УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Дідур В.В.
“___” _____ 2026 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт)

перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

на тему **«Проектування складу МТП при вирощуванні багаторічних трав з розробкою операційної технології ворушіння сіна»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
Спеціальність Н7
«Агроінженерія»
Віталій КУКУРУДЗЯК
(прізвище та ініціали)

Керівник Юрій КОВАЛЬЧУК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

Вступ……. 4

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ……..……. 5

1.1. Умови вирощування люцерни …… 5

1.2. Біологічні особливості люцерни ……..…….. 8

1.3. Загальна характеристика культури …….. 10

1.4. Визначення складу с.г. машин …… 13

1.5. Розрахунок режимів роботи агрегату ……..…… 14

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА …… 19

2.1. Аналіз конструкції машин …… 19

2.2. Розрахунок основних параметрів граблів-ворушилки …… 27

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ……..…… 32

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА …….……. 36

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…… 39

Список літератури……..…….. 41

ВСТУП

Сіно — основа фермерської стійкості: стан і значення заготівлі в сучасному господарстві

Сіно — це не лише корм. Це стратегічний ресурс, що визначає виживання і розвиток тваринництва, економічну незалежність ферми та продовольчу безпеку регіону. Сьогодні заготівля сіна стоїть на перехресті викликів: клімат змінюється, ринки коливаються, а потреба у якісному кормі залишається незмінно високою.

Що відбувається зараз Великий бізнес інвестує в сучасну техніку: роторні косарки, валкоутворювачі, прес-підбирачі й обмотувальники — це вже не розкіш, а необхідність для забезпечення стабільної якості. Малі господарства натомість часто змушені економити — застарілі агрегати і брак ресурсів знижують продуктивність і збільшують втрати. А непередбачувана погода — нерівномірні опади, посухи і ранні заморозки — підриває плани навіть найбільш організованих ферм.

Чому сіно таке важливе Бо воно — серце фуражної бази. Від якості сіна залежить молочна продуктивність корів, приріст худоби, здоров’я тварин і, зрештою, доходи ферми. Власні запаси сіна дають господарству свободу від ринку і знижують потребу в дорогих концентрованих кормах. Травосіяння і правильні сівозміни працюють на родючість ґрунту та біорізноманіття, зменшуючи ерозію й покращуючи екологічну стійкість землекористування.

Як підвищити ефективність Секрет простий — поєднати знання й техніку. Скошувати слід у оптимальні строки (початок цвітіння бобових або середня фаза стебла трав), сушити і зберігати при контрольованій вологості (≤15–18% для тюків), використовувати кондиціонери, валки й прес-підбирачі. Рулонне сіно вимагає точної вологи й якісної обмотки. Сухі, вентильовані приміщення або надійна плівка — гарантія, що корм не зіпсується й не втратить поживності.

Економіка й кооперація Інвестиції в техніку окупаються: менше втрат, менше ручної праці, вища якість корму. Для малих господарств розумна стратегія

— кооперація: спільне використання агрегатів дозволяє знизити витрати й підтримати якість заготівлі.

Ризики і профілактика Найбільший ворог сіна — волога і пліснява. Самозігрівання тюків — реальна загроза, що вимагає контролю температури й вологості. Регулярні аналізи корму на вологість і мікотоксини — обов’язок відповідального фермера.

План на майбутнє Ферма, що планує запаси сіна заздалегідь і формує страхові запаси (20–30% від потреби), переживе будь-які ринкові та кліматичні шоки. Навчання персоналу, застосування прогнозів погоди, модернізація обладнання та кооперативні моделі — комплекс заходів, що перетворюють заготівлю сіна з рутинної операції на конкурентну перевагу.

Сіно — це вклад у здоров’я стада, стабільність бізнесу й продовольчу безпеку. Ті, хто інвестує у технології, планування і якість, не просто заготовляють корм — вони створюють фундамент для сталого та прибуткового господарства.

.

РОЗДІЛ 1
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Умови та технологія вирощування люцерни

Люцерна — це не просто кормова культура. Це багаторічна основа фуражної бази, джерело білка й азоту для землі, інструмент підвищення рентабельності ферми й екологічної стабільності господарства. Щоб вона працювала на повну, потрібні правильні умови, грамотна агротехніка і продумане управління.

Люцерна віддає перевагу родючим, глибоким, добре дренованим ґрунтам — чорноземи, суглинки, легкі супіски. Відчуває дискомфорт на важких затоплюваних або кислих ґрунтах. Ідеальний pH — 6,5–7,5; при pH <5,5 потрібне вапнування. Клімат помірно-континентальний з достатнім вологозабезпеченням — вирощування можливе й у посушливих регіонах за наявності зрошення або глибокого кореневого розвитку.

Планування й підготовка поля Люцерна — вимоглива до послідовності в сівозміні: кращі попередники — зернові та кукурудза; не бажані багаторічні трави і пасовища без підготовки. Перед закладкою потрібен ґрунтовий аналіз, корекція дефіцитів елементів і вапнування за показниками. Планування площі з урахуванням ротації (поля люцерни повертати не раніше ніж через 4–5 років) зменшує ризики шкідників і хвороб.

Вибір сортів і насіння Перевага — перевірені, місцево адаптовані сорти або суміші з високою зимостійкістю, стійкістю до посухи та хвороб. Використовуйте сертифіковане, знезаражене насіння; при потребі — інокуляція насіння ризобіями для ефективного азотфіксування.

Терміни і технологія сівби Оптимальні терміни: ранньо-весняна сівба при стабільному прогріві ґрунту до 8–10 °C або пізньо-літня (кінець серпня —

початок вересня) для кращого укорінення перед зимою. Густота посіву: 12–18 кг/га чистого насіння (залежно від сорту і умов), глибина — 1–2 см на легких ґрунтах, до 3 см на важчих. Рівномірний посів і коткування забезпечують дружне сходження.

Поживне забезпечення Люцерна потребує достатку фосфору й калію при закладанні, магній і сірка — за потреби. Азотні добрива застосовують помірно в перший рік (щоб не стимулювати надмірний ріст трав’янистих конкурентів), далі культура забезпечується через азотфіксацію бульбочковими бактеріями. Регулярні ґрунтові та листкові аналізи дають змогу коригувати підживлення.

Зрошення та водний режим Стабільний вологозабезпечення критичний у перші роки життя і під час періодів росту перед скошуванням. У засушливих регіонах зрошення підвищує врожай і кількість укосів. Але уникати застою води — люцерна чутлива до загнивання коренів.

Контроль бур’янів, шкідників і хвороб Профілактика — основа: чисте поле перед сівбою, контроль попередників, сівозміна. У перший рік важливі післясходові інтервенції проти однорічних бур’янів (механічні або гербіциди, сумісні з люцерною). Моніторинг шкідників (листогризучі гусениці, бобові жуки) і вчасні заходи IPM знижують ризики. Ротація культур і вибір стійких сортів зменшують хвороби кореневої системи.

Режим скошування і післязбиральний менеджмент Оптимальний режим скошування — при початку бутонізації або раннього цвітіння (залежить від цілі: сіно чи сінаж). Періодичність укосів у період вегетації дає 3–5 укосів на рік за сприятливих умов. Для максимального збереження поживності — швидке підсушування, формування рівних валків, пресування або приготування сінажу з контролем вологості. Після укосу ділянку обробляють для стимуляції відростання і контрольних заходів щодо бур’янів.

Зберігання і якість корму Якісне сіно люцерни — сіно світлого кольору, високого вмісту протеїну. Сушка до вологості ≤15–18% для тюків; обов’язкова захист від вологи під час зберігання (сухі ангари або щільна плівкова обмотка).

Контроль мікотоксинів і регулярні лабораторні аналізи — запорука безпечного корму.

Економічний ефект і екологія Люцерна знижує витрати на азотні добрива завдяки азотфіксації, підвищує продуктивність тваринництва через білковий корм і покращує структуру ґрунту. Мультифункціональність культури — корм, сидерат, компонент сівозміни — робить її стратегічною для сталого господарювання.

Практичні поради для фермера

- Розпочніть з аналізу ґрунту і вибору сортів, адаптованих до місцевих умов.
- Плануйте сівозміну й не повертайте люцерну на те саме поле частіше ніж через 4–5 років.
- Інвестуйте в якісне насіння й технологію сівби — це вигідніше за економію на старті.
- Контролюйте вологість корму при заготовленні і зберіганні; робіть лабораторні аналізи.
- Розглядайте кооперацію для доступу до техніки та спільного збуту продукції.

Люцерна — це культура, що приносить не лише корм, а й додану вартість ґрунту і бізнесу. Правильні умови вирощування, дисципліна в агротехніці та увага до якості заготівлі перетворюють її на стабільну й вигідну інвестицію в майбутнє ферми.

1.2. Біологічні особливості люцерни та переваги її вирощування

Люцерна — рослина з характером чемпіона: багаторічна, витривала й надзвичайно корисна. Розуміння її біології допомагає фермеру отримувати стабільні врожаї і максимальну віддачу від кожного гектара.

Біологічні особливості

- Коренева система. Глибокий стрижневий корінь — візитна картка люцерни. Він проникає на декілька метрів у глиб земле, забезпечує доступ до вологи з глибин і робить культуру стійкою до посухи. Одночасно корінь збагачує ґрунт органікою і сприяє його структуризації.
- Азотфіксація. Симбіоз із ризобіями дозволяє люцерні накопичувати азот у ґрунті, зменшуючи потребу у мінеральних добривах та підвищуючи родючість сівозмін.
- Вегетативність і відновлення. Після скошування рослина швидко відростає завдяки бульбочковим кореневим утворенням і запасам поживних речовин, що робить можливими кілька укосів за сезон.
- Фенологічні особливості. Люцерна має виражені фази росту: активне наростання вегетативної маси ранньою весною, цвітіння улітку та відновлення восени. Температурні і вологісні умови визначають кількість і якість укосів.
- Пластичність до умов. Хоча культура віддає перевагу родючим ґрунтам, існують сорти, адаптовані до різних кліматичних зон — від помірно-континентальних до посушливих при зрошенні.
- Вразливість до конкурентів. Установлення посівів люцерни вимагає контролю бур’янів перші 1–2 роки, оскільки густі травостояні конкуренти знижують продуктивність.

Переваги вирощування люцерни

- Висока кормова цінність. Люцерна — один із найцінніших білкових кормів: висока концентрація протеїну, легка перетравність і необхідні мікроелементи роблять її незамінною у раціонах молочних і м’ясних стаєнь.
- Економія добрив. Азотфіксація зменшує витрати на азотні добрива для наступних культур у сівозміні, роблячи систему більш економічною й екологічною.
- Покращення ґрунту. Люцерна підвищує вміст органіки, структуру ґрунту і водопроникність, сприяє зниженню ерозії та бореться з ущільненням.

- Багаторічність і стабільність виробництва. При належному догляді посіви люцерни дають прибуткові укоси протягом 3–6 років і більше, забезпечуючи плановість ресурсів для ферм.
- Універсальність використання. Люцерну використовують на сіно, сінаж, зелені підживлення, пастбища і як компонент сумішей — її застосування гнучке й адаптується до потреб господарства.
- Екологічні вигоди. Менше мінеральних добрив — менше ризику нітратного забруднення; різноманітність посівів підвищує біорізноманіття, сприяє природному балансуванню шкідників.
- Підвищення продуктивності тваринництва. Раціони з люцерною позитивно впливають на надої, конверсію корму й загальний стан поголів'я.

Короткий практичний висновок Люцерна — стратегічна культура для тих, хто думає про довгострокову рентабельність ферми. З її допомогою комбінують економію ресурсів, підвищення якості кормової бази і покращення ґрунтів. Інвестиції в добрий стартовий посів, контроль бур'янів та дотримання агротехніки швидко окуповуються через підвищену продуктивність і зниження витрат у сівозміні.

1.3. Загальна характеристика культури

1. Місце в сівозміні — практичні поради

- Ідеальні попередники: ярі зернові, кукурудза, рядові культури; не повертайте люцерну на те саме поле частіше ніж через 4–5 років.
- Використовуйте посіви люцерни, щоб розірвати цикли хвороб і знизити витрати на азот для наступних культур.
- Плануйте після вирубки люцерни покривні культури, щоб уникнути конкуренції від самосіву.

2. Обробіток ґрунту — конкретика

- Основний обробіток: оранка 20–30 см або глибоке рихлення при ущільненні.
- Посівне ложе: дрібне, щільне, рівне — диски + борона + коток.
- Догляд у перший рік: легке боронування або ротаційний культиватор для контролю однорічних бур’янів.

3. Удобрення — практичні настанови

- Орієнтуйтесь на аналіз ґрунту: вносіть P і K згідно з результатами.
- Перед сівбою зазвичай вносять фосфорно-калійні добрива; при потребі — вапнування.
- Сірка і магній — за результатами тканинних або ґрунтових аналізів.
- Азот у встановлених посівах не перевищуйте; невелика доза при встановленні можлива, але підсилює бур’янистість.

4. Підготовка насіння та сівба — кращі практики

- Якість насіння: >90% схожості, низький вміст домішок. Інокуйте насіння ризобіями, якщо поле вперше під люцерну.
- Мішанки: додавання трав (тимофіївка, райграс) покращує структуру дернини й перший рік контролю бур’янів; корегуйте норми висіву.
- Методи: рядковий висів дрилем — найточніший; при розкиданні — коткування обов’язкове.
- Ширина рядків: 12–15 см сприяє швидкому покриттю ґрунту й боротьбі з бур’янами.

5. Зрошення і водний режим

- Критичні періоди: встановлення сходів і відростання перед скошуванням.
- Полив забезпечує вологу в зоні насіння під час сівби; далі — підживлення 25–40 мм за потреби залежно від ET.
- Уникайте застою води — ризик кореневих гнилей.

6. Контроль бур’янів, шкідників і хвороб (IPM)

- Бур’яни: підготувати «чисте ложе» перед сівбою, stale-seedbed, механічна боротьба в перший рік; постемергенційні гербіциди — за маркуванням.

- Шкідники: моніторинг люцернового пильщика, совок, попелиць; застосовувати обробки за економічними порогами шкодочинності.
- Хвороби: фітопатогенні кореневі гнилі у вологих умовах — вибір стійких сортів і сівозміна.
- Підтримуйте корисних ентомофагів — уникати широкого застосування інсектицидів.

7. Режим скошування і якість корму

- Терміни: перший укос — бутоніза або раннє цвітіння для найвищої якості; пізніші укоси — на біомасу.
- Частота: 3–5 укосів за сезон (залежно від умов).
- Збереження листостеблової маси: швидке підсушування, обережне граблювання, мінімальне обсипання листя.

8. Техніка збирання й логістика

- Коси: із кондиціонерами для швидшого висихання; дискові косарки — менше домішок.
- Граблі й валкоутворювачі: формують однорідні валки без ґрунту.
- Преси/зачепи: вибір типу тюків/рулонів за логістикою ферми; швидке вивезення для захисту від дощу.
- Сінаж: шнекові подрібнювачі, щільне утрамбування, герметизація.

9. Зберігання і безпека корму

- Сіно: вологість ≤15–18% перед тюкованням; зберігати під дахом або на піддонах, контролювати гарячі плями.
- Сінаж/балеаж: оптимальна СВ залежить від системи (прибл. 30–60% DM для різних технологій); хороша герметизація — критична.
- Аналізи: регулярні лабораторні дослідження на СВ, протеїн, клітковину, нітрати і мікотоксини.

10. Тривалість посіву і відновлення

- Очікувана продуктивність: 3–6 років (залежить від інтенсивності скошувань, ґрунту і шкідників).

- Ознаки оновлення: падіння врожайності, засилля бур’янів, слабке відростання — час на поновлення (переорати і пересіяти або інша стратегія згідно сівозміни).

11. Економіка та екологія

- Економіка: висока білкова цінність знижує потребу в купних протеїнах; мультипродуктовість (сіно, сінаж, випас) збільшує доходи.
- Пільги/програми: перевіряйте місцеві інструменти підтримки для бобових і зменшення внесення N.
- Екологія: фіксація атмосферного N, покращення структури ґрунту, зниження викидів парникових газів на одиницю корму.

12. Контрольний список для першого року встановлення

- Зробити ґрунтовий аналіз і вапнувати за потреби за 6–12 міс. до сівби.
- Контролювати багаторічні бур’яни в попередній сезон.
- Інокуйте насіння при відсутності історії люцерни на полі.
- Сіяти в добре підготовлене, вологе ложе на рекомендовану глибину.
- Моніторити сходи й проводити механічний контроль бур’янів у перші місяці.

1.4. Визначення складу сільськогосподарських машин

Необхідну кількість сільськогосподарських машин визначають по максимальній їх потребі в період використання.

Таблиця 1.1 – **Склад сільськогосподарських машин**

	Сільськогосподарські машини	Марка	Кількість
1	Навантажувач добрив	ПЄ-08	1
2	Перевезення та внесення добрив	РУМ-8	1
3	Борона	БЗТС-1	1
4	Косарка	КПИ-2,4	2
5	Причіп	ПСЄ-12,5	2
6	Косарка плющилка	КПС-5Г	1
7	Ворушилки	ВЦН-Ф-3	1
8	Підбирач сіна	83-ОS	1
9	Причіп	1ПТС-4	1
10	Скиртувач	СТП-60	1
11	Трактор	ЮМЗ-6Л	1
12	Трактор	МТЗ-80	2

1.5. Розрахунок агрегату

Площа поля – 86 га. Величина схилу – 2 %, тип грунту чорнозем. Урожайність: зеленої маси 200 ц/га; сіна 18% вологості – 43,5 ц/га. Склад агрегату МТЗ–80+ВЦН-Ф-3.

Згідно рекомендацій [22] агротехнічні допустимі робочі швидкості руху МТА на згрібання та ворушіння знаходяться в межах 7-10 км/год. В інтервалі агротехнічних допустимих швидкостей руху вибирають передачі трактора виходячи з умови

$$v_{min} < v_{T.I} < v_{max} \quad (1.1)$$

де v_{min} і v_{max} – відповідно, мінімальна і максимальна допустимі швидкості роботи МТА.

Трактор МТЗ–80 має наступні теоретичні швидкості руху на передачах, які задовільняють вище зазначену вимогу:

$$v_{T.III} = 7{,}24 \text{ км/год};$$

$$v_{T.IV} = 8{,}4 \text{ км/год};$$

$$v_{T.V} = 10{,}54 \text{км/год}.$$

Оскільки ВЦН-Ф-3 є тягово-приводною машиною, то визначимо приведений тяговий опір агрегату $R_{пр}$ на вибраних передачах за формулою:

$$R_{пр} = R_м + R_{ВВП} \qquad (1.2)$$

де $R_м$ – тяговий опір робочих агрегатів, які не приводяться в дію від ВВП.

$R_{ВВП}$ – тягове зусилля, яке міг би додатково розвинути трактор, за рахунок потужності, що витрачається на приведення в дію робочих органів машини від ВВП.

Значення $R_м$ визначаємо за формулою:

$$R_м = K_{v.i}\ B_р + G_м\left(f_м + \frac{i}{100}\right) \qquad (1.3)$$

де K_{vi} – питомий опр граблів–волокуш при рухові на ітій передачі, кН;

$B_р$ – робоча ширина захвату машини, м ($B_р$ = 3,3);

$G_м$ – вага машини, кН;

$f_м$ – коефіцієнт опору перекочування машини;

i – схил місцевості, % (i=2).

Згідно даних коефіцієнт опору кочення знаходиться в межах $f_м$ = 0,06 –0,08. Приймаємо 0,07. Вага машини становить $G_м$ = 9,31 кН.

Питомий опір с/г машини при русі на ітій передачі визначають за формулою:

$$К_{vi} = К_0 [1 + Δ(v_{pi} + v_0)],$$

де $К_0$ –питомий опір с/г машини при швидкості руху v_0 = 5 км/год, кН/м;

Δ – темп приросту питомого опору с/г машини при збільшенні робочої швидкості на 1 км/год.

v_{pi} – робоча швидкість руху на іншій передачі, км/год.

Згідно даних Δ=0,02…0,03. Приймемо Δ = 0,02.

Згідно даних [22] граблі–ворушилки при швидкості руху v = 5 км/год, мають питомий опір $К_0$ = 0,7–0,9 кН/м.

Оскільки робоча швидкість машини ще не відома приймаємо що вона дорівнює теоретичній швидкості руху трактора.

Визначаємо питомий опір на вибраних передачах:

$$К_{vIII} = 0,8[1+0,02(7,24-5)]=0,8 \text{ кН/м},$$
$$К_{vIV} = 0,8[1+0,02(8,4-5)]=0,82 \text{ кН/м},$$
$$К_{vV} = 0,8[1+0,02(10,54-5)]=0,86 \text{ кН/м}.$$

Підставивши значення питомого опору отримаємо опір коченню машини на вибраних передачах:

$$R_{мIII} = 0,8 \cdot 3,3 + 9,31\left(0,07 + \frac{2}{100}\right) = 5,64 \text{ кН}$$

$$R_{мIV} = 0,82 \cdot 3,3 + 9,31\left(0,07 + \frac{2}{100}\right) = 5,76 \text{ кН}$$

$$R_{мIII} = 0,86 \cdot 3,3 + 9,31\left(0,07 + \frac{2}{100}\right) = 5,98 \text{ кН}$$

Визначимо тягове зусилля яке міг би додатково розвинути трактор за рахунок потужності, що витрачається на приведення в дію робочих органів граблів–ворушилок через ВВП за формулою:

$$R_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot N_{ВВП} \cdot \eta_{тр}}{v_р \eta_{ВВП}} \qquad (1.4)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність, що витрачається на приведення в дію робочих органів с/г машини через ВВП, кВт.

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора, $\eta_{тр}$= 0,92;

$\eta_{ВВП}$ –ККД ВВП трактора, $\eta_{ВВП}$ =0,95;

$v_р$ –робоча швидкість агрегату, км/год.

Згідно даних потужність, що витрачається на приведення в дію робочих органів через ВВП трактора становить $N_{ВВР}$ = 15 кВт.

Підраховуємо значення $R_{ВВП}$ для всіх вибраних передач:

$$R_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot ,92}{7,24 \cdot 0,95} = 7,2 \text{ кН}$$

$$R_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot ,92}{8,4 \cdot 0,95} = 6,2 \text{ кН}$$

$$R_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot ,92}{10,54 \cdot 0,95} = 4,96 \text{ кН}$$

Підставивши відповідні min і max значення показників $R_{ВВП}$ і $R_м$, отримаємо:

$$R_{пр\ III\ min} = 5,64 + 7,2 = 12,84 \text{ кН}$$

$$R_{прIV\ V} = 5,76 + 6,2 = 12,84 \text{ кН}$$

$$R_{пр\ V\ max} = 5,9 + 4,94 = 10,86 \text{ кН}$$

Робочу швидкість агрегату визначаємо по формулі:

$$V_p = V_i\left(1-\frac{\delta}{100}\right), \qquad (1.6)$$

де δ – коефіцієнт буксування рушіїв трактора, %.

$$V_{p\min} = 7{,}24\left(1-\frac{13}{100}\right) = 6{,}29 \text{ км/год}$$

$$V_{pIV} = 8{,}4\left(1-\frac{11}{100}\right) = 7{,}5 \text{ км/год}$$

$$V_{p\max} = 10{,}54\left(1-\frac{9}{100}\right) = 9{,}59 \text{ км/год}$$

Визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора по формулі:

$$\eta = \frac{R_{npi}}{P_{гак}} \qquad (1.7)$$

де $P_{гак}$ – величина тягового зусилля на гаку трактора, кН.

Для трактора МТЗ–80: $P_{гакIII}$ = 14,0 кН; $P_{гакIV}$ = 14 кН; $P_{гакV}$ = 11,5 кН. [24]

$$\eta_3 = \frac{12{,}84}{14} = 0{,}92$$

$$\eta_4 = \frac{11{,}96}{14} = 0{,}85$$

$$\eta_5 = \frac{10{,}86}{11.5} = 0{,}94$$

Отже, робочою передачею трактора є третя передача.

РОЗДІЛ 2
КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції машин для ворушіння і згрібання скошених трав

Машини для ворушіння і згрібання трав нині поділяють за призначенням на ворушилки (ворушильні граблі), обертачі валків, граблі та граблі-ворушилки. Сьогодні в галузі використовують як традиційні конструкції, так і модернізовані агрегати з гідравлікою, регульованими приводами і поліпшеними робочими органами.

Ворушилки Ворушилки — переважно ротаційні машини, призначені для ворушіння і розкидання валків скошеної трави з метою прискорення підсихання і рівномірного провітрювання. Робочі органи — ротори (диски) з важелями, на кінцях яких встановлені пружинні або пальцеві зуби (граблини). У сучасних моделей:

- ротори парні і часто розташовані в конфігурації з протилежним обертанням для ефективного піднімання і розкидання маси;
- опора ротора — на ходові колеса або підшипникові вузли зі змінним регулюванням висоти;
- привід — від ВВП трактора через карданний вал або від гідромотора; у деяких самохідних агрегатах — автономний двигун.
  Переваги сучасних ворушилок: регульована інтенсивність ворушіння, мінімальне руйнування листкової маси за рахунок м’яких пальцевих елементів, простіший обслуговувальний доступ. Однак при неправильних наладках чи високих швидкостях залишається ризик підвищених втрат легковіддільної частини корму.

Обертачі валків Обертачі валків служать для обертання та здвоювання валків, формування щільних, однорідних валків для пресування чи подальшого підбору. За конструкцією їх ділять на:

- шнекові — з шнеком, що підбирає масу й подає її до валкоутворювача; часто агрегатуються із самохідними косарками-плющилками;
- вентиляторні — оснащені високотисковим вентилятором на колісному ходу, який нагнітає струмінь повітря для піднімання і перенесення рослинної маси;
- ротаційні — мають обертові граблинні ротори, що перевертають і перекидають валок.

Сучасні обертачі мають регульовані шнеки/лопаті, плавний привід і можливість швидкої адаптації під різні види корму. Практика показує, що шнекові моделі ефективні при певних технологіях косіння, але можуть давати вищі втрати листя; вентиляторні та ротаційні агрегати дозволяють делікатніше обробляти люцернові маси за умови правильної наладки.

Граблі та граблі-ворушилки Граблі у сучасному виконанні бувають зубчастими (пружинні або пальцеві), колесовими і роторними. Граблі-ворушилки поєднують функції граблів і ворушилки — збирають масу у валки і водночас ворушать для сушки. Сучасні моделі відрізняються плавною регулюванням ширини валка, швидкодією і низьким енергоспоживанням.

Експлуатаційні аспекти та недоліки

- Продуктивність і якість роботи залежать від типу машини, наладки висоти, швидкості руху та вологості трави.
- Найбільш вразлива частина корму — листя бобових (люцерна); неправильне ворушіння або сильне плющення підвищує втрати протеїну.
- Сучасні машини обладнують системами регулювання і м’якими робочими органами, щоб мінімізувати обсипання листя й механічне ушкодження.

Сучасні рекомендації

- Підбирайте тип ворушильного агрегату під культуру і технологію збирання (сіно чи сінаж).
- Регулюйте висоту і кут атаки робочих органів, знижуйте швидкість за підвищеної вологості, щоб уникнути забруднення ґрунтом.
- Для люцерни віддавайте перевагу м’яким пальцевим граблинам і делікатній роботі обертачів, щоб зберегти листкову масу.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ротаційних ворушилок

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год	Маса, кг	Число роторів
Росія “Соль-Ілецькормаш”	ВРМ-7,5	7,5	9	750	6
	ВРН-4,2	4,2	4,2	420	2
Франція “Kuhn”	GF-440R	3,7	3,6	285	4
	GF-7000T	6,9	6,5	620	6
ФРН “Deutz Fahr”	KH 2.36	3,6	–	275	4
	KH 2.76	7,6	–	566	6
“Niemever”	HR 301	3,00	–	195	2
	HR 441	4,4	–	332	4
	HR 771	7,7	–	592	6
			–		

Обертачі валків і граблі — сучасний опис і особливості експлуатації

Обертачі валків (вентиляторні) Принцип роботи вентиляторних обертачів простий: рух агрегату вздовж валка + потік повітря від вентилятора піднімає масу і перевертає її. Перевага — відносна швидкість обробки; недоліки — високі енерговитрати і ризик забруднення трави ґрунтом при роботі близько до поверхні. Сучасні вентиляторні установки мають регулювання потоку повітря і захисні екрани, що зменшують негативні ефекти, але вибір цього типу доцільний насамперед за певних технологій і умов поля.

Ротаційні обертачі валків Конструкція: рама з ротором на вертикальній осі; циліндричний каркас ротора (труби, обшивка) і еластичний конусоподібний робочий елемент, підвішений гнучкими тягами до нижньої частини ротора. Під час обертання еластичний елемент заходить під валок, піднімає і подає масу на

бокову поверхню ротора, яка відкидає її з «перевертанням». Перевага — делікатна дія на рослинну масу, менше оббивання листя і стебел, отже краща якість корму. Ротаційні обертачі ефективні для культур, чутливих до механічного ушкодження (наприклад, люцерна).

Граблі для згрібання — класифікація й особливості

- Поперечні граблі: формують валки перпендикулярно напряму руху. Грабельний апарат — стальні пружинні зуби на зуботримачах; при русі зуби періодично піднімаються і формують валок. Використовують для низької урожайності та післязбиральної зачистки; можуть формувати валки різної маси (до ~4 кг/м). За механізмом піднімання бувають з приводом від ходових коліс або з гідроприводом; переважно причіпні, є й напівнавісні моделі. Перевага — універсальність і здатність працювати з малою масою; недолік — іноді нерівномірне формування валка на нерівномірних культурах.
- Граблі-сіноворушилки (універсальні): поєднують ворушіння прокосу, згрібання, перевертання або розкидання валків. За принципом дії поділяються на барабанні, колісно-пальцеві, конвеєрні та ротаційні.

Барабанні граблі-ворушилки Робочий орган — барабан зі 3–5 штангами з пружинними зубами. Завдяки паралелограмному механізму зуби зберігають напрямок і не намотуються на барабан. Мають реверсний привід для зміни напрямку обертання: при згрібанні зуби рухаються знизу вгору, при ворушінні — навпаки. Ширина захвату 1,5–3,2 м. Мінуси — значні габарити, маса і механічні втрати рослинної маси (за дослідами, втрати сухої речовини: барабанні ~11,5%, колісно-пальцеві ~9,8%, ротаційні ~7,8% для люцерни при 45% вологості).

Колісно-пальцеві граблі-ворушилки Складаються з послідовно розташованих коліс із пальцями. Є варіанти з приводом від контакту коліс з ґрунтом або від ВВП трактора. Переваги першого типу — простота, хороша адаптація до рельєфу, невелика металоємкість. Недоліки — нерівномірні, скручені валки, забруднення трави ґрунтом і нерівномірне висихання. Моделі з

приводом від ВВП менш забруднюють масу, але конструктивно складніші і важчі (приклад: граблі Е-247 — маса 730 кг, ширина 2,4 м).

Експлуатаційні зауваження і вибір техніки

- Вибір типу машини має відповідати культурі (люцерна — делікатні методи ворушіння), вологості маси, цілі (сіно чи сінаж) і рельєфу поля.
- Барабанні й колісно-пальцеві машини дають більшу механічну обробку і відповідні втрати; ротаційні та сучасні вентиляторні модифікації при правильній наладці зберігають більше листкової маси.
- Налаштування висоти захвату, швидкості руху та напрямку обертання — ключ до мінімізації забруднення і втрат.
- Для люцерни віддавайте перевагу агрегатам із м’якими елементами робочих органів і можливістю плавного регулювання.

Робочим органом конвеєрних граблів-ворушилок (рис. 3.1) є дві ланцюгові, або клинопасові передачі з шарнірно закріпленими зубами. Спеціальний механізм забезпечує перпендикулярність зубів до поверхні поля на ділянці горизонтального переміщення і швидкий вихід їх із трав’яної маси при переході через приводні шківи або зірочки.

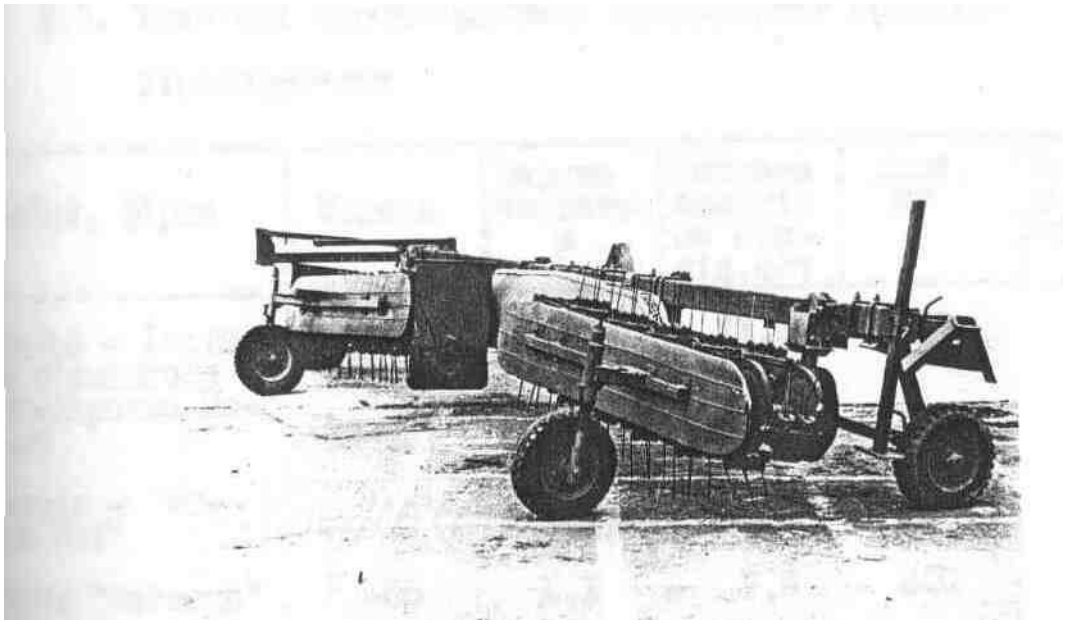


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд конвеєрних граблів-ворушилки СШ-6,5

Машини цієї групи призначені для ворушіння, згрібання, перевертання та розкидання валків. Привід їх здійснюється від валу відбору потужності трактора.

Конвеєрні граблі – ворушилки, як правило, мають невелику ширину захвату. Пов'язано це з тим, що грабельний апарат цих машин із збільшенням ширини захвату незадовільно копіює поверхню поля. Спроба [12] створити широкозахватну машину СШ-6,5, яка задовільно копіювала б поверхню поля, призвела до значного зростання металоємкості.

Ротаційні граблі-ворушилки, які з'явились на світовому ринку на початку 70-х років, швидко стали популярними. Спостерігається тенденція до повного витіснення цими машинами колісно-пальцевих, барабанних та конвеєрних граблів-ворушилок.

Ротаційні граблі-ворушилки бувають з керованими в процесі роботи пружинними зубами (граблинами) та з відцентровими граблинами.

Граблі-ворушилки з керованими граблинами складаються з рами, на якій закріплено один або два ротори. Кожен ротор являє собою диск, який обертається навколо вертикальної вісі, яка опирається на колісний хід. До диска радіально кріпляться 8…11 штанг з пружинними зубами. Верхній кінець вісі має бігову доріжку, в яку входять кулачки штанг.

При обертанні ротора штанги з пружинними пальцями за допомогою кулачкового механізму повертаються так, що пружинні пальці приймають вертикальне або горизонтальне положення. В вертикальному положенні пружинні пальці згрібають траву, а в горизонтальному залишають її і таким чином формують валки.

Машини цієї групи призначені для згрібання трави в валки та їх перевертання. Хоча відомі конструкції, які можуть також здійснювати і ворушіння. Такою машиною, наприклад, є граблі-ворушилка ГВР-6.

Короткі технічні характеристики граблів-ворушилок з керованими пружинними зубами представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – **Технічні характеристики деяких граблів-ворушилок з керованими пружинними зубами**

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Маса, кг	Продуктивність, га/год	Кількість роторів	Кількість штанг на роторі
СРСР	ГВР-6	6	950	7,0	2	8
Франція - “Kuhn”	GA-280	3	260	2,6	1	10
	GA380G	4,1	430	5,0	1	10
	GA-731	6,7 – 7,3	1470	7,0	2	10
ФРН “Deutz – Fahr”	KS1.30	2,9	–	–	1	8
	KS1.70	3,3	–	–	1	9
	KS2.60	6,0	–	–	2	9
ФРН “Claas”	Liner380S	3,8	–	–	1	9
	Liner330	3,3	376	–	1	9
	Liner780L	6,8 – 7,6	1560	–	2	11

Ротори грабель-ворушилок з відцентровими робочими органами (рис.4.2) зроблені у вигляді коліс, на ободі яких шарнірно в осьовій площині ротора закріплені пружині зуби. У неробочому стані вони знаходяться у вертикальному положенні. При роботі виводяться в похиле положення відцентровою силою обертання ротора. Звідки і назва граблі-ворушилки з відцентровими робочими органами. Ці машини в конструктивному виконанні є найпростішими, мають в порівнянні з іншими типами граблів-ворушилок найнижчу металоємкість. Питома металоємкість складає 86…127 кг на метр ширини захвату. Для порівняння у колісно-пальцевих граблів-ворушилок цей показник є рівним 140…620 кг/м, барабанних – 100…250, конвеєрних – 100…160 кг/м /13/.

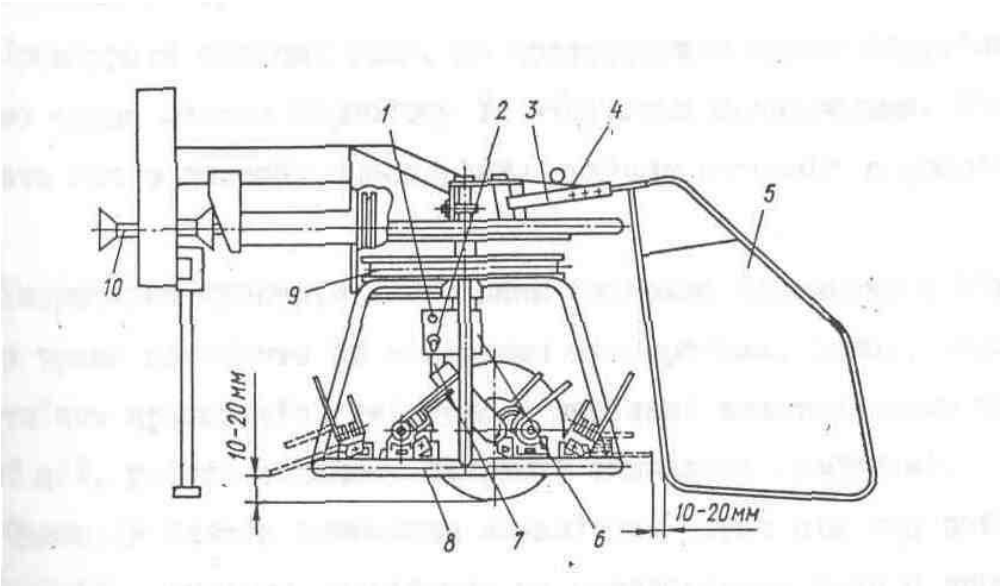


Рисунок 2.2 – Граблі-ворушилка ВЦН-Ф-3,0: 1,2 – регульовані отвори колісного ходу; 3 – кронштейн валкоутворювача; 4 – тяга; 5 – валкоутворювач; 6 – опора колеса; 7 – вісь вилки колеса; 8 – обід ротора; 9 – шків; 10 – карданна передача

Граблі-ворушилки з відцентровими робочими органами якісно виконують технологічний процес на всіх операціях. Вони забезпечують рівномірне розпушення трави при ворушінні, а при згрібанні формують рівномірний за масою валок. Це підвищує якість кормів і дозволяє раціонально використовувати машини на послідуючих операціях.

Із наведеного огляду конструкцій і аналізу техніко – економічних характеристик можна зробити висновок, що найбільш ефективними машинами є ротаційні граблі-ворушилки з відцентровими робочими органами. Однак, застосування їх для інтенсифікації сушіння трав призводить до значних механічних втрат. Особливо це проявляється при обробітку бобових трав, коли вони мають вологість меншу 60%. Тому вдосконалення процесу їх роботи, спрямоване на зменшення механічних втрат, є актуальним завданням.

2.2. Розрахунок основних параметрів граблів-ворушилки

Одним із шляхів зменшення механічних втрат під час виконання операцій ворушіння, згрібання та перевертання трав є вдосконалення існуючих та розробка нових робочих органів граблів-ворушилок, які здатні бережливо діяти на траву.

З метою досягнення зазначеного в проекті запропоновано робочий орган відцентрових граблів-ворушилок, бережливість дії якого на траву досягається створенням потоку повітря, який здатний підняти скошені рослини над стернею. Це дозволяє зменшити взаємодію рослин із стернею, а відтак і механічні втрати. Запропонований робочий орган (рис. 2.3) включає прикріплені до обода ротора 5 кронштейн 7, на кожному з яких змонтована поворотна обойма 6 з пружинними зубами 1 і вітровим щитом 2. Один кінець вітрового щита взаємодіє з пружинними зубами, а інший при допомозі шарніра 4 прикріплений до обойми 6. Ступінь взаємодії вітрового щита з пружинними зубами регулюється упором 3.

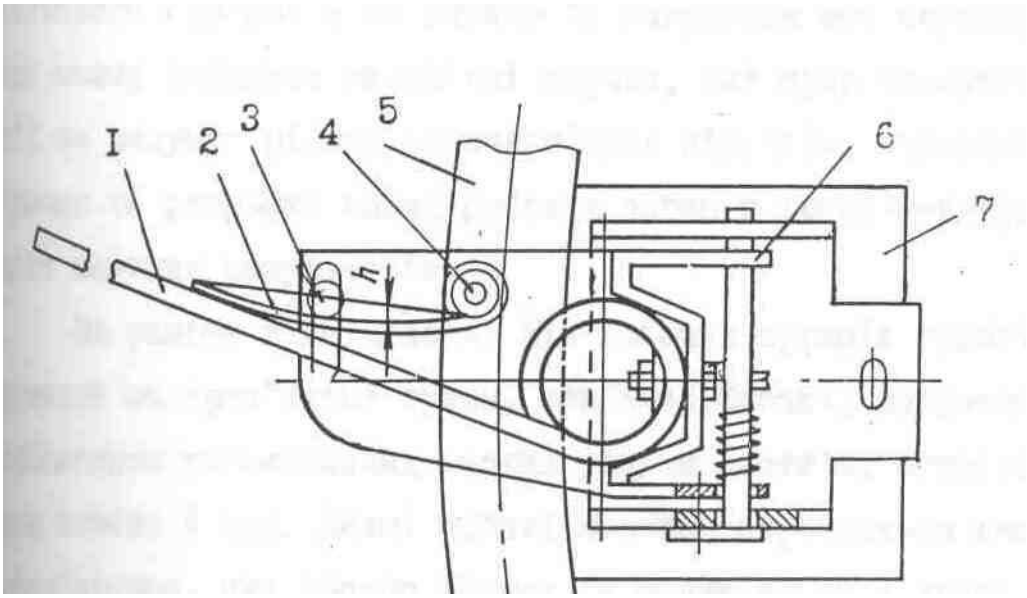


Рисунок 2.3 – Схема удосконалення робочих органів ротаційних граблів – ворушилки: 1 – пружинні зуби; 2 – вітровий щит; 3 – упор; 4 – шарнір; 5 – обід ротора; 6 – поворотна обойма; 7 – кронштейн

При обертанні ротора вітрові щити, працюючи аналогічно лопатям вентилятора, створюють потік повітря, який зменшує контактування рослин із стернею. Крім того, вітрові щити зменшують вібрацію пальців пружинних зубів, а відтак підвищується їх довговічність.

Основне призначення граблів-ворушилки ВЦН-Ф-3 – згрібання люцерни з прокосів у валки вологістю 50…55%. Приймемо, що урожайність люцерни по зеленій масі складає 250 ц/га, а її вологість під час скошування – 80%. Мінімальна довжина рослин в травостої становить 0,2 м, а висота прокосу трави перед його згрібанням також рівна 0,2 м.

Визначимо граничне значення кута нахилу пальців граблин до горизонту в найнижчій точці їх траєкторії відносно поверхні поля, за формулою (див. рис. 2.4):

$$\varphi_r = \arcsin(d / l_{\min}), \qquad 2.1)$$

де $l_{\min}$ – мінімальна довжина скошених рослин для згрібання яких призначена машина, м.;

d – розхил пальців граблин, м.

В існуючих граблях-ворушилках він знаходиться в межах 0,1…0,15 м., приймемо $d = 0{,}12$ м.

Звідки

$$\varphi_r = \arcsin(0.12 / 0.2) = 37^{\circ}$$

Через те що кут нахилу пальців граблин повинен бути більшим або рівним граничному, приймаємо $\varphi = 40^{\circ}$.

Ширину захвату кожної із граблин визначимо за формулою:

$$b = d / \sin\varphi, \qquad (2.2)$$

$$b = 0{,}12 / \sin 40^{\circ} = 0{,}187 \text{ м.}$$

Необхідну довжину внутрішніх та зовнішніх пальців граблин визначимо за формулами:

$$l \geq h \cdot l_{\min} / d, \tag{3.3}$$

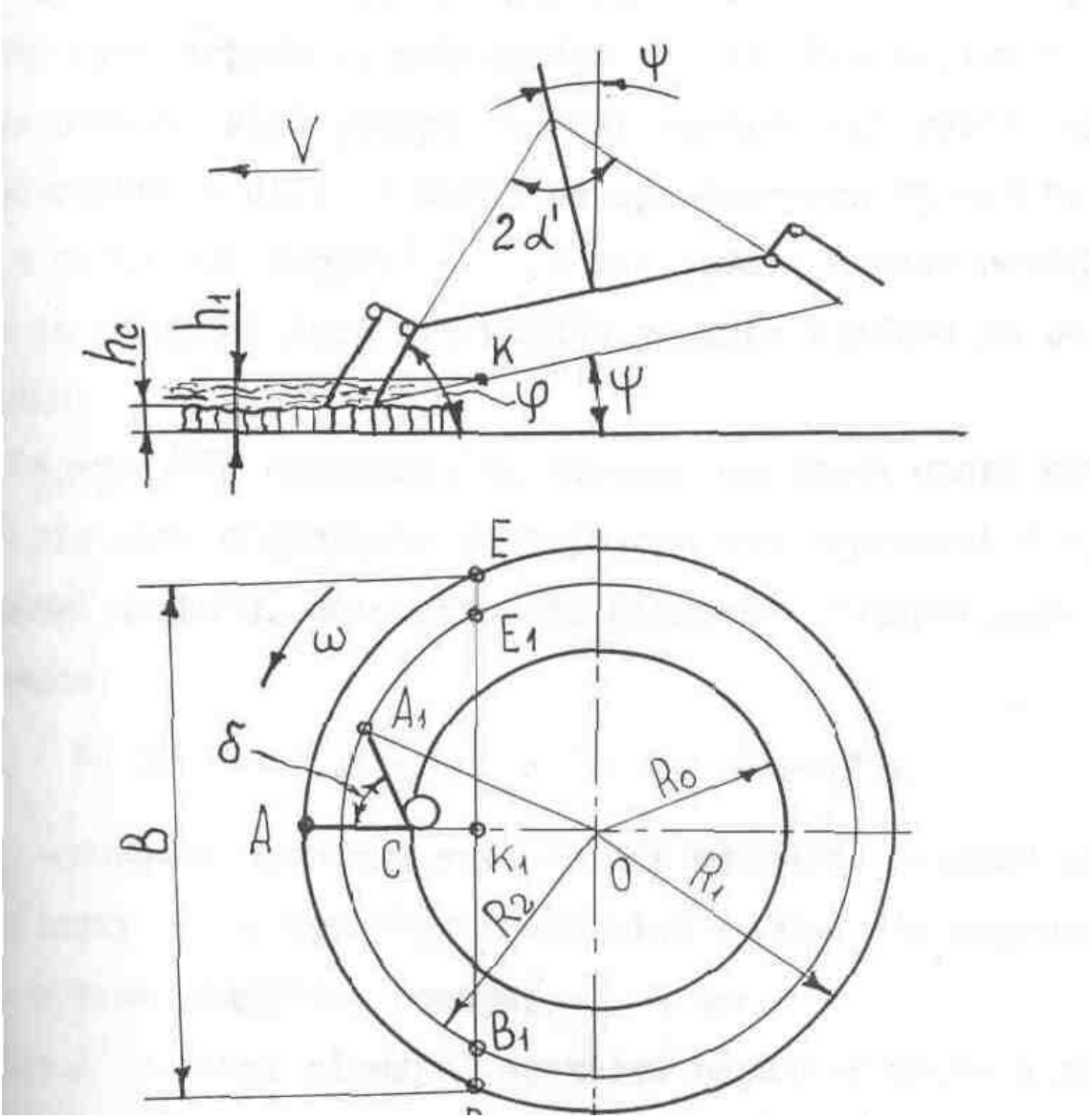


Рисунок 2.4 – Схема до визначення основних параметрів робочих органів

$$l_1 \geq l_{\min}\left\lfloor h/d + \sqrt{1-(d/l_{\min})^2}\right\rfloor, \tag{2.4}$$

де $l_{\min}$ – мінімальна довжина скошених рослин, для згрібання яких призначена машина, м.;

d – розхил пальців граблин, м.;

h – безпечна висота установки обода ротора над поверхнею поля $h = 0{,}06...0{,}15$ м [22]. Приймаємо $h = 0{,}08$ м.

$$l \geq \frac{0{,}08 \cdot 0{,}2}{0{,}12} \geq 0{,}133 \text{ м.}$$

$$l_1 \geq 0{,}2 \cdot \left[\frac{0{,}08}{0{,}12} + \sqrt{1 - \left(\frac{0{,}12}{0{,}2} \right)^2} \right] \geq 0{,}293 \text{ м.}$$

Приймаємо $l = 0{,}135$ м, а $l_1 = 0{,}295$ м.

Радіус ротора визначаємо за формулою:

$$R = \sqrt{l_1^2 \cdot \cos^2(\varphi - \psi) + R_0^2 + 2 \cdot R_0 \cdot l_1 \cdot \cos(\varphi - \psi) \cdot \cos\delta}\,, \qquad (2.5)$$

де δ – кут відхилення пальців граблин від їх радіального положення $\delta = 60^{\circ}$;

ψ – кут відхилення вісі ротора від вертикалі. В існуючих граблях – ворушилках $\psi = 5...7^{\circ}$, приймаємо $\psi = 7^{\circ}$;

l_1 – довжина зовнішнього пальця граблини, м.;

R_0 – радіус обода ротора, м. $R_0 = 1{,}1$ м.

$$R = \sqrt{0{,}295^2 \cdot \cos^2(40^\circ - 7^\circ) + 1{,}1^2 + 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}295 \cdot \cos(40^\circ - 7^\circ) \cdot \cos 60^\circ} = 1{,}24 \text{ м.}$$

Теоретичну ширину захвату граблів-ворушилки визначаємо за формулою:

$$B = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot h_1 / \sin\psi - h_1^2 / \sin^2\psi}\,, \qquad (2.6)$$

$$B = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 1{,}24 \cdot 0{,}08 / \sin 7 - 0{,}08^2 / \sin^2 7} = 2{,}35 м.$$

Фактична ширина захвату визначається за формулою:

$$B_ф = (0{,}18...0{,}24) + B$$

$$B_ф = 0{,}2 + 2{,}35 = 2{,}55 \text{ м.}$$

Число граблин, які необхідно встановити на ободі ротора визначаються за формулою:

$$2 \cdot \pi \cdot \lambda / z = d / R \cdot \sin\alpha\,, \qquad (2.7)$$

де λ – кінематичний параметр який залежить від вологи, $\lambda = 0{,}3$ м;

R – радіус ротора, м.;

d – розхил пальців граблин, м.;

φ – граничне значення кута нахилу пальців граблин до горизонту;

$$\frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot \pi}{z} = \frac{0{,}12}{1{,}24 \cdot \sin 40^{\circ}}$$

$$z = \frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot \pi \cdot 1{,}24 \cdot \sin 40^{\circ}}{0{,}12} = 12{,}48 .$$

Вирахуване значення числа граблин заокруглимо до більшого парного числа. Таким чином, одержимо z = 14.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА НА ВИРОБНИЦТВІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ І ЗБИРАННІ ЛЮЦЕРНИ

Вирощування й збирання люцерни — аграрна діяльність із високою технічною та організаційною інтенсивністю, яка супроводжується низкою виробничих ризиків. Системний підхід до охорони праці поєднує технічні, організаційні та медико-профілактичні заходи й забезпечує не лише збереження здоров'я робітників, а й якість корму та економічну ефективність виробництва.

1. Основні виробничі ризики

- Механічні травми від рухомих частин сільгоспмашин (коси, прес-пакувальники, ворушилки, обертачі).
- Падіння, посковзування і травми під час роботи на похилих поверхнях або у вологому середовищі.
- Контакт із агрохімікатами (гербіциди, фунгіциди, інсектициди): отруєння, подразнення шкіри та очей.
- Алергічні реакції і респіраторні захворювання від пилу, пилкових частинок, спор грибів і мікотоксинів.
- Шумова і вібраційна дія від техніки; ергономічні навантаження при ручних роботах.
- Теплові і холодові стреси при роботі в екстремальних погодних умовах.
- Пожежна небезпека під час сушіння сіна або негерметичного зберігання сінажу (самозігрівання).

2. Організаційні заходи безпеки

- Інструктажі: обов'язкові первинні й повторні інструктажі з техніки безпеки для всіх працівників; спеціальні інструктажі для операторів машин.

- Сертифікація і допуск: допуск до робіт лише кваліфікованих працівників, які пройшли навчання та мають посвідчення на керування відповідною технікою.
- Планування робіт: розподіл трудових операцій з урахуванням погоди, режимів відпочинку, чергувань для зниження втоми; уникати виконання небезпечних операцій під дощем або при поганій видимості.
- Маркування і огородження: заборонні знаки, огородження небезпечних зон навколо рухомих елементів, заправних пунктів та місць зберігання хімікатів.
- Організація пожежної безпеки: місця для сушіння та зберігання сіна/сінажу з відстанями від джерел вогню, наявність вогнегасників і інструкцій з дій при самозігріванні.

3. Технічні заходи

- Технічний стан машин: своєчасне технічне обслуговування, захисні кожухи на рухомих частинах, вчасний ремонт карданних валів, ременів, буртів.
- Блокувальні та аварійні пристрої: установка аварійних вимикачів, захистів від випадкового включення ВВП, стоп-кнопок на самохідних агрегатах.
- Вентиляція і пиловідведення: для місць переробки і пакування сінажу — механічна вентиляція, пиловловлюючі пристрої на подрібнювачах.
- Зниження шуму і вібрацій: використання шин і опор, що гасить вібрацію, регулярний технічний контроль двигунів.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Для операторів техніки: захисні окуляри або щитки, навушники або протишумні вставки, захисні рукавиці, стійке взуття з протиковзкою підошвою.
- Для працівників, що працюють з агрохімікатами: спецодяг, захисні рукавички, респіратори (фільтри класу FFP2/FFP3 при необхідності), захисні окуляри, перевдягання і душові в місцях зберігання речовин.

- Для ручних робіт: колінні підпірки, антирефлекторні рукавички для запобігання мозолям і порізам.

5. Робота з агрохімікатами

- Зберігання: агрохімікати зберігати в окремому, підозоріжному, маркованому приміщенні з піддонами; обмежити доступ.
- Приготування і внесення: використовувати герметичні міксери і дозатори; заправляти обприскувачі у спеціально відведених місцях із дренажем.
- Утилізація тари: дотримуватися місцевих нормативів, не спалювати заражену тару.
- Режим роботи: уникати внесення при сильному вітрі; не допускати розбризкування на працюючих і тварин.

6. Медико-профілактичні заходи

- Медичний огляд: періодичні профогляди для працівників, що регулярно контактують з пестицидами або працюють у запилених умовах.
- Перша допомога: обладнання пунктів першої допомоги на полі — аптечка, засоби для промивання очей, протиалергічні препарати; навчений персонал для надання першої допомоги.
- Профілактика алергій і респіраторних захворювань: вакцинації (за показаннями), забезпечення засобів індивідуального захисту і регулярне провітрювання місць зберігання.

7. Пожежна безпека та контроль самозігрівання

- Контроль вологості під час пресування і зберігання: запобігати надлишковій вологості в тюках/бочках; робити вимір температури та вологості у сховищах.
- Оперативні дії при підвищенні температури: вентиляція, розбирання тюків, охолодження водою тільки за інструкцією (попередня оцінка ризику виділення токсичних газів).
- Протипожежне обладнання: вогнегасники, піскосуміші, доступ до води, план евакуації.

8. Екологічна безпека та управління відходами

- Збирання і утилізація залишків рослинності та тари від агрохімікатів за нормативами; мінімізація забруднення ґрунту і водних джерел.
- Використання біоіндикаторів і моніторинг мікотоксинів у кормі; відсів та утилізація заражених партій.

9. Навчання та контроль

- Регулярне підвищення кваліфікації з охорони праці, техніки безпеки і першої допомоги.
- Ведення журналів інструктажів, обліку аварій і нещасних випадків; аналіз причин і впровадження коригувальних заходів.

10. Короткі практичні рекомендації (чек-ліст)

- Перевірити технічний стан техніки, захисні кожухи й аварійні вимикачі.
- Забезпечити наявність і використання ЗІЗ працівниками.
- Провести інструктаж із безпечних методів роботи з хімікатами і машинами.
- Контролювати вологість корму під час пресування і зберігання; вимірювати температуру у сховищах.
- Мати на полі аптечку, засоби для промивання очей, вогнегасники і план дій при надзвичайних ситуаціях.
- Вести облік і аналіз інцидентів, впроваджувати профілактичні заходи.

Висновок Охорона праці при вирощуванні й збиранні люцерни — це синтез науки, організації і дисципліни. Інвестування в навчання персоналу, технічну безпеку і профілактику хвороб повертається через зменшення втрат, підвищення якості корму і збереження людського капіталу — найціннішого ресурсу аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Доцільність впровадження нововведень підтверджується економічною ефективністю. Новизна повинна не тільки не уступати базовому варіанту, а й перевищувати його по певним показникам.

В економічних розрахунках, пов'язаних з ефективністю використання машин при виконанні механізованих робіт використовують, головним чином, прямі та приведені експлуатаційні витрати і розрахунок затрат праці. Всі складові експлуатаційних витрат розділяють на три групи: витрати, що залежать від балансової вартості машин, встановлених нормативів відрахувань і строків служби машин; витрати пов'язані з оплатою праці; витрати, що залежать від обсягу фактичного наробітку й витрат паливо – мастильних матеріалів. Відношення прямих експлуатаційних витрат до одиниці виробітку (продуктивності) називають питомими. Розрахунок економічної ефективності проекту виконаний при умові використання розробленої ворушилки – сепаратора для згрібання конюшини лучної. За базовий варіант приймемо агрегат, який включає трактор МТЗ-80 і граблі - ворушилку RH –420. Новий комплекс машин включає: трактор Т-40АМ і ворушилку-сепаратор. Крім того, для транспортування уловлених частин рослин використовується трактор Т-40АМ і причеп 2ПТС-4Б. Необхідні для розрахунків дані (табл. 6.1) були вибрані з довідкової літератури.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий агрегат	Новий комплекс машин
Кількість обслуговуючого персоналу	1	2
Норма відрахувань на реновацію, %		
трактора	10	10
машини	14,2	14,2
причепа	-	14,2
Норма відрахувань на ремонти, %		
трактора	13	13
машини	7	7
причепа		5
Нормативне річне завантаження, год		
трактора	1600	1600
машини	150	150
причепа		800
Витрати палива, кг/га (всього)	1,3	4,5
в т. ч.: на основній роботі	1,3	4,0
на транспортуванні		0,5
Балансова вартість, грн		
трактора	68580	49680
машини	4450	7020
причепа		14375

Розрахунки економічної ефективності виконані згідно методики .

Отже, застосування нового комплексу машин призводить до значного збільшення питомих прямих експлуатаційних витрат. Пов’язане це із збільшенням кількості машин, які входять до складу комплексу. Крім того, ворушилка - сепаратор має значно меншу продуктивність, ніж граблі RH – 420.

Запропонована конструкція ворушилки – сепаратора дозволяє, за рахунок уловлення оббитих вегетативних частин рослин, зменшити втрати від оббивання вегетативних частин рослин, тобто одержати додаткову продукцію. Згідно даних поживність 100 кг оббитих частин рослин (листки, суцвіття, верхівки стебел) складає 75 корм. од. Відомо, що за кормову одиницю прийнято поживність одного кілограма вівса. При закупівельній ціні вівса 4000 грн/т вартість 1 корм. од. становить 0,4 грн.

Дані розрахунку економічної ефективності зведемо в табл.4.2.

Таблиця 5.2 – **Основні економічні показники проекту**

Найменування показників	Базовий агрегат	Новий комплекс машин
Продуктивність, га/год	3,4	1,4
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	2
Прямі експлуатаційні витрати, тис. грн/га	8,08	29,31
в тому числі:		
оплата праці з нарахуваннями	0,35	1,72
відрахування на реновацію	2,98	10,98
витрати на ремонт і ТО	2,48	8,74
витрати на ПММ	2,27	7,87
Річний економічний ефект, грн		49910,7
Термін окупності, років		1,4

ВИСНОВКИ

- Сушіння в польових умовах залишається ключовим етапом заготівлі люцерни: воно супроводжується втратою вологи і цінних кормових компонентів (особливо листя та білка) через біохімічні процеси, мікробну активність і опади. Збільшення тривалості сушіння прямо пропорційно підвищує ці втрати — отже, інтенсифікація підсушування є пріоритетом для збереження якості люцернового сіна.

- Найпоширеніші методи прискорення підсихання — ворушіння прокосів, згрібання та перевертання валків. Для цього використовують різні типи граблів-ворушилок та обертачів валків (шнекові, вентиляторні, ротаційні). Вибір типу агрегату має базуватись на біологічних особливостях люцерни: тонке, листяне, легко віддільне стебло робить культуру особливо вразливою до механічних втрат.

- Традиційні відцентрові (ротаційні, барабанні, колісно-пальцеві) робочі органи забезпечують високу продуктивність, але часто призводять до оббивання і втрати листкової маси люцерни. Це особливо критично для білковоцінного корму — механічні втрати знижують поживну цінність і рентабельність заготівлі.

- Для мінімізації втрат важливі конструктивні та технологічні рішення: застосування м’яких пальцевих елементів, регульованих висот захвату, делікатних режимів обертань, а також агрегатів з можливістю плавної наладки під вологість і фазу рослинності. Особливо ефективні ротаційні та вентиляторні модифікації за умови правильної наладки.

- Одним із перспективних шляхів зменшення механічних втрат є розробка робочих органів, що працюють завдяки підйому маси потоком повітря або еластичними конусоподібними елементами, які поступово підсувають і

відкидають валок без грубого захоплення. Такі рішення забезпечують бережливу обробку люцерни та збереження листя і суцвіть.

- Запропонована конструкція робочого органу відцентрових граблів-ворушилок, що формує підйомний повітряний потік для підняття скошеної маси над стернею, виявляється технологічно обґрунтованою для люцерни: вона зменшує механічне ушкодження рослинних частин і втрати поживних речовин порівняно з типовими відцентровими агрегатами.

- Впровадження удосконалених граблів-ворушилок (типу ВЦН-Ф-3,0 або аналогічних за принципом дії) на господарському рівні може забезпечити економічний ефект за рахунок збереження білкової маси і зниження втрат: за розрахунками (залежно від масштабів виробництва та місцевих умов) можливе додаткове щорічне економічне приростання, співставне з наведеною раніше оцінкою (~49 910,7 грн для типової дільниці). Конкретні показники потребують адаптації під регіональні параметри врожайності, трудові та паливно-енергетичні витрати.

- Впровадження нових робочих органів має поєднуватися з заходами з охорони праці та екологічної безпеки: правильна наладка машин, підготовка операторів, контроль вологості при тюкуванні та зберіганні, щоб технологічна економія не супроводжувалась підвищеним ризиком нещасних випадків чи погіршенням екостандартів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. 384с.
2. Експлуатація машинно – тракторного парку в аграрному виробництві.

/ В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1993. –288с.

3. Діденко М.К. Експлуатація машинно – тракторного парку. –5вид. перероб. і доповн. –К.: Вища школа, 1983. 447с.
4. Кондратюк Д.Г. Новий спосіб ворушіння прив’яленої трави. //Тези допов. та вист. наук. – практ. конф.: Інженерні проблеми сільськогосподарського виробництва України. –К.: - 1994. –С.116-117.
5. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві: Підручник. –К.: Вища шк., 1995. 237с.