7 м. В основному всі косарки оснащені валкоутворювачами та пристроями для кондиціювання маси.

Барабанні косарки виготовляють CLAAS (Німеччина), SIP (Словенія), UNIA group, SaMAAZ (Польща). Ширина захвату їх становить від 1,35 до 3 м. Такі косарки ідеально підходять для роботи на перезвожених та заболочених ґрунтах.

### Рисунок 3.1 - Ротаційна косарка SM 300 фірми FELLA

Наразі є у продажу моделі російських та вітчизняних виробників з пасовим приводом робочих органів (КРВ-2,1А виробництва ВАТ «НОМЗ», м. Ніжин).

В Україні для скошування трав виготовляють ротаційні дискові косарки КРВ-2,15 (ВАТ «НОМЗ», м. Ніжин) та КН-2,1 ВАТ («Львівсільмаш»).



Барабанна косарка КРБ-2,1 виробництва КБ «Бердянськсільмаш» випробувана в УкрНДПВТ у 2005 році та рекомендована серійного виробництва. Сегментно-пальцьові косарки КПО-2,1 випускає КБ «Бердянськсільмаш» та КПН-2,1 - ВАТ «Бердянський «Агротехсервіс». Ширина захвату цих косарок не перевищує 2,1 м. Із закордонних фірм сегментно-пальцьові косарки виготовляють фірма «Нью Холанд», турецька фірма «Барам Тарім», Тульський завод жаток та підприємства Республіки Білорусь. Слід відмітити, що в Україні відсутнє виробництво косарок-плющилок.

### 3.2 Ворушилки і валкоутворювачі

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

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

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

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

Фірма Röttinger виробляє 10 моделей однороторних, 10 двороторних, 1 модель чотирироторну та 10 моделей ворушилок. Для високопродуктивної роботи кормозбиральних комбайнів, прес-підбирачів та візків-підбирачів максимальну ширину захвату валкоутворювачів доведено до 19 м

### Рисунок 3.2 - Ворушилка ВОЛЬТО 540Н фірми КЛААС

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

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

### 3.3 Прес-підбирачі

Технологія заготівлі сіна та інших грубих кормів у пресованому вигляді посідає домінуюче місце у світовій практиці.

Для заготівлі пресованих кормів застосовують поршневі прес-підбирачі для формування малогабаритних тюків, рулонні преси та преси для формування великогабаритних тюків. Прес-підбирачі для формування малогабаритних тюків виготовляють фірми JOHN DEERE, MASSEY FERGUSON (США), UNIA group (Польща). Преси такого типоряду знайшли широке застосування у малих та середніх господарствах.

Останнім часом значного поширення дістала технологія заготівлі сіна в рулонах. Це пояснюється простотою конструкції рулонних прес-підбирачів і,

відповідно, меншою їх вартістю порівняно з прес-підбирачами великогабаритних тюків. Тому така конструкція найбільш поширена серед фірм-виробників.

Рулонні прес-підбирачі розподіляються на преси з камерами постійного та змінного перерізу.

За своєю конструкцією формуючі камери є вальцеві, ланцюгово-планчасті та пасові.

Прес-підбирачі з камерами змінного перерізу формують рулони діаметром від 0,8 до 1,8 м. Діаметр рулонів встановлюється залежно від типу заготовлюваного корму. Для заготівлі сінажу використовують рулони меншого діаметру, а для сіна чи соломи - більшого.

Водночас дедалі більше користується попитом технологія із застосуванням прес-підбирачів великогабаритних тюків, які мають незаперечні переваги перед згаданими конструкціями машин. Провідні машинобудівні фірми світу (Claas, Krone, Massey Ferguson, Kuhn, New Holland тощо) пропонують більш ніж 40 моделей прес-підбирачів великогабаритних тюків.

Вони різняться між собою площею перерізу пресувальної камери, конструктивним виконанням робочих органів, наявністю подрібнювального механізму, кількістю вузлов'язальних апаратів тощо.

Переваги технології заготівлі сіна та соломи з використанням прес-підбирачів великогабаритних тюків:

1. Більша пропускна здатність щодо малогабаритних та рулонних прес-підбирачів;
2. Краща пристосованість тюків до транспортування і складування завдяки прямокутній формі;
3. Раціональне використання вантажопідйомності транспортних засобів при відвезенні тюків;
4. Менша кількість тюків з одиниці площі, що зменшує витрати при вивільненні території;

5. Незначна витрата часу на завантаження великогабаритних тюків, що підвищує продуктивність транспортних засобів;

6. Невеликі питомі витрати шпагату на обв'язку тюків:

7. Більш раціональне використання кормосховищ при зберіганні великогабаритних тюків.

В Україні з машин для заготівлі сіна та соломи в пресованому вигляді КП «Київтрактородеталь» виробляє рулонний прес-підбирач ППР-110. ВАТ «Ірпіньмаш» освоїв виробництво рулонного прес-підбирача ПРП-750М, але він не виготовляється. ЗАТ «Волинська фондова компанія» налагоджує виробництво преса малогабаритних тюків ППТ-130, який у 2006 році пройшов державні випробування і рекомендований до постановки на виробництво.

Результати випробувань свідчать, що вітчизняний прес-підбирач ППР-110, ПРП-750 М за всіма показниками технічного рівня поступаються закордонним. Прес-підбирачі не обладнуються системою подрібнення, ширина захвату першого становить всього 1,25 м, його конструкція морально застаріла (прес виготовлявся понад 10 років).

Рисунок 3.3 – Рулонний прес-підбирач ВАРІАНТ 180 фірми CLAAS

Власне виробництво прес-підбирачів для формування великогабаритних тюків в Україні не налагоджене.

### 3.4 Кормозбиральні комбайни

Потреба в консервованих кормах для ферм різного типорозміру змінюється у широких межах: від десятків до десятків тисяч тон. Відповідно, виходячи з агростроків заготівлі та технологічних вимог до процесу закладання кормів на зберігання, парк кормозбиральних комбайнів повинен включати машини різних класів залежно від продуктивності, а отже, і потужності приводу.

Існує така закономірність: комбайни малого класу зі споживаною потужністю до 170 кВт - це переважно причіпні та навісні машини, а комбайни середнього та вищого класів з потужністю понад 170 кВт - самохідні машини.

У цілому кормозбиральні комбайни можна класифікувати:

- 1) за потужністю приводу: комбайни малого класу - до 100 кВт; комбайни середнього класу - 100-200 кВт; комбайни енергонасиченого класу - 200-300 кВт; комбайни надпотужного класу - 300-400 кВт і більше;
- 2) за способом агрегування: причіпні, навісні та самохідні;
- 3) за типом подрібнюючого робочого органу: барабанний чи дисковий апарат.

Традиційна схема кормозбирального комбайна передбачає ходову частину, живильний апарат, подрібнювальний апарат, змінні робочі органи (адаптери) для збирання різних культур, двигун (у самохідних машинах).

Більшість комбайнів обладнується барабаними подрібнювачами, які різняться геометричними параметрами (діаметр, ширина), кількістю і розташуванням ножів, частотою обертання тощо.

Збільшення ширини барабана дозволяє підвищити площу перерізу приймальної горловини і підвищити продуктивність комбайна. Всі останні моделі подрібнюючих агрегатів обладнують автоматичною системою заточки ножів і електрогідросистемою регулювання отвору між ножами барабана і протиризальною пластиною.

Дискові подрібнювачі в основному встановлюються на комбайнах, які агрегуються з універсальними енергетичними засобами, де вимагається

малий габарит подрібнювача за довжиною. Це комбайни КПК-3000 зі складу комплексу К-Г-6 «Полісся», причіпний КДП-3000 виробництва ВО «Гомсільмаш» (Білорусь) та ряд моделей фірм SIP (Словенія) і Kuhn (Франція).

Сучасні комбайни мають низку нових систем та пристроїв, а саме доподрібнювальний апарат для заготівлі кормів у пізній фазі стиглості кукурудзи, пристрій для внесення консервантів, каменеметалодетектор, автоматичний заточувальний пристрій тощо.

До змінних робочих органів комбайнів відносяться:

1) підбирачі для підбирання пров'ялених скошених трав під час заготівлі сінажу;

2) жатки для скошування низькостеблових трав'яних культур безпосередньо для згодовування тваринам та заготівлі деяких інших видів корму.

3) жатки для збирання високостеблових культур (кукурудзи, сорго тощо) під час заготівлі силосу.

Сучасними лідерами з випуску кормозбиральних комбайнів є фірми KRONE, CLAAS (Німеччина), JOHN DEERE (США).

Фірма KRONE серійно виготовляє комбайни з потужністю двигуна від 490 к.с. до 980 к.с. Агрегати від CLAAS характеризуються потужністю 345-623 к.с. Фірма JOHN DEERE - 350-660 к.с.

Так, комбайни серії BIG X 800 та BIG X 1000 фірми KRONE оснащені двома двигунами, а це дає можливість використовувати необхідну потужність. Конструкція живильного апарата комбайнів фірми KRONE включає у себе, на відміну від конструкції інших фірм-виробників, шість приймальних вальців, що забезпечує попереднє підпресовування маси.

Для полегшення праці механізатора, зменшення витрат палива, а також для заготівлі високоякісного силосу комбайни BIG X серійно оснащуються системою автоматичного налаштування довжини різки Autoscan. Довжина різки автоматично регулюється залежно від ступеня зрілості і вологості

заготовлюваної маси. Зелена маса подрібнюється довше, коричнева та суха дещо коротше.

Комбайни BIG X серійно оснащуються системою Constant Power, яка постійно забезпечує максимальне завантаження двигуна. Ця система автоматично настроює швидкість руху комбайна залежно від складу та урожайності маси. Це також значно полегшує роботу механізатора та заощаджує витрати палива тощо.

Конструкцією комбайнів передбачено серійне оснащення їх металодетекторами, а по замовленню і каменедетектором. Фірма CLAAS оснащує свої машини каменедетектором, при цьому розмір каміння, на який реагує пристрій, регулюється за бажанням обслуговуючого персоналу. При попаданні стороннього предмету його місцезнаходження зазначається на моніторі в кабіні машини.

#### Рисунок 3.4 - Самохідний кормозбиральний комбайн JAGUAR фірми CLAAS

Відомо, що найпоживніший силос із кукурудзи при її збиранні у фазі воскової або повної стиглості. Проте після подрібнювального барабана воно залишається не подрібненим, відтак, не повністю перетравлюється у шлунку тварин. Щоб забезпечити найбільш повне використання зернової фракції кукурудзи, сучасні комбайни обладнуються доподрібнювальними

пристроями, які змонтовані після подрібнювального барабана. В основному це два рифленні вальці, які обертаються назустріч один одному з різною кількістю обертів (приблизно різниця між ними становить 20%, а на замовлення - 40%). При цьому створюється розтиральний ефект.

Для заготівлі силосу із високостебельної маси сучасні комбайни комплектують барабанними жатками суцільного зрізу. Так, фірма JOHN DEERE комплектує комбайни жатками з шириною захвату від 3 до 9 м, CLAAS - 4,5 м і 6 м.

Фірма KRONE пропонує нову конструкцію жатки Easy Collect із шириною захвату 6-10,5 м (8; 10; 12 або 14 рядків). Модульна система і принцип циркульованого колектора зменшують кількість конструктивних елементів та приводних механізмів. Конструкція таких жаток забезпечує подачу рослинної маси в живильний апарат під прямим кутом, що забезпечує її подрібнення з максимальною точністю. Платформенні та рядкові жатки в сучасних комбайнах не застосовуються.

Для заготівлі сінажу комбайни оснащуються підбирачами. Вони мають подібну конструкцію і складаються з підбирального механізму, шнека, механізму копіювання рельєфу поля та приводу. Фірма KRONE комплектує свої машини підбирачами нової конструкції. При цьому в конструкції підбирача відсутня велика кількість деталей, які піддаються інтенсивному зношуванню, - бігова доріжка і ролики граблін. Однією з особливостей таких підбирачів є хвилеподібна конструкція напрямних пластин у зоні заглиблення граблін та збільшена їх кількість обертів на 30%. Такі підбирачі обладнані шістьма рядами граблін.

Для заготівлі зернофуражу та безпосередньо для згодовування тваринам комбайни комплектуються жатками ротаційного типу та сегментно-пальцевими. Йдеться про комбайни заводів «Гомсільмаш» та «Ростсільмаш».

В Україні виготовлялись комбайни малого класу КПИ-Ф-2,4А, КПИ-Ф-30 (ВАТ «Білоцерківсільмаш»), а також налагоджувалось виробництво самохідних комбайнів із двигуном потужністю 162 кВт ККЗ-150 «Олімп»



(ВАТ «Олімп», м. Світловодськ Кіровоградської обл.) та КЗК-4,2 (ВАТ «Борекс», м. Бородянка Київської обл.). Всі ці комбайни пройшли випробування в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Комбайни енергонасиченого (200-300 кВт) та надпотужного класів (300-400 кВт) в Україні не випускалися. Останнім часом з різних причин виробництво кормозбиральних комбайнів в Україні, за винятком причіпного комбайна КРП-2,0 типу «Рось-2», призупинене.

### 3.5 Візки-підбирачі

З метою підбирання із валків і транспортування кормової маси, розподілення її по силосній ямі, а також в якості транспортних засобів при заготівлі зеленого корму та кукурудзи на силос використовуються самонавантажувальні візки-підбирачі. Наразі провідну роль у випуску таких машин відіграють провідні фірми типу CLAAS, KRONE, BERGMANN, (Німеччина), RÖTTINGER (Австрія) тощо.

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

Основними складовими візків-підбирачів є ходова частина (залежно від вантажопідйомності одно-, дво- і тривісна), кузов (обладнаний зверху тентом або металевим щитком), підбирач, подавальний механізм (у вигляді граблин та подавальний ротор зі спіралеподібним розташуванням зубів), різальний апарат. На днищі кузова змонтований скребковий транспортер, який забезпечує швидке і рівномірне транспортування кормової маси та плавне її вивантаження.

Для рівномірного укладання кормової маси в траншеї при заготівлі сінажу візки-підбирачі оснащуються серійно двома дозувальними вальцями з V-подібно розташованими пальцями, а на замовлення - трьома. Це забезпечує безперебійний потік кормової маси та швидке її розвантаження. Візки обладнуються механізмом автоматичного відключення скребкового транспортера в кінцевому положенні при повному заповненні кузова.

Деякі фірми, наприклад KRONE, на замовлення виготовляє візки-підбирачі з поперечним вивантажувальним транспортером для вивантаження маси вліво або вправо. В цьому випадку вони використовуються для роздавання корму тваринам на вигульних площадках. За відсутності потреби у його користуванні транспортер легко засовується під кузов візка.

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

## 4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМОТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ УКЛАДКИ СІНА

### 4.1 Опис пневмотранспортера

Пневматичний транспортер ежекторного типу ТПЕ-10А служить для переміщення сіна, соломи а також сухого торфу, тирси і т.д. Основними вузлами машини є: рама, вентилятор, конфузор, завантажувальний бункер, проміжна камера, нагнітаючий трубопровід з направляючим козирком, ходова частина.

На транспортері встановлено вентилятор середнього тиску, двостороннього втягування. Він складається із ротора (крилача) і корпусу. Основними деталями ротора є вал, маточина і диск з привареними до нього з обох сторін вісьмома лопатями спеціального профілю. Ротор обертається в двох радіальних сферичних шарикопідшипниках. Привідний шків може бути встановлений на будь-якому кінці ротора. Всмоктувальні бокові отвори корпусу вентилятора прикриті направляючими лотками, які запобігають засміченню вентилятора транспортуючим матеріалом і направляють повітряний потік на ротор.

Конфузор приварений до корпусу вентилятора. Він служить для збільшення швидкості потоку повітря, що нагнітається вентилятором в проміжну камеру.

Завантажувальний бункер болтами прикріплюється до корпусу вентилятора і проміжної камери. Скатна площина бункера встановлена під кутом  $55^\circ$  до вертикалі.

Проміжна камера служить для змішування транспортуючого матеріалу з потоком повітря. Вона з'єднує завантажувальний бункер з нагнітальним трубопроводом. До неї приєднують конфузор від вентилятора. Зверху камера має люк з кришкою, який забезпечує доступ всередину її у випадку забивання транспортуючим матеріалом. Всередині камери встановлений

спеціальний клапан, що забезпечує зворотній вихід повітря в завантажувальний бункер при забиванні камери чи трубопроводу.

Трубопровід складається з 15 прямих секцій, 4 колін і направляючого козирка. Коліна забезпечують сумарний поворот трубопроводу на 180°. Частини трубопроводу з'єднанні між собою хомутами.

Всі вузли машини змонтовані на зварній рамі, яка в робочому положенні спирається задньою частиною на рамні опори, а спереду - на ніжки.

Ходові колеса шарнірно з'єднанні з задніми опорами рами. В робочому положенні машини колеса піднімаються вгору.

Працює транспортер наступним чином. Матеріал переміщується під дією власної ваги і за рахунок ежекції повітряного потоку подається з завантажувального бункера в проміжну камеру, де змішується з потоком повітря, який потрапляє в цю камеру по кофузору від вентилятора. Створена сіно-повітряна суміш нагнітається в трубопровід і по ньому поступає до призначеного місця. Направляючим козирком, встановленим на кінці трубопроводу, вона рівномірно розподіляється по місцю подачі. При роботі транспортера клапан проміжної камери відкритий в результаті дії ежекції повітряного потоку, який проходить в нагнітаючий трубопровід. Як тільки в цьому трубопроводі чи у самій камері утворилася пробка, повітря буде виходити з машини в зворотному напрямленні через навантажувальний бункер. Тоді клапан тиском цього повітря закриється і перегородить йому вихід в завантажувальний бункер. В проміжній камері підніметься тиск, в результаті чого буде ліквідована пробка, після чого машина автоматично переходить на нормальний режим роботи.

Направляючий козирок керується дистанційно при допомозі двох тросів.

Транспортер приводиться в дію від ВВП трактора Т-25А, або електродвигуном потужністю 11 кВт з відповідними привідними шківками діаметром 160-180 мм.

Недосконалість конструкції пневмозавантажувача сінохвищ потребує розробки ряду пристосувань, що забезпечать надійну роботу завантажувально-розвантажувальних пристроїв.

#### 4.2 Розрахунок пневматичної системи транспортера

Вихідні дані для розрахунку :

- відстань подачі сіна -  $L = 60$  м ;
- висота подачі сіна -  $H_n = 10$  м ;
- продуктивність пневмотранспортера -  $G_{np} = 2$  т/год;
- питома маса сіна -  $\rho = 90$  кг/м<sup>3</sup>;
- швидкість витання сіна -  $V_s = 8,5$  м/с;
- температура оточуючого повітря -  $t = 20$  ° С.

Завантажувальний бункер розміщено на нагнітальній частині повітропроводу.

Визначаємо коефіцієнт об'ємної концентрації - відношення об'єму секундної подачі продукту до об'єму секундної подачі повітря:

$$E_{об'єм} = V_{np} / V_{нов} \quad (4.1)$$

де  $V_{np}$  - об'єм секундної подачі продукту;

$V_{нов}$  - об'єм секундної подачі повітря.

При транспортуванні соломи, сіна, зернових продуктів  $E_{об'єм} = 1/1000 \dots 1/2000$ . Вибираємо  $E_{об'єм} = 1/1000$  [1].

Коефіцієнт вагової концентрації - відношення ваги транспортованого продукту до ваги транспортуючого повітря:

$$E_{ваг} = G_{np} / G_{нов} = (V_{np} \cdot \rho_{np}) / (V_{нов} \cdot \rho_n), \quad (4.2)$$

де  $G_{np}$  - вага транспортованого продукту, кг;

$G_{нов}$  - вага транспортуючого повітря, кг.

$$E_{ваз} = 1/1000 \times 90/1,1 = 0,082 \text{ кг.}$$

Залежність між швидкістю транспортуючого повітря  $V_{нов}$  і швидкістю витання продукту  $V_e$  та коефіцієнтом вагової концентрації  $E_{ваз}$  наведено в [3, табл. 35]. При  $E_{ваз}$  менше 1,0 відношення  $V_{нов}/V_e$  для сіно-соломистих матеріалів становить 1,5...2,0.

Вибираємо  $V_{нов}/V_e = 2,0$ .

При швидкості витання сіна  $V_e = 1,5$  м/с, швидкість транспортуючого повітря в трубопроводі буде становити  $V_{нов} = 2 \times V_e = 2 \times 8,5 = 17$  м/с

Знаходимо секундну подачу матеріалу:

$$V_{np} = G_{np}/3600 \times \rho_{np}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.3)$$

де  $G_{np}$  - подано в кг/ год.

$$V_{np} = 2000 / 3600 \times 90 = 0,061 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначаємо секундну подачу повітря з співвідношення

$$V_{ное.} = V_{np} / E_{об'єм}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.4)$$

$$V_{ное} = 0,0061 / 1000 = 6,1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначаємо діаметр повітропроводу:

$$d_n = \sqrt{4 \cdot V_{ное} / \pi \cdot V_{нов}}, \quad (4.5)$$

де  $V_{ное}$  - секундна подача повітря, м<sup>3</sup>/с;

$V_{нов}$  - швидкість повітря, м/с.

$$d_n = \sqrt{4 \cdot 6,1 / \pi \cdot 17} = 0,47 \text{ м} = 470 \text{ мм}.$$

Для забезпечення нормальної роботи пневмотранспортера при завантаженні сіна діаметр повітропроводу повинен бути не менше 470 мм. В серійній машині ТПЗ - 10А він становить 600 мм, що нас задовольняє.

Визначаємо величину повного напору, який повинен створювати вентилятор, для забезпечення надійного транспортування сіна:

- опір тертя повітря об стінки повітропроводу [3]:

$$R_h = 6,61 \cdot (V_{нов} / d_n) \cdot (p / 1.2) \quad (4.6)$$

де  $R_h$  - опір тертя повітря в мм вод. ст.;

$d_n$  - діаметр повітропроводу в мм;

$V_{нов}$  - швидкість повітря в м<sup>3</sup>/с;

$p$  - питома маса повітря в кг/ м<sup>3</sup>.

Загальна величина місцевих втрат в трубопроводі. Трубопровід має 2 коліна з радіусом кривизни  $4d_n$ , а одне коліно з радіусом кривизни  $d_n$  і закруглені краї при вході повітря. Користуючись [1], знаходимо величини місцевих втрат:

$$E_1 = 2 \times 0,12 = 0,24; \quad E_2 = 0,3; \quad E_3 = 0,5.$$

Загальна величина місцевих втрат

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 0,24 + 0,3 + 0,5 = 1,04 = 10,4 \text{ Па}. \quad (4.7)$$

- питома вага суміші повітря і сіна

$$P_{см} = P_n P_c \quad \text{кг/м}^3. \quad (4.8)$$

- повний напір

$$H_p = [R_h \times L + E(V_{нов}^2 \times S / 2g)] \times (1 + E_{ваг.} \times tg\varphi) + (V_{нов}^2 \times S / 2g) + (V_{пр} \times H_p / V_{нов}) \quad (4.9)$$

В даній формулі  $S$  залежить від співвідношення швидкостей транспортуючого повітря і швидкості витання. В нашому випадку:

$$V_{нов} / V_с = 17/8,5 = 2, \quad \text{а } tg\varphi = 0,18.$$

Тоді,

$$\begin{aligned} H_p &= [0,65 \times 60 + 1,04 (289 \times 1,19 / 2 \times 9,81)](1 + 0,082 \times 0,18) + \\ &+ (289 \times 1,19 / 2 \times 9,81) + (0,0061 \times 90 \times 10 / 6,1) = \\ &= (39 + 18,23) \times 1,015 + 17,53 + 0,9 = 76,52 \text{ мм. вод. ст.} \end{aligned}$$

Взначаємо діаметр сопла завантажувальної горловини:

- швидкість повітря в соплі горловини:

$$V_{сop} = 2g \times H_p / \eta \rho_n \quad (4.10)$$

де,  $\eta$  - к. к. д. воронки (приймаємо  $\eta = 0,9$ ).

$$V_{сop} = 2 \times 9,81 \times 76,52 / 1,1 \times 0,9 = 38,94 \text{ м/с.}$$

Швидкість повітря в соплі воронки не повинна перевищувати 45 м/с, якщо вона буде більша цього значення, значно зросте потужність на привід пневмотранспортера.

б) діаметр сопла завантажної воронки:

$$d_c = 4 V_{нов} / \pi V_{сop}. \quad (4.11)$$

$$d_c = (4 \times 6,1) / \pi \times 38,94 = 0,45 \text{ м}$$



Потужність, необхідна для приводу вентилятора:

$$N = (V_{\text{ноє}} H_e x B) / 102 \times \eta_e \times \eta_n, \quad (4.12)$$

де  $B$  - коефіцієнт запасу потужності, приймаємо  $B=1,1$  [3, таб. 5].

$\eta_e$  - к.к.д. відцентрових вентиляторів ( $\eta_e = 0,45 \dots 0,64$ ), приймаємо  $\eta_e = 0,56$ ;

$\eta_n$  - к.к.д. пасової передачі,  $\eta_n = 0,9$ .

Тоді,

$$N = 6,1 \times 76,52 \times 1,1 / 102 \times 0,56 \times 0,9 = 10 \text{ кВт.}$$

Продуктивність вентилятора (за годину):

$$V_{\text{ноє}} = 6,1 \times 3600 = 21960 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Величина напору

$$H_p = 76,52 \text{ мм. вод. ст.}$$

По цим величинам за ДСТУ 5464 - 92 підбираємо вентилятор ЦАГИ № 6<sup>1/2</sup>, к.к.д. цього вентилятора становить  $\eta_e = 0,56$ .

За ДСТУ 5459-91 підбираємо для приводу вентилятора електродвигун трифазного струму загального застосування 4А 132 М4УЗ, потужністю  $N=11$  кВт, частота обертання валу  $n = 1500$  об./хв.

### 4.3 Розрахунок клинопасової передачі приводу транспортера

В зв'язку з тим, що вентилятор завантажувального пристрою працює як від електродвигуна, так і від ВВП трактора, а крутний момент передається через клинопасову передачу, визначимо розміри шківів і зусилля, які діють на них.

Безкінечні клинові гумовотканинні привідні паси виготовляють кордотканинними і кордошнуровими. При малих діаметрах шківів, а також при великих швидкостях рекомендується застосовувати кордошнурові паси, при порівняно великих діаметрів шківів - кордотканинні.

Розрахункова ширина  $a$  рівна приблизно ширині паса по середній лінії. Вона залишається незмінною при вигині паса на шківі любого діаметра. Положення розрахункової ширини визначає розрахункові діаметри шківів, довжину і швидкість пасів.

Розрахункова довжина пасів - довжина на рівні його розрахункової ширини.

Внутрішня довжина паса - довжина по його внутрішній окружності.

Паси повинні зберігати працездатність при температурі від  $-30$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Передачі клиновими пасами застосовують частіше при малих міжосьових відстанях і, як правило, при великих передаточних числах (до 10).

Максимальна різниця між довжинами пасів однієї і тієї ж групи відповідає допуску на розбіжність довжин пасів в одному комплекті. Комплект складається з пасів, які входять в одну і ту ж групу, номер якої заносять в маркування паса.

Вихідні данні для розрахунків:

Потужність електродвигуна - 11 кВт.

Кутова швидкість - 75,5 м/с.

Підбираємо переріз пасів. Приймаємо паси тип В. Вибираємо діаметр ведучого шківів.  $d_1=200$  мм (Допустиме відхилення  $\pm 2,0$  мм).

Діаметр веденого шківів знаходимо з формули:

$$d_2 = d_1 - u_o - (1 - \varepsilon) = 450 \text{ мм}, \quad (4.13)$$

де  $u_o$  - передаточне число;

$d_1$  - діаметр ведучого шківів;

$\varepsilon = 0,02$ .

Уточнюємо передаточне число:

$$u = \frac{d_2}{d_1(1 - \varepsilon)} = \frac{450}{200(1 - 0.02)} = 2.2 \quad (4.14)$$

де  $d_2$  - діаметр веденого шківів;

$\varepsilon$  - коефіцієнт пружного ковзання для прогумованих пасів.

Визначимо діаметр натяжного ролика що б уникнути провисання паса

$$d_p = (0,75 \dots 1,0) d_1 = 0,75 \cdot 200 = 150 \text{ мм},$$

$$\frac{a}{d_2} = 1.2$$

Щоб визначити розрахункову довжину паса нам потрібно визначити розрахункову міжосьову відстань

$$a = (1,5 \dots 2) d_p + d_2 = 1,5 \cdot 150 + 200 = 425 \text{ мм}. \quad (4.15)$$

Знайдемо розрахункову довжину паса

$$\begin{aligned} L_p &= 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) - \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= 2 \cdot 425 + \frac{\pi}{2}(200 + 450) - \frac{(450 - 200)^2}{4 \cdot 425} = 2954.5 \approx 3000 \text{ мм} \end{aligned}$$

Визначимо кінцеву міжосьову відстань

$$\begin{aligned} a &= 0.25 \left| (L_p - b_1) + \sqrt{(L_p - b_1)^2 - 8b_2} \right| = \\ &= 0.25 \left| (3000 - 1020.5) + \sqrt{(3000 - 1020.5)^2 - 8 \cdot 125} \right| = 989 \text{ мм} \end{aligned}$$

де  $L_p$  - розрахункова довжина паса;

$b_1, b_2$  - ширина канавок.

Визначимо кут обхвату паса ведучого шківів

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a} = 165.6^\circ$$

Різниця між довжинами паса, яку треба вибрати відтяжним роликком.

$$\Delta L = L_p - L_o = 3000 - 2954.5 = 45.5 \text{ мм} \quad (4.16)$$

де  $L_o$  - прийнята за стандартом розрахункова довжина.

Визначимо кількість пасів  $z$  за формулою

$$z = \frac{P_1 \cdot C_p}{P_o \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_Z} = \frac{11_1 \cdot 1.2}{4.21 \cdot 0.98 \cdot 0.96 \cdot 1} \approx 2$$

де  $C_p = 0.98$ ;  $P_o = 4.21$  кВт;  $C_\alpha = 0.98$ ;  $C_L = 0.96$ ;  $C_Z = 1$ ;

$P$  - потрібна потужність. Після підрахунку ми бачимо, що потрібна кількість пасів дорівнює 2.

Визначимо сили, які діють на клинопасову передачу.

Попередній натяг  $F_o$ :

$$F_o = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_V}{z \cdot \sigma \cdot C_\alpha} + \theta \cdot \sigma^2 = \frac{850 \cdot 11 \cdot 1.2 \cdot 1}{2 \cdot 7.33 \cdot 0.98} + 0.30 \cdot 7.33^2 = 800 \text{ Н}$$

де  $C_V = 1$ ;

$Q = 0,3$  - сила тиску на ведучій та ведений вали до початку і під час роботи;

$\sigma$  - початкове напруження;

Визначимо потрібну швидкість паса  $V$ .

$$V = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{2 \cdot 10^3} = \frac{200 \cdot 73.3}{2 \cdot 10^3} = 7.33 \text{ с}^{-1}$$

де  $\omega_1$  - кутова швидкість.

Визначимо колове зусилля яке діє на клинопасову передачу:

$$F_t = 10^3 \frac{P_1}{V} = 10^3 \frac{11}{7.33} = 1500 \text{ Н.}$$

де  $P_1$  - потрібна потужність;

$V$  - швидкість клинопасової передачі.

Визначимо зусилля яке діє в ведучій гілці:

$$F_1 = F_o + \frac{F_t}{2} = 800 + \frac{1500}{2} = 1550 \text{ Н} \quad (4.17)$$

Після цього, визначимо зусилля яке діє в відомій гілці:

$$F_2 = F_o - \frac{F_t}{2} = 800 - \frac{1500}{2} = 50 \text{ Н}$$

де  $F_o$  - попередній натяг;

$F_t$  - зусилля яке діє на ведучій гілці.

Після того, як ми провели розрахунки по визначенню зусиль в ведучій і веденій гілці, можемо приступити до розрахунку зусилля на ведучому і веденому валу.

Визначимо зусилля яке діє на ведучій вал:

$$\begin{aligned} F_{b1} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cos \alpha_1} = \\ &= \sqrt{1550^2 + 50^2 - 2 \cdot 1550 \cdot 50 \cos 165} = 673.6 \text{ Н} \end{aligned}$$

Визначимо зусилля яке діє на ведений вал:

$$\begin{aligned} F_{b2} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cos \alpha_1} = \\ &= \sqrt{1550^2 + 50^2 - 2 \cdot 1550 \cdot 50 \cos 237} = 1577,5 \end{aligned}$$

де  $F_1$  - зусилля яке діє на ведучій гілці;

$F_2$  - зусилля яке діє на веденій гілці.

Визначимо кут обхвату пасом веденого шківа:

$$\alpha_2 = 180 + 57 \frac{d_2 - d_1}{a} = 237^\circ \quad (4.18)$$

де  $\alpha_2$  - міжосьова відстань.

Визначимо остаточну ширину шківів:

$$M = (z - 1)e + 2f = (2 - 1)25.5 + 2 \cdot 17 = 60 \text{ мм} \quad (4.19)$$

де  $z$  - кількість пасів, дорівнює 2;

$$e = 25,5;$$

$$f = 17$$

Після того, як ми визначили всі основні розміри, визначимо діаметр іна, але перед цим визначимо крутний момент:

$$T = 10^3 \frac{P}{\omega} = 10^3 \frac{11}{73.3} = 150 \text{ Нм}, \quad (4.20)$$

де  $P$  - необхідна потужність;

$\omega$  - кутова швидкість.

Визначимо який потрібен розрахунковий діаметр вала:

$$d_n = 10^3 \sqrt[3]{\frac{150}{0.2 \cdot \tau_{TP}'}} = 28.9 \approx 30 \text{ мм} \quad (4.21)$$

де  $\tau_{TP}' = 30$ ;

$T$  - крутний момент.

Підберемо матеріал для маточин. Прийнемо їх чавунними. Визначимо діаметр маточин:

$$d_{cm} = 1,6 \cdot d_g + 10 = 1,6 \cdot 30 + 10 = 58 \text{ мм} \quad (4.22)$$

де  $d_g$  - діаметр валу.

Визначимо ширину маточини

$$l_{cm} = (1,2 \dots 1,5) \cdot d_g = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ мм.}$$

Визначимо товщину обода

$$\delta = 0.005 \cdot d + 5 = 0.005 \cdot 200 + 5 = 6 \text{ мм.}$$

де  $d$  — діаметр валу який дорівнює 200 мм.

Визначимо товщину обода чавунних шківів.

$$\delta_{\text{чуг}} = (0,65 \dots 0,75) \cdot e = 0,65 \cdot 25,5 = 16,5 \text{ мм.}$$

Визначимо діаметр обода

- для ведучого шківа

$$D_{\text{об1}} = d_1 - 2 \cdot \delta = 171,4 - 2 \cdot 16,5 = 139,4 \text{ мм}$$

де  $\delta$  — товщина обода;

- для веденого шківа

$$D_{\text{об2}} = d_2 - 2 \cdot \delta = 421,4 - 2 \cdot 16,5 = 389,4 \text{ мм.}$$

Внутрішні діаметри шківів.

Ведучий шків

$$d_{i1} = d - 2 \cdot h = 200 - 2 \cdot 14,3 = 171,4 \text{ мм}$$

де  $h$  — висота шківа;

$d$  - діаметр шківа.

Ведений шків

$$d_{i2} = d - 2 \cdot h = 450 - 2 \cdot 14,3 = 321,4 \text{ мм}$$

Для шківів з диском визначимо товщину диска:

$$C_1 = (1,2 \dots 1,3) \delta = 1,2 \cdot 16,5 = 19,8 \approx 20 \text{ мм.}$$

За результатами проведених розрахунків розробляємо конструкцію вузлів і деталей пневмотранспортера.

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ І ЗАГОТІВЛІ СІНА В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

### 5.1 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 природно-кліматичні 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:

$$\Omega = F \cdot k, \text{га}, \quad (5.1)$$

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:

$$K_{зм} = \frac{T_{\partial}}{T_{зм}}, \quad (5.2)$$

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  $T_{зм} = 7\text{год.}$ .

$$\text{Тоді, } K_{зм} = \frac{7}{7} = 1.$$

Змінну норму виробітку визначимо за формулою:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}, \quad (5.3)$$

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

Тоді

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

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

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} K_{зм} D_p}, \quad (5.4)$$

де  $D_p$  – тривалість робіт, днів;

В нашому випадку:  $\Omega=100\text{га}$ ;  $W_{зм}=15$ ;  $K_{зм}=1$  (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

$$D_\phi = \frac{\Omega}{n_a W_{зм} K_{зм}}, \quad (5.5)$$

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:

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм}}, \quad (5.6)$$

де  $N_{зм}$  – число нормо-змін.

$$N_{зм} = \frac{100}{17.5} = 5.71.$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначимо за формулами:

$$n_M = m_M \cdot n_a \cdot K_{зм}, \quad (5.7)$$

$$n_D = m_D \cdot n_a \cdot K_{зм}, \quad (5.8)$$

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:

$$G_{п} = \Omega \cdot g_{п}, \quad (5.9)$$

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

Для операції кондиціонування витрата палива буде становити:

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

Затрати праці на виконання робіт підраховуємо за формулою:

$$Z_{п} = (n_M + n_D) / W_{зм} \cdot T_{зм} \quad (5.10)$$

В нашому випадку затрати праці будуть становити:

$$Z_{п} = (1+0) / 17.5 \cdot 7 = 0.39 \text{ год/га.}$$

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

$$W_y = \lambda \cdot N_{зм} \cdot T_{зм}, \quad (5.11)$$

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

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

Умовний виробіток на операції кондиціонування буде таким:

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

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

Всі отримані дані заносимо у відповідні їм колонки технологічної карти.

## 5.2 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 прямокутників, 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 5.1.

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будують 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.

Таблиця 5.1 – Потреба у тракторах

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

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.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Загальні питання при організації заходів з охорони праці

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально–економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувальних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Складовими охорони праці є законодавство про працю, виробнича санітарія і безпека застосування різних технічних засобів на виробничих процесах у сільському господарстві, включаючи пожежну безпеку.

Трудове законодавство регламентується законодавчими актами, основними з яких є Конституція України, Кодекс законів про працю, Закон України «Про охорону праці». При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [15].

Державним стандартом і санітарними правилами регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями, інструментом і документацією), до статичної стійкості машин, гідро- і пневмо приводів, робочого місця оператора, органів керування, від яких залежать умови праці й безпека оператора.

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

Для оцінки безпеки сільськогосподарської техніки застосовують різні способи й засоби. Найбільш поширеним є безпосередній огляд,

випробування й вимірювання параметрів. В окремих випадках, при експлуатації складного обладнання для оцінки рівня безпеки (небезпеки) сільськогосподарських машин, виробничих процесів, виробництв, із метою запобігання травмонебезпечним, аварійним ситуаціям застосовують аналітичний метод. Усі наведені методи є складовими методу експертної оцінки робочих місць, машин, операцій.

Методом безпосереднього огляду і випробувань визначають стан кабіни, захисного каркасу, безпеку входу і виходу з кабіни, засобів приєднання і від'єднання сільськогосподарських машин і знарядь; наявність і справність огорожувальних та блокувальних пристроїв; стан і роботу вузлів, що працюють під тиском або при підвищеній температурі; справність засобів сигналізації; справність механізмів переведення машин з транспортного положення в робоче і навпаки; наявність і стан засобів фіксації начіпних машин у транспортному положенні; пристрої що забезпечують безпечну роботу в нічний час.

Методом вимірювання оцінюють навантаження оцінюють навантаження на керовані колеса; статичну стійкість машин; люфт рульового колеса; габарити машин; кріплення пасів безпеки; показники оглядовості з робочого місця оператора; сили опору переміщенню органів керування; рівень шуму на робочому місці; рівень зовнішнього шуму; рівень вібрації; концентрацію шуму; наявність шкідливих речовин у повітрі; освітленість.

У процесі перевірки отримані дані порівнюють із нормативними і якщо вони перевищують допустимі, то машина до експлуатації не допускається [17, 20].

## 6.2 Безпека при комплектуванні та використанні МТА

Комплектує МТА тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира чи механіка. За технічний стан, комплектування і безпечне використання машин, що знаходиться у приватній власності, несе повну відповідальність власник.

До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини.

Причіпні й 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 спеціальною програмою механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту й спецодягу.

Механізовані роботи й рух агрегатів відповідають розробленим і затвердженим керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

На ділянках полів, над якими проходять повітряні лінії передач, робота й поїзд машин дозволяється в тому випадку, якщо відстань від найвищої точки машини до нижнього проводу лінії не менше за такі величини:

Напруга лінії, кВт	1	1-20	35-110	150	200	200-500
Відстань по вертикалі, м	1	2	3	5	5	6

Особливу увагу слід приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче 2 класу, із стажем роботи за спеціальністю не нижче 3 років. В умовах гористої місцевості, як правило, застосовують спеціальні МТА й окремі машини (крутосхильної модифікації). Для роботи на схилах крутістю 8–9° допускаються трактори загального призначення.

Виконувати роботи під машинами, піднятими за допомогою гідромеханізмів, забороняється. Усунення несправностей, заміну ножів, операції технічного обслуговування виконують тільки при зупиненому двигуні.

Видаляти масу при забиванні робочих органів можна здійснювати за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням вимог безпеки. Для проведення ТО використовують стаціонарні пункти обслуговування, а для проведення ТО в польових умовах використовують пересувну майстерню.



Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби. Агрегат технічного обслуговування розташовують на горизонтальному майданчику в найбільш зручному положенні відносно машини, що обслуговується, гальмують та заземлюють. Заміну ножів різальних агрегатів проводять удвох [ 17; 20 ].

### 6.3 Безпека праці при заготівлі сіна

При експлуатації сінозбиральної техніки забороняється: використовувати її 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 [4].

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 дріт діаметром не менше 7 мм. Захисна зона щогли орієнтовно приймається 7-8 м [4; 6].

Пожежна безпека агрегату досягається шляхом укомплектування його вогнегасниками ОВП-5 (3 штуки), лопатою, ящиками з піском, брезентом, іскрогасником, захистом від статичного струму.

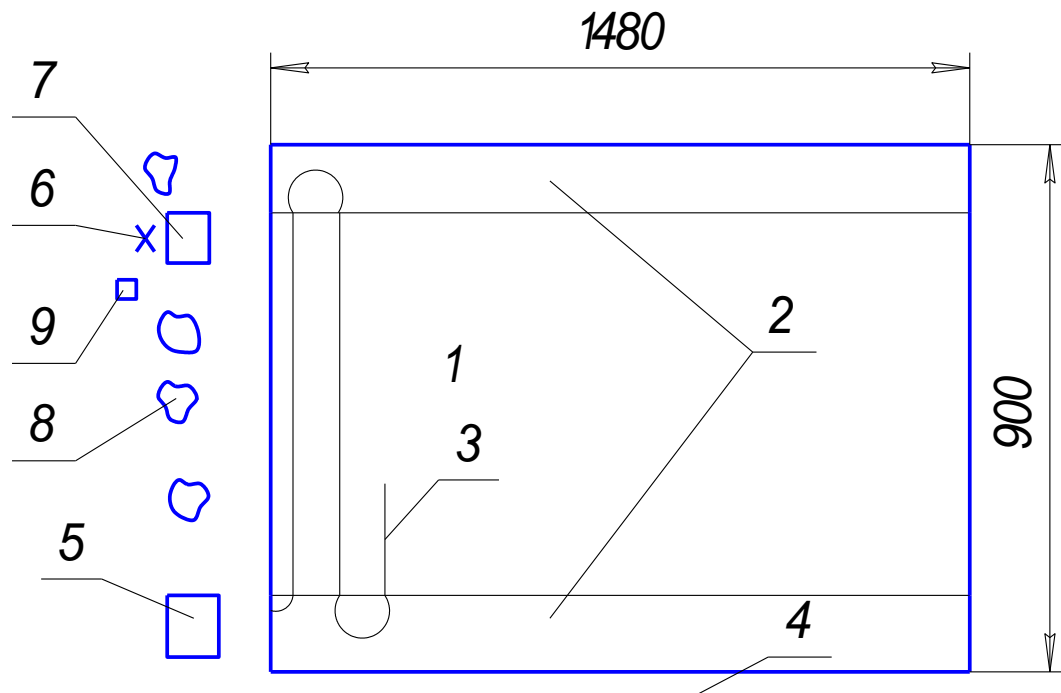


Рисунок 6.1 - Схема поля:

1 – поле; 2 – поворотні смуги; 3 – рух агрегату; 4 – дорога; 5 – транспортний майданчик; 6 – блискавкозахист; 7 – побутовий вагончик; 8 – зелені насадження; 9 – пожежний щит

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 огорожують захисними кожухами, а біля особливо небезпечних вузлів і механізмів роблять попереджувальні надписи.

На тракторах і машинах, які агрегатуються з ними, а також на самохідних кормозбиральних комбайнах для обслуговуючого персоналу необхідно обладнати двохсторонню сигналізацію (звукову або іншу) і мати медичну аптечку і бачок (термос) для питної води.

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 [6].

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 електродвигунами, що мають обдув. 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 [6].

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 незагораємій 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 кабелю 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 підстижного 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 сіносковищі 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.

#### 6.4 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.

Таблиця 6.1 – 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

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 [19]. Дані розрахунків заносимо у таблицю 6.1.

### 6.5 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 10 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.

## 7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

Виробництво кормових ресурсів є невід’ємною складовою розвитку тваринницьких галузей. На сучасному рівні культури землеробства та організації виробництва показники економічної ефективності кормової галузі не відрізняються значним прогресом.

Аналіз показників свідчить про недостатню ефективність виробництва сіна і сінажу. Це пояснюється недосконалістю технології заготівлі кормів, недостатнім рівнем механізації виробничих процесів, низьким рівнем інтенсифікації.

Але при впровадженні передових технологій і сучасних засобів механізації ця галузь рослинництва може бути рентабельною.

Розрахунок економічної ефективності від застосування розробленого пневмотранспортера проводимо по відомій методиці в порівнянні з базовою технологією. Вихідні дані для проведення розрахунків приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для проведення економічних розрахунків

Показники	Базова технологія	Удосконалена
Продуктивність, га/год.	3,0	4,12
Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
Вартість машини, грн.	35000	35000
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на процес визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W}, \quad (7.1)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W$  – продуктивність агрегату, га/год.



Затрати праці при роботі за базовою технологією дорівнюють:

$$H_6 = \frac{1}{3,0} = 0,33 \text{ люд.год./га.}$$

При використанні розробленого пневмотранспортера затрати праці будуть дорівнювати:

$$H_H = \frac{1}{4,12} = 0,24 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть дорівнювати:

$$H_3 = H_6 - H_H; \quad (7.2)$$

$$H_3 = 0,33 - 0,24 = 0,09 \text{ люд.год./га.}$$

За сезон при одноразовому укосі при збиранні сіна на площі 100 га зниження затрат праці становить:

$$H_3^c = 0,09 \cdot 100 = 9,0 \text{ люд.год.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при заготівлі сіна визначаються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}; \quad (7.3)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$C_a$  – амортизаційні відрахування, грн./га;

$C_p$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{ПММ}}$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. По п'ятому розряду з врахуванням мінімальної заробітної плати в розмірі 6700 грн. вона становить 291 грн. за зміну [23]. На 1 га площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C^T}{W_{3M}}, \quad (7.4)$$

де  $C^T$  – оплата праці по тарифній сітці, грн./зм;

$W_{3M}$  – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$C_{об}^1 = \frac{291}{21,0} = 13,86 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію; 50 % - за складність збиральних робіт; 12 % - за інтенсивність робіт:

$$50 \% = 6,93 \text{ грн./га,} \quad 12 \% = 1,66 \text{ грн/га.}$$

І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^H = 13,86 + 6,93 + 6,93 + 1,66 = 29,38 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (5,88 грн./га) і 51 % соціального страхування, чорнобильських відрахувань і т. ін. (14,98 грн/га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатора при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 29,38 + 5,88 + 14,98 = 50,24 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленим пневмотранспортером, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$C_{оп}^1 = \frac{291}{28,84} = 10,1 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно визначаються всі необхідні нарахування на оплату праці механізатора, який працює на агрегаті з розробленою машиною. І повні затрати на оплату праці будуть становити:

$$C_{оп} = 21,41 + 4,28 + 10,92 = 36,61 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{зм}} \quad (7.5)$$

де  $C$  – ціна машини, грн.;

$D$  – кількість днів роботи в рік;

$K$  – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для роторних сіноворушилок становить 15%. Тоді відрахування для базової машини будуть

становити:

$$C_{аб} = \frac{35000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 4,63 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблену машину будуть становити:

$$C_{ар} = \frac{35000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 3,37 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини.

Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3М}}, \quad (7.6)$$

де  $\beta$  - норма річних відрахувань.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{р.б} = \frac{35000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 4,63 \text{ грн/га.}$$

Для розробленого пневмотранспортера затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$C_{р.н.} = \frac{35000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 3,37 \text{ грн/га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = Ц_{п} \cdot V_{га}; \quad (7.7)$$

де  $Ц_{п}$  – комплексна ціна 1 кг палива;

$V_{га}$  – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки трактора і зони застосування. Приймаємо наступні норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустріальне масло – 0,64 %;

- консерваційні мастила – 0,47%;

На сьогодні вартість на паливо-мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, постачальника, величини оптових закупок і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива, яка дорівнює 54,5 грн./кг. Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 54,5 \cdot 3,36 = 183,12 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з розробленим пневмотранспортером затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 54,5 \cdot 1,24 = 67,58 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 50,24 + 4,63 + 4,63 + 183,12 = 242,62 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з розробленим пневмотранспортером будуть дорівнювати:

$$C_{\text{н}} = 36,61 + 3,37 + 3,37 + 67,58 = 110,93 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{н}} = 242,62 - 110,93 = 131,69 \text{ грн./га.}$$

З врахуванням дворазового укусу економічний ефект за сезон становить:

$$E_{\text{с}} = E \cdot 2 = 131,69 \cdot 2 = 263,38 \text{ грн./га.}$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{263,38 \cdot 100}{242,62} = 108,6 \text{ \%}.$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 100 га буде становити:

$$E_{\text{р}} = 263,38 \cdot 100 = 26338 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники, які розраховані в проекті, приведені в таблиці 7.2.

Окупність затрат на виготовлення нової сіноворушилки визначається за формулою:

$$E_o = \frac{Ц}{E_p} \quad (7.8)$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	3,0	4,12
2. Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
3. Затрати праці, люд.год./га	0,33	0,24
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	242,62	110,93
в т . ч. – оплата праці з нарахуваннями	50,24	36,61
- амортизаційні відрахування	4,63	3,37
- затрати на ремонт і ТО	4,63	3,37
- затрати на ПММ	183,18	67,58
4. Зниження прямих затрат, грн./га	-	263,38
5. Річний економічний ефект, грн.	-	26338
6. Строк окупності затрат на виготовлення пневмотранспортера, років		1,7

$$Z_o = \frac{35000}{26338} = 1,3 \text{ років.}$$

Аналіз прямих затрат на виконання процесу показує, що основна частка затрат припадає на паливо і мастильні матеріали, що пояснюється надто високими цінами на ринку.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В сільському господарстві розроблено і використовується багато різних технологій заготівлі сіна і машин для виконання робіт. Вибір тієї чи іншої технології залежить від конкретних умов господарства, умов вирощування трав на сіно, погодно-кліматичних умов, а також умов зберігання сіна.

2. Аналіз наукової літератури, патентів, досліджень і практичних даних дозволив нам вибрати оптимальні елементи технології заготівлі сіна. Перспективною культурою для заготівлі сіна є бобові трави і зокрема люцерна. Проведені розрахунки технологічної карти дали можливість визначити потребу в ресурсах і показники ефективності.

3. Розробка пневматичного транспортера ежекторного типу для переміщення сіна дозволяє якісно і з високою продуктивністю вирішити питання укладання сіна на зберігання. Проведені розрахунки дозволили визначити вентилятор для створення необхідного потоку повітря, а також параметри інших вузлів і деталей пневмотранспортера.

Транспортер приводиться в дію від ВВП трактора Т-25А, або електродвигуном потужністю 11 кВт з відповідними привідними шківками діаметром 160-180 мм.

4. Розроблена технологічна карта і визначена потреба в машинах для вирощування люцерни і заготівлі сіна в господарстві.

5. Проаналізовано стан охорони праці в господарстві і розроблено заходи по покращенню ситуації, які можуть бути використані при проведенні інструктажів на робочому місці перед початком польових робіт, проведенні навчання працівників господарства і оновленню засобів з охорони праці. Заходи з охорони праці підвищують безпеку і комфортність роботи в господарстві.

б. Проведено розрахунки і визначено економічний ефект при впровадженні розробок в господарстві. Економічний ефект становить 26338 грн. Витрати на удосконалення можуть окупитися за два сезони експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпенко М. Обґрунтування ресурсозберігаючої технології заготівлі стеблових кормів//Техніка АПК. – Київ, № 7, 2000 р.- с. 9–13.
2. 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/>.
3. Карпенко М., Карпенко В. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні// Пропозиція. - №4, 2005. с. 116 – 118.
4. Хват В. Поштовх до розвитку. – 03.10.2022 - <https://agrotimes.ua/article/poshtovh-do-rozvytku-yak-rynok-zernovyh-vplyvaye-na-czinu-myasa/>.
5. 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>.
6. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
7. Мечта М., Бабинець Т. Ефективний спосіб виробництва високоякісних кормів// Техніка АПК. - № 6-7 (червень-липень), 2006 р. – с. 10-13.
8. Боровик Г. Кормозбирання: щоб і фермі і трактору// Агросектор. - №1, 2008. – с. 34-38.
9. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Агробізнес сьогодні. - №10(209) травень 2011. – с. 23-27.
10. 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.



11. 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.
12. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
13. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
14. 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.
15. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.
16. 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.
17. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровськ. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
18. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..
19. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.
20. 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.

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