МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“__” _____ 2025р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____А.В. Войтік___
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
бакалавр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Розрахунок комплексу машин при вирощувані люцерни з удосконаленням сіноворушилки»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми __бакалавр_____
спеціальності_____
208 «Агроінженерія»
Дудник О.Т.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік

ЗМІСТ

ВСТУП ……5

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ НА СІНО …… 8

1.1 Інтенсивна технологія вирощування люцерни ……8

1.2 Безпокривні посіви та догляд за люцерною ……14

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ ……18

2.1 Обґрунтування необхідності вдосконалення конструкції машини для виконання операції ворушіння сіна ……18

2.2 Аналіз існуючих технічних рішень ……20

2.3 Опис удосконаленої машини ……23

2.4 Операційна технологія виконання операції ворушіння при вирощуванні люцерни на сіно ……28

2.5 Обґрунтування кількісного і структурного складу механізованої ланки для вирощування люцерни ……35

2.6 Складання технологічної карти вирощування люцерни на сіно ……36

2.7 Побудова графіка використання тракторів ……40

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ …… 43

3.1 Охорона праці в умовах машинно-тракторного парку …… 43

3.2 Розрахунок засобів індивідуального захисту …… 46

3.3 Рекомендації щодо покращення умов праці ……47

РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ ……48

ВИСНОВКИ …… 54

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ …… 55

ВСТУП

Сільське господарство, особливо його рослинницька галузь, пов’язане з вирощуванням культур, які одночасно є як об’єктами, так і засобами праці. Основу агропромислового комплексу становлять рослинництво і тваринництво. У рослинництві продукція формується завдяки фотосинтезу – процесу, в ході якого рослини, використовуючи сонячну енергію, синтезують органічні речовини з мінеральних. Тваринництво, своєю чергою, залежить від продукції рослинництва, оскільки тварини отримують поживні речовини з кормів, вироблених рослинного походження.

Водночас тваринництво сприяє розвитку рослинництва, забезпечуючи його органічними добривами – як твердими, так і рідкими. Основне завдання рослинництва полягає у забезпеченні населення продуктами харчування, тваринництва – кормами, а переробної промисловості – відповідною сировиною.

Сільське господарство на сучасному етапі характеризується високим рівнем механізації, широким використанням мінеральних добрив і засобів захисту рослин, впровадженням високопродуктивних сортів культур і сучасних технічних засобів. Завдяки комплексній механізації господарства мають змогу розширювати посівні площі та оптимізувати структуру посівів. Використання високопродуктивних машин та вдосконаленого обладнання дозволяє підвищити загальний обсяг сільськогосподарського виробництва до 16% і збільшити вихід готової продукції на 26–30%.

Багаторічні трави, зокрема люцерна, висівають переважно навесні суцільним або вузькорядним способом під покрив ранніх зернових культур або у чистому вигляді. Її урожайність і якість сіна значною мірою залежать від строків збирання, способів сушіння та умов зберігання. Основними показниками поживної цінності сіна є вміст білка, мінеральних речовин і

вітамінів, які можуть знижуватися в процесі обробки та тривалого зберігання на полі.

Для отримання якісного сіна необхідно дотримуватися агротехнічних вимог до строків скошування, тривалості підв'ялювання та методу сушіння. Сіно має бути висушене до вологості 16–18%. Недосушене або пересушене сіно втрачає поживну цінність. Особливо важливо не допустити втрати листя та суцвіть, що є найбільш поживними частинами, під час ворушіння, згрібання та транспортування. Для цього застосовують своєчасне ворушіння і сучасні технології заготівлі.

Традиційна технологія заготівлі включала кілька етапів: косіння, перевертання, згрібання у валки, сушіння, перевертання валків, згрібання в копиці, транспортування та скиртування. У разі сприятливих погодних умов траву одразу згрібають у валки, щоб уникнути пересушування.

Сучасні технології передбачають плющення стебел під час скошування, що сприяє швидшому та рівномірнішому висиханню, а також зменшенню втрат. Сіно часто пресується у тюки за допомогою преспідбирачів, що полегшує його зберігання та транспортування. Ще досконалішим методом є скиртування сіна, підсушеного лише до вологості 40–45%, з подальшим досушуванням у скиртах за допомогою вентилювання холодним або підігрітим повітрям, що знижує втрати білків удвічі.

Люцерну вирощують у польових, кормових та ґрунтозахисних сівозмінах. У польових сівозмінах вона використовується 1,5–2 роки, у кормових та запільних – до чотирьох. У регіонах із недостатнім зволоженням культуру доцільно вирощувати на зрошуваних та заплавних ділянках, що забезпечують високу врожайність зеленої маси. При контурно-меліоративному землеробстві багаторічні трави висівають на землях II і III технологічних груп, переважно на схилах понад 3°, у спеціалізованих сівозмінах.

Кращими попередниками люцерни є озимі зернові, просапні культури, а також чисті від бур’янів ділянки.

Мета дипломного проєкту – обґрунтування доцільності зберігання сіна із застосуванням консервувальних речовин, що значно полегшує процес заготівлі та зберігання кормів для ефективного їх використання у тваринництві.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ НА СІНО

1.1 Інтенсивна технологія вирощування люцерни

передбачає використання високоврожайних сортів, оптимальних норм мінеральних та органічних добрив, дотримання рекомендованих строків і способів сівби, ефективних методів догляду за рослинами, а також своєчасне збирання врожаю. Система удобрення ґрунту будується з урахуванням запланованого рівня урожайності, вмісту поживних речовин у ґрунті та виносу елементів живлення з продукцією. Усі заходи здійснюються згідно з технологічною картою вирощування культури.

Місце в сівозміні. Люцерну вирощують у структурі польових, кормових, ґрунтозахисних сівозмін, а також на запільних ділянках. У польових сівозмінах вона використовується протягом 1,5–2 років, у решті – до 4 років. У регіонах із нестачею вологи люцерну доцільно розміщувати на зрошуваних, заплавних та тимчасово підтоплюваних ділянках, що сприяє підвищенню продуктивності зеленої маси.

Зі впровадженням контурно-меліоративного землеробства рекомендовано висівати люцерну на схилах крутістю понад 3° у спеціалізованих зерно-трав’яних сівозмінах, зокрема на землях II та III технологічних груп. Найкращими попередниками є озимі зернові культури, просапні культури, а також ділянки, вільні від бур’янів.

Система удобрення. Для отримання 100 ц/га сіна люцерна споживає з ґрунту близько 260 кг азоту, 65 кг фосфору, 150 кг калію і 262 кг кальцію. За дворічного використання відбувається винесення до 500 кг/га азоту, 120 кг/га фосфору, 300 кг/га калію і 500 кг/га кальцію. Незважаючи на здатність люцерни покращувати родючість ґрунту, вона ефективно реагує на внесення добрив.

Найраціональнішим для інтенсивної технології є локальний спосіб внесення мінеральних добрив із загортанням на глибину 10–20 см, що дозволяє зменшити втрати азоту на 30–40 %, фосфору — на 35–45 %, калію — на 25–40 %, одночасно підвищуючи врожайність та окупність добрив.

Органічні добрива вносять як під попередники (за 1–2 роки до сівби), так і безпосередньо під люцерну. У Поліссі та Лісостепу рекомендовані дози становлять 30–50 т/га, у Степу — 25–30 т/га. За таких умов урожай сіна зростає на 13–20 ц/га та 10–15 ц/га відповідно. Проте великі дози гною, внесені під покривну культуру, можуть пригнічувати розвиток люцерни.

Для безпокривних посівів дози органічних добрив доцільно збільшити до 50–60 т/га. У дослідах УНДІ кормів урожай зеленої маси досягав 388 ц/га при внесенні 80 т/га гною восени на фоні мінерального живлення $P_{60}K_{120}$.

Внесення органічних добрив здійснюється машинами: 1-ПТУ-4, РОУ-5, КСО-9, ПРТ-16, РПН-4, РУН-15А, завантаження — навантажувачами ПФП-1,2, ПБ-35, ПЗА-1,0, ПЗ-0.8Б.

Мінеральні добрива**.** Стосовно застосування азотних добрив думки дослідників розділилися. За сприятливих умов для бульбочкових бактерій люцерна здатна самостійно фіксувати атмосферний азот. Ефективність азотних добрив низька на чорноземах і темно-каштанових ґрунтах із гумусом 2,2–2,6 %. На бідних ґрунтах рекомендовані стартові дози (N10–20), які вносять під час сівби, забезпечуючи потребу рослин у період до формування бульбочок.

Низька забезпеченість ґрунту фосфором послаблює азотофіксацію, що обґрунтовує доцільність внесення азоту. Високий вміст фосфору, навпаки, підсилює азотфіксуючу здатність, знижуючи потребу в азотних добривах.

Калій підвищує посухо- і морозостійкість люцерни, продовжує період експлуатації травостоїв. У зв’язку зі значним виносом калію доцільно вносити його один раз на 3 роки в дозі **$K_{60–90}$**, на бідних калієм ґрунтах — до **$K_{120–150}$.**

Проте надлишок калію (більше 3 % K_2O) у сіні погіршує якість корму та негативно впливає на здоров’я тварин.

Технічні засоби для внесення добрив:

поверхневе внесення: РУМ-5-03, РУМ-8, РУМ-16, МВУ-8Б, МВУ-0.5А, РТТ-4.2А, МХА-7;

підживлення: КРН-4,2, КРН-5,6 та інші культиватори;

підготовка добрив: ІСУ-4, АИР-20;

змішування: УЗСА-40 (ЗАУ-3), СЗУ-20, УТС-30;

транспортування пиловидних добрив: РУП-10, РУП-14, МТП-10, МТП-13;

навантаження: ПГ-0,2, ПЗ-0.8Б, ПФ-0,75.

Мікроелементи**.** Бор, марганець, молібден, цинк, мідь, кобальт, залізо та магній мають важливе значення для метаболізму та стійкості люцерни. Дефіцит міді поширений на торф’яниках і підзолистих ґрунтах, молібдену — на чорноземах, марганцю та цинку — на карбонатних. Застосування мікродобрив дозволяє збалансувати мінеральне живлення, підвищити продуктивність і якість зеленої маси, стійкість до хвороб, морозів та посух:

	B	Mo	Fe	Cu	Co	Mn
Приріст урожаю, ц/га	*25*	46	18	32	34	22
Кількість дослідів	67	70	64	13	64	64

Застосування мікроелементів і біологічних препаратів у технології вирощування люцерни

Для забезпечення оптимального мінерального живлення люцерни мікроелементи застосовуються з урахуванням особливостей їх засвоєння рослинами. Бор доцільно вносити безпосередньо в ґрунт, тоді як марганець, цинк і залізо найефективніше використовуються у формі позакореневого підживлення. Молібден рекомендовано застосовувати шляхом передпосівної обробки насіння.

Мікроелементи, як правило, додають до макродобрив або вносять разом із гербіцидами до сівби. Позакореневе підживлення доцільно поєднувати з обприскуванням посівів пестицидами у фазі бутонізації, що забезпечує підвищення ефективності агротехнічних заходів.

Симбіотична азотфіксація. Люцерна, як і інші бобові культури, здатна до біологічного фіксування атмосферного азоту завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Упродовж вегетаційного періоду вона може акумулювати до 150–200 кг/га азоту, що становить 30–70 % загальної потреби в цьому елементі.

Для підвищення ефективності азотфіксації доцільно використовувати бактеріальні препарати, зокрема ризоторфін, яким обробляють насіння перед сівбою. Це сприяє швидкому формуванню активних бульбочок на коренях рослин і підвищенню врожайності зеленої маси та сіна.

Таблиця 1.1 – Дози мікродобрив, рекомендовані під люцерну й конюшину, кг/га д. р.

Мікроелемент	У грунт до сівби	Передпосівна обробка насіння	Некореневе підживлення
Mo		0,01…0,02	0,1…0,3
Mn	3,0	–	0,05
Zn	3,0	0.01	–
Co	–	0,15	_
B	0,60	-	0,1…0,3

Застосування біопрепаратів і заходи передпосівної підготовки при вирощуванні люцерни

Використання ризоторфіну при обробці насіння люцерни позитивно впливає на продуктивність: спостерігається збільшення врожаю сіна на 5–8 ц/га, а вміст сирого протеїну підвищується на 2–3 %. Ефективність інокуляції бобових культур бульбочковими бактеріями зумовлюється рядом факторів, зокрема типом ґрунту, його кислотністю, рівнем зволоження та аерації,

вмістом гумусу, агрохімічним станом, біологічною активністю ґрунту й рівнем агротехнічної підготовки.

Обробіток ґрунту розпочинають одразу після збирання попередника. На площах, засмічених однорічними бур'янами, проводять лущення дисковими агрегатами (наприклад, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А). У разі ущільнення ґрунту застосовують дискові борони (БДТ-7А, БД-10Б) із глибиною обробітку 6–8 см. Для боротьби з багаторічними коренепаростковими бур'янами (осот, берізка, молочай тощо) глибину обробітку збільшують до 8–12 см із використанням важких дискових борін у один-два сліди.

Тип передпосівного обробітку залежить від кліматичних умов і строків сівби. Навесні виконують розпушування зябу широкозахватними агрегатами:
– перший варіант — комбінація важких або середніх борін у першому ряді з посівними або легкими боронами у другому ряді;
– другий варіант — шлейф-борони з посівними боронами.
Робочий напрямок агрегатів повинен перехрещуватись із попереднім напрямком основного обробітку.

Безпосередньо перед сівбою обробіток виконують боронами ВНИС-Р або культиваторами УСМК-5.4А/Б у поєднанні з райборінками. Поверхня ґрунту має бути вирівняною, з висотою гребенів не більше 15 мм, а вміст грудочок діаметром понад 20 мм — не більше 10 %.

При післяукісних і післяжнивних посівах застосовують дискові борони на глибину 5–6 см у один-два проходи. Ущільнений ґрунт додатково обробляють плоскорізами (КПГ-250А, КПГ-2,2) у поєднанні з голчастими боронами БИГ-3А та котками ЗККШ-6А. Це дає змогу запобігти утворенню великих грудок і висушуванню посівного шару. Після дощів посівний шар доводять до дрібногрудкуватого стану за допомогою культиватора КПС-4 у поєднанні з легкими боронами.

Ефективним варіантом є використання комбінованих агрегатів, зокрема АКП-2,5, який за один прохід виконує розпушування, вирівнювання і прикочування ґрунту. Також застосовують агрегати типу ВИП-5,6.

Підготовка насіння та сівба. Частина насіння люцерни, як і інших бобових культур, має тверду оболонку, яка перешкоджає проникненню вологи та повітря. Якщо частка твердого насіння перевищує 20–25 %, перед протруюванням його скарифікують на установках СКС-1 або СКС-2, або проводять термічну обробку при температурі 40–41 °С протягом 5 діб. Таке насіння дає початок високопродуктивним рослинам.

Якість посівного матеріалу оцінюють за кольором — буре і коричневе насіння характеризується нижчою схожістю порівняно з жовтим.

Через дрібність насіння, польова схожість люцерни за ранньою весняною сівбою рідко перевищує 50 %, а за пізньої — 30–40 %. У підпокривний період втрачається до 20–30 % сходів. Оптимальна густота рослин у перший рік становить:

– у Степу — 160–180 рослин/м²;

– у Лісостепу — 190–220 рослин/м²;

– на Поліссі — 200–230 рослин/м².

Дотримання всіх агротехнічних вимог дозволяє знизити норму висіву на 25–30 %. За даними УНДІЗЗ, за польової схожості 70–80 %, рекомендована норма висіву становить 10–12 кг/га. Глибина загортання насіння залежить від структури ґрунту і становить 1,5–3 см.

На підставі досліджень Лісостепу та Степу встановлено, що серед покривних культур найменше пригнічують люцерну: кукурудза на зелений корм, ранньостиглий горох, чина, просо, редька олійна, ріпак ярий. Сильніше її пригнічують вико-вівсяна суміш, яра пшениця, ячмінь, овес, а найбільше — озимі пшениця та жито. Високі врожаї сіна також отримували при сівбі під покрив ранньостиглого гороху:

Покривна культура	*Люцерна, сіно*
Ячмінь на зерно	35,7
Горох на зерно	47,6
Просо на зерно	50,1
Кукурудза на зелений корм	61,3

1.2 Безпокривні посіви та догляд за люцерною

У сучасному інтенсивному кормовиробництві особливе значення мають безпокривні весняні та літні посіви люцерни, які доцільно розміщувати лише на полях, ретельно очищених від бур'янів. У разі недостатнього очищення, швидкоростучі бур'яни здатні пригнічувати розвиток молодих сходів культури.

Згідно з даними Українського науково-дослідного інституту кормів, безпокривний весняний посів люцерни забезпечив урожай зеленої маси 249 ц/га вже в перший рік вегетації, при цьому в наступні роки врожайність перевищувала аналогічні показники під покривними культурами. На зрошуваних заплавних ділянках урожай зеленої маси люцерни в рік сівби може досягати 400–500 ц/га (Проскура І. П., 1981).

Травосумішки на основі багаторічних бобових і злакових трав вирощують як на луках, так і на ріллі, зокрема в ґрунтозахисних сівозмінах. Такі сумішки вирізняються підвищеною стійкістю до витоптування, довговічністю, меншою ймовірністю викликати тимпанію у жуйних тварин, а також кращим збалансуванням корму за поживними речовинами. Висушування такої зеленої маси забезпечує краще збереження листя бобових компонентів.

Рекомендовані норми висіву травосумішок (у кг/га):

Для Степу та посушливих районів Лісостепу: люцерна (10–12) або люцерна (5–6) + еспарцет (25–35) + стоколос безостий (8–10) або житняк (8–10);

У зволожених районах Лісостепу: люцерна синьогібридна (6–8) + конюшина лучна (5–8) або еспарцет (30–40) + костриця лучна (5–8) або стоколос безостий (8–10) + райграс високий (3–5);

На солонцювато-солончакових луках: люцерна жовта або синьогібридна (5–6) + буркун білий (3) + стоколос безостий (12) + костриця лучна (10) + костриця очеретяна (1–5);

Для Полісся (окрім Карпатського регіону): люцерна (12–15) + конюшина лучна (5) + тимофіївка лучна (3–4) + костриця лучна (5–6) або грястиця збірна (3–4).

На схилах доцільно формувати сумішки із більшою часткою злакових компонентів. Для покращення водопроникності ґрунту та зменшення негативного впливу ерозії в осінній період, перед завершенням вегетації, посіви обробляють щілинорізами типу ЩП-3-70, ЩН-5-4Ц або плоскорізами КПГ-2,2/КПГ-250А. Відстань між проходами має становити: 5–6 м на схилах, 8–10 м на рівнинних ділянках. Щілювання сприяє збільшенню врожаю зеленої маси на 25–40 ц/га.

Догляд за багаторічними посівами. Ранньою весною чисті посіви люцерни та її сумішей боронують у один-два проходи за допомогою голчастих або важких борін. На початку весняної вегетації проводять інвентаризацію травостою, керуючись методикою осіннього обстеження. Стан посівів оцінюють за відповідними нормативами.

Якщо посіви зріджені та не формують повноцінного травостою, їх рекомендується пересівати або підсівати швидкоростучими культурами: ярим житом, однорічним або багатоукісним райграсом, редькою олійною, ярим ріпаком, вико-вівсяною сумішкою.

Таблиця 1.2 – Оцінка стану травостою минулих років

Оцінка кількість рослин на 1 м^2	весною	восени	весною	восени	весною	восени
Другий рік життя						
Відмінна	200	160	220	180	230	190
Добра	160	120	160	140	180	160
Задовільна	110	80	120	100	130	120
Третій рік життя						
Відмінна	150	110	160	140	180	160
Добра	120	80	120	100	140	120
Задовільна	80	50	80	60	90	70

Особливості догляду за травостоєм люцерни у старовікових посівах та режими скошування

У випадках ущільнення ґрунту на ділянках із люцерною третього року життя та старше доцільно проводити поверхневий обробіток упоперек рядків з використанням дискових лущильників у агрегаті з боронами. Для мінімізації пошкодження зони кущіння диски встановлюють під малим кутом атаки (приблизно 15°), що дозволяє уникнути підрізання кореневої системи рослин.

На ранніх фазах розвитку у рослин спостерігається найбільш збалансований амінокислотний склад, тому зелена маса, зібрана в ці строки, має високу біологічну цінність. Урожайність зеленої маси поступово зростає від моменту початку відростання до фази повного цвітіння. Щоб отримати корм із високим вмістом вітамінів (зокрема у вигляді трав’яної січки, гранул, брикетів, білково-вітамінних концентратів), скошування доцільно проводити у фазі бутонізації, а для заготівлі сінажу — до початку масового цвітіння.

При надмірно частому скошуванні спостерігається ослаблення росту рослин, що веде до швидкого прорідження травостою та зниження продуктивності. За результатами досліджень Полтавської дослідної станції, у випадку скошування люцерни кожні 10 і 20 днів випадання рослин узимку становило відповідно 85–100 % та 48–98 %. Урожайність зеленої маси за два роки експлуатації травостою при інтервалі скошування 20 днів становила 165 ц/га, тоді як при 40-денному інтервалі – 402 ц/га. Тому оптимальним вважається режим скошування з інтервалом 35–40 днів, із залишенням стерні заввишки 6–8 см.

Для оптимального використання вегетаційного потенціалу травостою строки скошування на різних ділянках чергують. Там, де перший укіс був проведений раніше, останній проводять у фазі початку або масового цвітіння. Такий підхід дозволяє раціонально використовувати зелену масу кожного укосу протягом 18–20 днів.

Збирання зеленої маси здійснюють самохідними кормозбиральними комбайнами: КСК-100А, КСК-Ф-250-1, Е-281С, Е-282, а також причіпними – КПІ-2,4, КПКУ-75. Для заготівлі сіна застосовують косарки-плющилки КПРН-3.0А, КПС-5Б, Е-302, Е-303 або роторні косарки СКП-10, КС-Ф-2.1Б.

Для перевертання покосів використовують граблі типу ГП-10, ГП2-14А, ГПП-6.0 та ВК-6.0А, для підбирання валків і формування скирт — підбирач-стогоукладач СПТ-60, а для навантаження та транспортування — причіп-стоговіз СП-60.

Високоякісне сіно отримують також за допомогою високопродуктивної установки УВС-16А, з подальшим досушуванням у скиртах методом активного вентилювання повітрям, що дозволяє зберегти максимальну кількість поживних речовин.

РОЗДІЛ 2
КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

2.1. Обґрунтування необхідності вдосконалення конструкції машини для виконання операції ворушіння сіна

У сучасному тваринництві найбільш цінними є корми в **с**віжому вигляді, однак їх використання можливе лише протягом літнього сезону і частково у весняно-осінній період. Для забезпечення тварин рослинними кормами в зимовий період, зелена маса підлягає консервуванню — процесу, що дозволяє зберегти поживну цінність корму на тривалий час. Основні методи консервування включають висушування (сінозаготівля), заквашування (силосування) та хімічне консервування.

Найбільш поширеним способом є висушування зеленої маси на сіно. Історично заготівля відбувалась методом польового сушіння, що напряму залежить від погодних умов. Новітні підходи передбачають використання хімічних консервантів**,** активне вентилювання з підігрітим повітрям та енергію сонячного випромінювання, що дозволяє отримати якісне сіно з мінімальними втратами поживних речовин.

Однак, традиційна технологія польового сушіння все ще активно використовується, хоча й супроводжується значними втратами — до 40–50 % поживних речовин, переважно внаслідок:

несвоєчасного скошування,

ферментативних і біохімічних процесів (автолізу, дихання клітин),

втрат від дощу та роси,

розвитку мікрофлори, особливо плісеневих грибів.

Втрати протеїну при порушенні режиму сушіння можуть досягати до 55%, тоді як у сприятливих умовах вони становлять лише 12–14 %. Причиною таких втрат є зволоження трави і розвиток мікроорганізмів, які активно

споживають поживні речовини, перетворюючи корм у непридатну до споживання масу.

З огляду на це, ефективне ворушіння сіна є критичним технологічним етапом у зниженні втрат при сушінні в польових умовах. Існуючі машини для ворушіння нерідко не забезпечують рівномірного ворушіння по всій площі валка, особливо при високій вологості або на складному рельєфі поля. Часто в процесі ворушіння втрачаються дрібні та найпоживніші частини рослин – листки і суцвіття, що негативно впливає на загальну якість сіна.

З метою підвищення ефективності процесу заготівлі сіна в сучасних умовах актуальним є удосконалення конструкції машин для ворушіння. Нові рішення мають забезпечувати:

- рівномірне перевертання валків,
- мінімізацію механічних втрат корму,
- зменшення енергозатрат на технологічні операції,
- адаптацію до умов підвищеної вологості трави,
- покращення якості провітрювання зеленої маси.

Застосування хімічних консервантів (пропіонова, мурашина, оцтова кислоти, КНМК, бензойна кислота) у поєднанні з механізованим ворушінням вимагає рівномірного перемішування сіна, особливо при збиранні вологого матеріалу. У великих рулонах нерівномірний розподіл консервантів призводить до локального псування корму, тому потреба в більш точному та рівномірному розкиданні сіна під час ворушіння є вирішальною.

Таким чином, вдосконалення машин для ворушіння сіна обумовлено необхідністю:

- збереження біологічної цінності кормів,
- зменшення залежності заготівлі від погодних умов,
- забезпечення ефективної взаємодії механічної та хімічної обробки зеленої маси,
- мінімізації втрат поживних речовин у процесі сушіння та зберігання.

Підвищення ефективності ворушіння напряму впливає на якість і кількість заготівлі, що робить удосконалення машин цього типу ключовим напрямом технічного розвитку у сфері заготівлі кормів.

Обґрунтування доцільності удосконалення конструкції машини для ворушіння сіна з функцією внесення консервантів

2.2 Аналіз існуючих технічних рішень

У структурі сучасного кормовиробництва однією з актуальних задач є ефективне збереження зеленої маси в періоди, коли її не можна згодовувати в свіжому вигляді. Через сезонний характер вирощування та використання зелених кормів, основним способом їх заготівлі на зиму залишається консервування. Традиційно для цього застосовують висушування (на сіно), заквашування (силосування) або хімічне консервування.

Висушування зелених кормів у польових умовах залишається найбільш поширеним методом, хоча він має суттєві недоліки. Залежність від погодних умов**,** високі втрати поживних речовин та розвиток мікрофлори на траві — все це знижує якість отриманого сіна. За несприятливих умов втрати сухої речовини можуть досягати 20–30 %, а протеїну — до 55 %**,** тоді як за правильно організованого сушіння вони не перевищують 12–14 %.

На ринку представлено чимало хімічних і біологічних консервантів, які дозволяють зменшити втрати при зберіганні кормів. Так, фінська компанія «Фармос» пропонує препарати «Віхер-розчин» та «Віхер-кислота», які містять органічні й мінеральні кислоти, формалін і стабілізуючі компоненти. Перший використовується для пров’яленої маси (3–3,5 л/т), другий — для свіжоскошеної (5–6 л/т) або кукурудзи з вологістю до 80 %. Крім того, застосовують сірковмісні солі ($NaHSO_4$, $Na_2S_2O_5$) і сірчистий газ (SO_2), які ефективно пригнічують розвиток грибкової мікрофлори.

Серед біологічних консервантів, що стимулюють молочнокисле бродіння, особливо актуальні ферментні препарати, такі як глюкаваморін**,** амілоризин, цитопектонігрин, Целотерин тощо. Вони підвищують перетравність корму і сприяють збереженню білків та вуглеводів. Також для збагачення силосної маси вносять джерела цукру — меляса, буряки, зерно. Додають і кухонну сіль (1–1,5 кг/т) для покращення смаку й збереження силосу.

Попри ефективність описаних методів, їх реалізація вимагає спеціалізованого обладнання, додаткових етапів обробки і значних затрат праці, що ускладнює їх впровадження на малих і середніх господарствах.

З огляду на викладене, доцільним є поєднання технологічних операцій ворушіння та внесення консервантів у рамках одного технологічного циклу. Це дозволить мінімізувати витрати праці, зменшити кількість проходів техніки по полю і забезпечити рівномірну обробку зеленої маси вологістю 20–35 % безпосередньо в процесі ворушіння.

У межах цієї курсової роботи пропонується удосконалити конструкцію ворушилки ВЦН-Ф-3, оснастивши її системою внесення рідких хімічних або біологічних консервантів. Така модифікація дозволить:

- здійснювати одночасне ворушіння і обробку люцерни консервантами;
- знизити трудомісткість і енергозатрати на технологічну операцію;
- підвищити якість заготівлі сіна, особливо в умовах підвищеної вологості;
- зменшити залежність від погодних умов при збиранні кормів.

Таким чином, удосконалення технічного засобу з орієнтацією на комбінування технологічних процесів відповідає сучасним вимогам до ресурсозбереження та підвищення ефективності кормозаготівлі.

2.3. Опис удосконаленої машини.

Мета та суть удосконалення конструкції сіноворушилки

Метою удосконалення сіноворушилки є розширення її технологічних можливостей при заготівлі сіна шляхом поєднання операції ворушіння із одночасним внесенням рідких хімічних препаратів, що сприяють прискоренню сушіння та підвищенню якості корму. Такий підхід дозволяє не лише зменшити втрати поживних речовин, але й знизити трудомісткість процесу, підвищити ефективність польових робіт і зменшити залежність від погодних умов.

Основним недоліком існуючої сіноворушилки ВЦН-Ф-3 є її нездатність одночасно обробляти скошену масу консервуючими речовинами. Це обмежує її функціональність і не дозволяє використовувати її в сучасних інтенсивних технологіях заготівлі кормів.

Технічне рішення запропоноване вдосконалення конструкції сіноворушилки передбачає модернізацію базової моделі шляхом інтеграції системи подачі рідких препаратів безпосередньо у процесі ворушіння.

Конструктивно сіноворушилка містить:

Раму (1), на якій розміщений щонайменше один ротор (2), що обертається навколо вертикальної вісі (3). Нижній її кінець спирається на опорне колесо (4), а верхній з'єднаний із рамою.

Роторна частина виконана у формі колеса, до ступиці (5) якого приварені трубчасті хрестовини (6), що з’єднуються з ободом (7).

На внутрішній стороні хрестовини розміщено порожнину (8) у вигляді усіченого конуса, що слугує ємністю для рідких хімічних препаратів (**9**).

Порожнина з’єднується із запірно-регулюючим пристроєм (10)**,** який через гнучкі трубопроводи (11, 12) подає препарат до каналів (13) всередині порожнистих пружинних зубів (14)**.**

Пружинні зуби виконані у вигляді товстостінної металевої труби малого діаметра, яка в центральній частині скручена у взаємно протилежних напрямках. Зовнішні кінці зубів, що контактують з ворушеною масою, мають перфоровані отвори (15), через які відбувається рівномірне розпилення консервуючої рідини.

Конструктивні переваги інтеграція ємності з препаратом у ротор зменшує потребу в окремих механізмах розпилення.

Дозоване внесення препаратів забезпечується індивідуальними запірно-регулюючими пристроями на кожному робочому органі.

Форма ємності у вигляді усіченого конуса, встановлена співвісно з ротором, сприяє природному переміщенню рідини під час обертання.

Порожнисті пружинні зуби з перфорацією дозволяють здійснювати безпосереднє і рівномірне зрошення ворушеної маси, що забезпечує високу ефективність обробки.

Запропонована модернізація дозволяє поєднати механічне ворушіння трав'яної маси з хімічною її обробкою, що значно підвищує якість корму, прискорює сушіння, зменшує втрати поживних речовин і робить процес заготівлі сіна економічно доцільним та екологічно обґрунтованим.

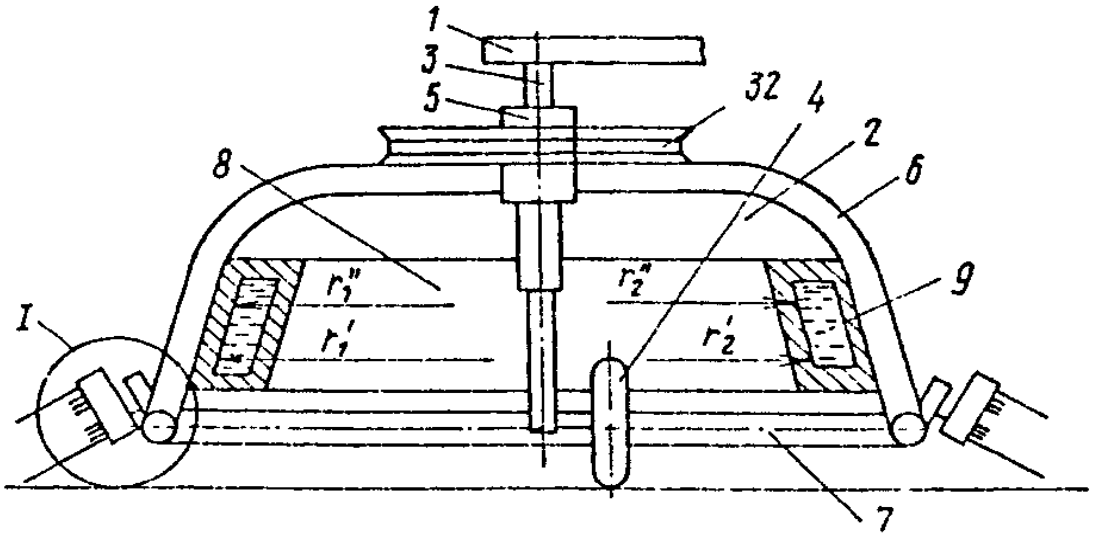


Рисунок 2.1. Ротор сіноворушилки.

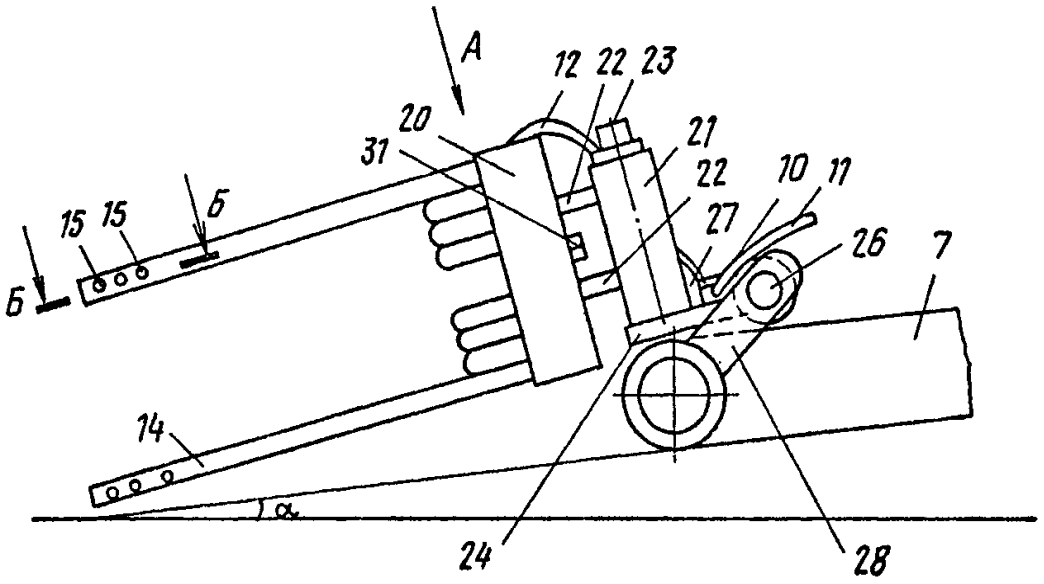


Рисунок 2.2. Вузол пружинних пальців.

Запірно-регулюючий пристрій 10 представляє собою корпус 16, в якому розташовані пружини 17, клапан 18 і сідло клапана 19. До корпусу 16 за допомогою штуцерів прикріплені трубопроводи 11 і 12.

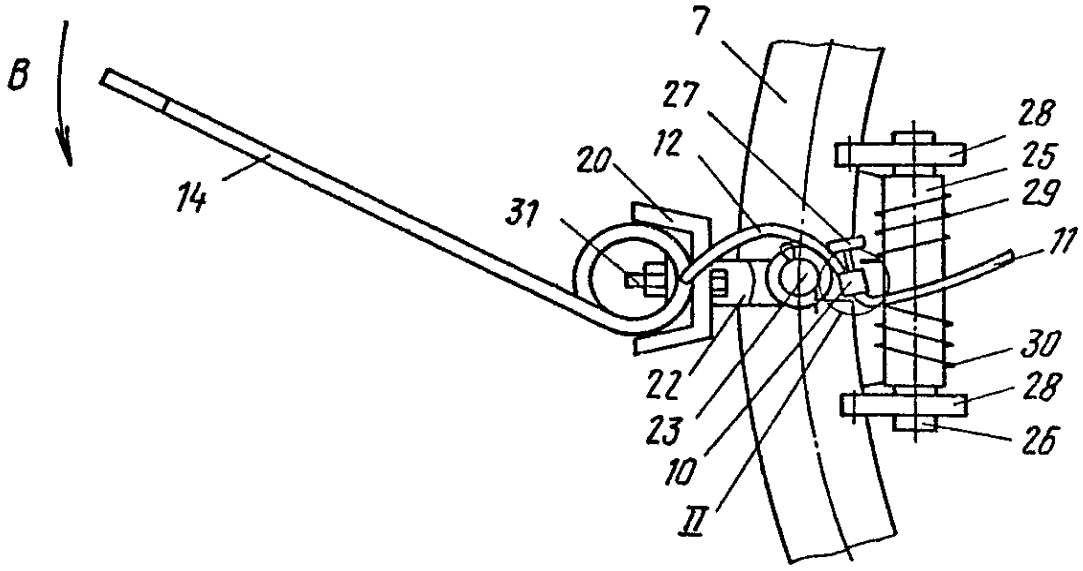


Рисунок 2.3. Вигляд вузла пружинних пальців зверху.

Пружинні зуби 14 встановлені на ободі 7 за допомогою кронштейна, який має тримач 20 і втулку 21, що з’єднані між собою пластинами 22 , палець 23, закріплений на основі 24, привареної до втулки 25 і палець 26.

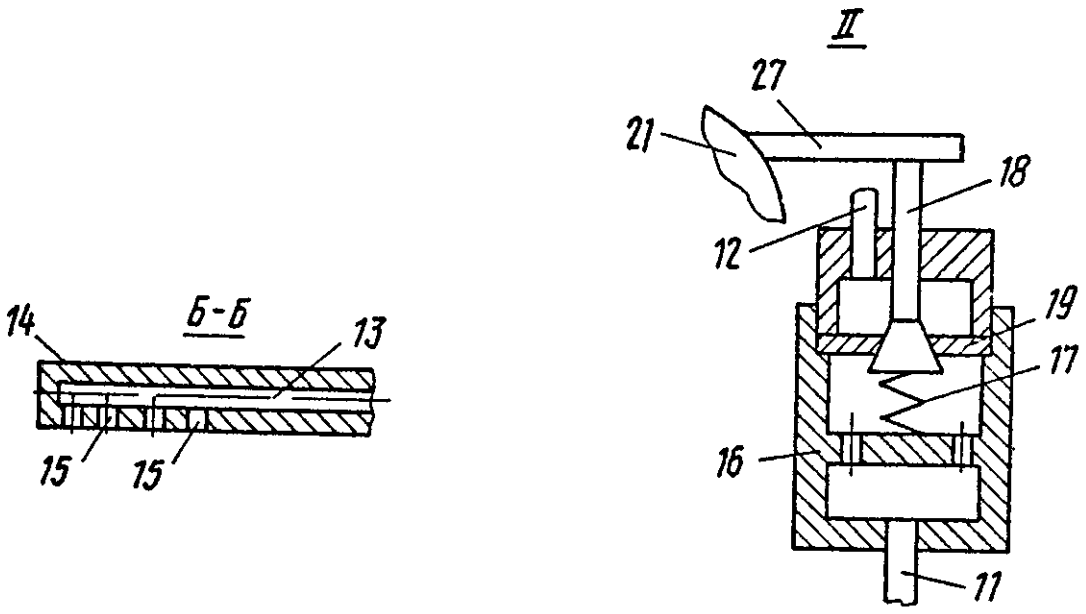


Рисунок 2.4. Розріз пружинного пальця і запірно-регулювальний пристрій.

До втулки 21 прикріплений упор 27, який взаємодіє з клапаном 18 запірно-регулювального пристрою 10, прикріпленого до основи 24.

Конструктивні особливості вузлів сіноворушилки та принцип її дії

Втулка (21) змонтована на пальці (23) з можливістю вільного обертання навколо його осі, виконуючи функцію додаткового шарніра, за допомогою якого кронштейн з пружинними зубами (14) кріпиться до обода (7). Така конструкція дозволяє пружинним зубам повертатися в радіальній площині обода під дією скошеної маси, забезпечуючи адаптивність зубів до нерівностей рельєфу.

Основний шарнір кріплення утворюється завдяки взаємодії втулки (25) **і** пальця (26), який фіксується у двох тримачах (28), розміщених на внутрішній стороні обода. Саме завдяки цьому вузлу, а також під впливом торсійних пружин (29 і 30), кронштейн із закріпленими зубами в стані спокою ротора (2) повертається у верхнє положення в осьовій площині, запобігаючи контакту робочих органів із поверхнею поля чи сторонніми предметами. Це особливо

важливо під час агрегатування машини або її транспортування з нерухомим ротором.

Пружинні зуби (14) у центральній частині фіксуються болтом (31) до тримача (20)**.** Для приведення ротора (2) в обертальний рух навколо осі (3) на трубчасті хрестовини (6) співвісно закріплено шків (32)**.**

Принцип роботи. У процесі роботи сіноворушилка встановлюється із незначним нахилом вперед у напрямку руху так, щоб обод (7) утворював із поверхнею поля гострий кут α. Обертання ротора (2) здійснюється від шківа (32) навколо вертикальної осі (3).

Під дією відцентрових сил, які виникають при обертанні ротора, пружинні зуби (14) разом із кронштейном долають зусилля торсійних пружин (29, 30) і переходять у робоче положення.

Під час обертання у напрямку стрілки В, зуби захоплюють сіно, яке знаходиться перед ротором у напрямку руху машини, і переміщують його в сторону обертання ротора, забезпечуючи ворушіння скошеної маси.

Рідкий хімічний препарат (9), розміщений у обертовій ємності (8), під дією відцентрових сил зазнає тиску, що сприяє його переміщенню до робочих органів. Через гнучкі трубопроводи **і** внутрішні канали пружинних зубів, рідина надходить до перфорованих отворів на кінцях зубів і рівномірно розпилюється на скошену масу в момент ворушіння.

Це технічне рішення дозволяє поєднати механічне ворушіння та обробку сіна консервантами в одному робочому процесі, що значно підвищує ефективність заготівлі кормів**,** зменшує витрати часу, і забезпечує рівномірне нанесення препаратів на оброблювану масу.

:

$$P := \rho_{ж} \cdot \frac{\pi^2 \cdot n^2}{1800} \cdot \left(r1^2 - r2^2\right)$$

де : P – тиск в рідині, $Н/м^2$;

$\rho_ж$ - густина ріди, кг/$м^3$;

n - исло обертів ротора, об/хв;

r1 і r2 - радіус ємкості, м.

Так, як ємкість 8, виконана у вигляді пустотілого усіченого конуса, то r1 - r2 = const по висоті ємкості, а складова приведеної формули $\left(r1^2 - r2^2\right)$ є змінною по висоті ємкості. Причому різниця квадратів радіусів в нижній частині ємкості більша вказаної величини, чим в верхній частині.

Відповідно, тиск рідини в нижній частині ємності є вищим, ніж у верхній, що спричиняє циркуляцію рідини по висоті ємності та забезпечує її переміщення. Це запобігає розшаруванню розчину у випадку використання для обробки скошених рослин хімічних препаратів, що погано розчиняються або мають властивість випадати в осад. Крім того, це дозволяє застосовувати сухі хімічні препарати без попереднього приготування розчинів.

Таким чином, розчин хімічного препарату подається по трубопроводу 11 під надлишковим тиском до запірно-регулюючого пристрою 10.

Додатковий шарнір кріплення пружинних зубів 14 дає змогу дозовано вносити хімічний препарат у масу рослин при згрібанні або ворушінні нерівномірно укладених прокосів, що мають різну густоту (тобто вагу рослин на одиницю площі). Наприклад, при зустрічі пружинних зубів 14 з густішим прокосом (валком), зуби повертаються навколо пальця 23 на більший кут, ніж при контакті з менш густим прокосом. Унаслідок цього упор 27 із більшим зусиллям натискає на клапан 18, що збільшує зазор між клапаном 18 і сідлом 19, відповідно збільшуючи подачу хімічного препарату до оброблюваної маси.

Після зменшення контакту пружинних зубів 14 із згрібаємим матеріалом, клапан 18 під дією пружини 17 притискається до сідла 19, припиняючи подачу препарату.

Застосування даного пристрою, порівняно з відомими аналогами, дозволяє одночасно з механічною обробкою скошених трав (згрібанням і

ворушінням покосів, обертанням валків) вносити хімічні препарати в оброблювану масу. Це сприяє зменшенню втрат врожаю та пришвидшує процес сушіння скошених рослин.

2.4 Операційна технологія виконання операції ворушіння з вирощування люцерни на сіно

Розрахунок складу машино-тракторного агрегату аналітичним методом проводимо в наступній послідовності:

1. Вибираємо з таблиці 3.2 [15] діапазон агротехнічно допустимих швидкостей для операції ворушіння Vр = 6...10 км/год. Ця швидкість відповідає 3-й і 4-й передачі: $V_{р3}$= 7.24 км/год, $V_{р4}$= 8.9 км/год [15].

Визначаємо питомий тяговий опір сільськогосподарської машини для двох вибраних передач за формулою :

$$k_м = k_о \cdot [\, 1 + П \cdot (Vр - Vо)\,] \ кН/м^2 \qquad (2.1)$$

де $k_о$ – питомий тяговий опір машини при швидкості V = 5 км/год по табл. 3.3 [15,34] $k_о$ = 0,5...0,9 кН/м. Приймаємо $k_о$ = 0,5 кН/м;

Vр – фактична робоча швидкість агрегату км/год;

Vо – початкова швидкість, Vо = 5 км/год;

П – приріст питомого опору агрегату із збільшенням робочої швидкості на 1 км/год табл. 3.4 [15,35] П = 1...3 %. Приймаємо П = 1%

Отже питомий тяговий опір при 3-й передачі:

$$k_{м3} = 0.5[\, 1 + 0.01(7.24 - 5)\,] = 0.5 \ кН/м^2$$

питомий тяговий опір при 4-й передачі:

$$k_{м4} = 0.5[\, 1 + 0.01(8.9 - 5\ )\,] = 0.3 \ кН/м^2$$

Визначаємо максимально можливу ширину захвату за формулою:

$$Bmax = \frac{Ргак}{k_м + g_м\left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100}\right)} м \qquad (2.2)$$

де Ргак – сила опору робочої машини, кН;

$g_м$ – вага машини, що припадає на 1 м ширини захвату, кН/м приймаємо $g_м$ = 5,2 кН/м;

λ – коефіцієнт, що враховує вплив довантаження трактора при роботі з навісними с.-г. машинами на опір перекочування трактора λ = 1,1...1,5. Приймаємо λ = 1,5;

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору перекочування трактора. Для другого класу ґрунту цей коефіцієнт дорівнює $f_{тр}$ = 0,068;

i – кут нахилу поля, i - 1,0%.

Розраховуємо гакове зусилля за формулою:

$$Ргак = Рруш – P_f – P_i \quad кн. \qquad (2.3)$$

де Рруш – р.ушійна сила, кН;

P_f – сила опору перекочування трактору, кН;

P_i – сила опору підйому, кН.

Рушійна сила визначається за формулою [15,15]:

$$Рруш = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н} кн. \qquad (2.4)$$

де Ne – ефективна потужність двигуна трактора, кВт. Ne = 58,9 кВт табл.2.1 [15,20];

$n_н$ – частота обертання колінчастого вала, $n_н$ = 2200 об/хв табл. 2.1 [15,20];

r_k – радіус перекочування, м. Радіус перекочування визначається:

$$r_k = \left(r_o + h\right)\lambda \ м \qquad (2.5)$$

де r_o – радіус стального обода колеса, r_o = 0,483 м;

h – висота шин, h = 0,305 м;

λ – коефіцієнт прогинання шин, для другого агрофону λ = 0,72;

$$r_k = (0.483 + 0.305) \cdot 0.72 = 0.6 \text{ м}$$

Передаточне число трансмісії на заданій передачі знаходимо;

$$i_{тр} = \frac{0.377 \cdot n_н \cdot r_k}{V_т} \quad (2.5)$$

де $V_т$ – теоретична швидкість руху, км/год;

Передаточне число трансмісії для 3-ї передачі:

$$i_{тр3} = \frac{0.377 \cdot 2200 \cdot 0.567}{7.24} = 64.95$$

Передаточне число трансмісії для 4-ї передачі:

$$i_{тр4} = \frac{0.377 \cdot 2200 \cdot 0.567}{8.9} = 52.8$$

$\zeta_{тр}$ – механічний ККД. Для колісних тракторів приймаємо $\zeta_{тр}$ = 0,90...0,92

Визначаємо рушійну силу на 3-й передачі:

$$Рруш_3 = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр3} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 64.95 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 24.9 \text{ кН}$$

Визначаємо рушійну силу на 4-й передачі:

$$Рруш_4 = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр4} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 52.8 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 20.3 \text{ кН}$$

Визначаємо силу опору перекочування трактора;

$$P_f = f_{тр} \cdot Gтр \text{ кн.} \quad (2.6)$$

де $f_{тр}$ – коефіцієнт опору перекочування трактора. Для другого класу ґрунту цей коефіцієнт дорівнює $f_{тр}$ = 0,068;

Gтр – вага трактора, Gтр = 33,5 кН.

$$P_f = 0.068 \cdot 33.5 = 2.3 \text{ кН}$$

Визначаємо опір руху на підйом:

$$P_i = G_{тр} \cdot \frac{i}{100} = 33.5 \cdot \frac{1}{100} = 0.3 \text{ кН}$$

Отже, визначаємо гакове зусилля при 3-й передачі:

$$Р_{гак3} = Р_{руш3} - P_f - P_i = 24.9 - 2.3 - 0.3 = 22.3 \text{ кН}$$

Визначаємо гакове зусилля при 4-й передачі:

$$Р_{гак4} = Р_{руш4} - P_f - P_i = 20.3 - 2.3 - 0.3 = 17.7 \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну силу зчеплення:

$$Pmax_{зч} = \mu \cdot G_{тр} \cdot \phi \text{ кн.} \quad (2.7)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення ведучого апарату з ґрунтом, μ = 0,69 для 2-го фону;

φ – коефіцієнт, що враховує зчіпну масу трактора, φ = 1.0 для тракторів з колісною формулою 4х4;

$$Pmax_{зч} = 0.69 \cdot 33.5 \cdot 1.0 = 23.1 \text{ кН}$$

Так як необхідною умовою роботи є наявність достатнього зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом, тому за можливу рушійну силу приймаємо ту, яка відповідає умові:

$$Р_{руш} \leq Pmax_{зч} \quad (2.8)$$

В нашому випадку цій умові відповідає робота трактора на 4-й передачі:

$$20.3 < 23.1$$

Отже наступні розрахунки будимо проводити на 4-й передачі.

Визначаємо максимально-можливу ширину захвату:

$$B_{max} = \frac{P_{гак}}{k_м + g_м\left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100}\right)} = \frac{17.7}{0.3 + 5.2\left(1.5 \cdot 0.68 + \frac{1}{100}\right)} = 3.1 \text{ м}$$

Визначаємо розрахункову та фактичну кількість машин :

$$n_p = \frac{B_{max}}{B_k} = \frac{3.1}{3} = 1.03$$

Фактичну кількість машин округлюємо до цілого числа в меншу сторону за умовою $n_ф < n_р$ тобто $n_ф = 1$ машина.

Визначаємо робочу ширину захвату:

$$B_р = B_k \cdot \beta \cdot n_ф \text{ м} \quad (2.9)$$

де β – коефіцієнт використання робочої ширини захвату машини, β = 0,93...0,95 табл.3.7 [15,37]:

$$B_p = 3 \cdot 0.95 \cdot 1 = 2.9 \text{ м}$$

Визначаємо тяговий опір одно машинного агрегату:

$$Ra = Bk \cdot k_м + Gм \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right) = 3 \cdot 0.3 + 15.8 \cdot \left(1.5 \cdot 0.68 + \frac{1}{100} \right) = 17.3 \text{ кН}$$

Визначаємо тягову потужність агрегату:

$$Na = \frac{Ra \cdot V_р}{3.6} = \frac{17.3 \cdot 8.9}{3.6} = 42.8 \text{ кВт} \quad (2.10$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\zeta_{вик} = \frac{Ra}{Ргак} = \frac{17.3}{17.7} = 0.98 \quad (2.10)$$

Визначаємо тяговий коефіцієнт корисної дії :

$$\zeta_{тяг} = \frac{Na}{Ne} = \frac{42.8}{58.9} = 0.7 \quad (2.11)$$

Площу поля маємо 120 га, приймаємо довжину загінки Lр = 1000 м.

Визначаємо ширину загінки для човникового способу руху:

$$Сопт = \sqrt{16\rho^2 + 2 \cdot Lр \cdot Bр} \text{ м} \quad (2.12)$$

де Lр – робоча довжина гону, м. Приймаємо довжину гонів Lр = 1000 м.

Bр – робоча ширина захвату машини, м;

ρ – радіус повороту агрегату, м

$$\rho = 1.1 \cdot B_p \left(1.41 - \frac{1.41-1.09}{10} \cdot 1\right) = 1.1 \cdot 2.9 \cdot \left(1.41 - \frac{1.41-1.09}{10} \cdot 1\right) = 4.4 \text{ м}$$

$$\text{Ср} = \sqrt{16 \cdot 4{,}4^2 + 2 \cdot 1000 \cdot 2{,}9} = 78.2 \text{ м}$$

Фактичне значення ширини загінки уточнюють:

$$\text{Сф} = (\text{n} \cdot 2 \cdot \text{Вр}) > \text{Сопт} \quad (2.13)$$

де n – коефіцієнт кратності.

$$\text{Сф} = 14 \cdot 2 \cdot 2.9 = 81.2 \text{ м}$$

Розраховуємо ширину поворотної смуги для петльового способу повороту:

$$\text{Ер} = 3 \cdot \rho + \text{е} \text{ м} \quad (2.14)$$

де е – довжина виїзду агрегату, м

Довжина виїзду агрегату визначається за формулою:

$$\text{е} = (0.1...0.2) \cdot l_k \text{ м} \quad (2.15)$$

де l_k – кінематична довжину агрегату, м

Кінематична довжина агрегату визначається за формулою :

$$l_k = l_т + l_м \quad (2.16)$$

де $l_т$ і $l_м$ – кінематична довжина трактора і сільськогосподарської машини, м. табл. 4.2. [15,45].

$l_т$ = 1,32 м.;

$l_м$ = 1,0 м.

$$l_k = 1.3 + 1.0 = 2.3 \text{ м}$$

$$\text{е} = 0.1 \cdot 2.3 = 0.2 \text{ м}$$

Отже розрахункова ширина поворотної смуги для петльового способу повороту:

$$\text{Ер} = 3 \cdot 4.4 + 0.2 = 13.4 \text{ м}$$

Фактичне значення ширини поворотної смуги визначається із умови:

$$Eф = n \cdot Bp > Ep \tag{2.17}$$

$$Eф = 5 \cdot 2.9 = 14.5 \text{ м}$$

Для петльового виду повороту $x < 2\rho$ [15,43].

Вибираємо спосіб руху таким чином, щоб холості ходи були найменшими, при цьому ефективне використання МТА буде збільшуватись. Ефективність способів руху оцінюємо коефіцієнтом робочих ходів за формулою:

$$\phi = \frac{Sp}{Sp + Sx} \tag{2.18}$$

де Sp – сумарна довжина робочих ходів, м;

Сумарна довжина робочих ходів визначається за формулою:

$$Sp = \frac{L_д \cdot Cф}{Bp} \text{ м} \tag{2.19}$$

$$L_д = 2Eф + L_p = 2 \cdot 14.5 + 1000 = 1029 \text{ м}$$

$$Sp = \frac{1029 \cdot 81.2}{2.9} = 28812 \text{ м}$$

Визначаємо сумарну довжину холостих ходів за формулою:

$$Sx = \frac{L_x \cdot (Cф + 2 \cdot Eф)}{Bp} \text{ м} \tag{2.20}$$

де L_x – довжина холостого ходу, м;

Визначаємо довжину холостого хода за формулою:

$$L_x = 6R + 2e \tag{2.21}$$

$$R = \frac{Eф - e + 0.5 \cdot Bp}{2} = \frac{14.5 - 0.2 + 0.5 \cdot 2.9}{2} = 6.4 \text{ м}$$

$$L_x = 6 \cdot 6.4 + 2 \cdot 0.2 = 38.8 \text{ м}$$

$$Sx = \frac{38.8 \cdot (81.2 + 2 \cdot 14.5)}{2.9} = 1474.4 \text{ м}$$

Розраховуємо коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{28812}{28812 + 1474.4} = 0.95$$

2.5 Обґрунтування кількісного і структурного складу механізованої ланки для вирощування люцерни

Однією з ключових умов ефективного використання машинно-тракторного парку (МТП) є його раціональне комплектування. У багатьох господарствах і досі спостерігається дефіцит техніки для якісного та своєчасного виконання сільськогосподарських робіт. У той же час наявні машини не завжди можуть бути ефективно завантажені. Додаткову складність становить і те, що потреби господарств у сільськогосподарській техніці значно різняться залежно від структури посівів, площі угідь та виробничих умов.

При формуванні складу МТП слід дотримуватись таких основних вимог:

До складу повинні входити лише ті типи машин, які забезпечують високу якість виконання технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог.

Кількість машин кожного типу має відповідати обсягу робіт, що підлягають виконанню у встановлені агротехнічні строки.

Комплектацію МТП слід здійснювати з урахуванням мінімізації витрат на виробництво сільськогосподарської продукції.

Доповнення наявного машинно-тракторного парку новими одиницями має бути економічно обґрунтованим, з мінімальними капітальними витратами та максимально повним завантаженням наявної техніки.

Машини повинні бути достатньо продуктивними та універсальними, щоб кількість механізаторів відповідала обсягу робіт, а їх зайнятість була рівномірною протягом року.

У МТП доцільно включати мінімально можливу кількість різних марок техніки, що спрощує технічне обслуговування та ремонт.

2.6. Складання технологічної карти вирощування люцерни на сіно

Першим етапом у визначенні оптимального складу МТП є підготовка вихідних даних: строки проведення та обсяги всіх операцій для кожної культури, продуктивність агрегатів при виконанні кожної операції, підбір відповідних машин або агрегатів, розрахунок необхідної кількості одиниць техніки, а також визначення прямих експлуатаційних та приведених витрат на виконання комплексу робіт у господарстві.

Ці дані систематизуються під час складання технологічних карт вирощування та збирання сільськогосподарських культур.

Для прикладу, в даному дипломному проєкті розглядається технологічна карта вирощування люцерни на сіно за наступними параметрами:

Культура: люцерна на сіно

Попередник: ярий ячмінь

Площа поля: 120 га

Планова врожайність: 55 ц/га

Внутрішньогосподарська відстань перевезень: 7 км

Клас ґрунту: 2

Група ґрунту: II

Схил: 1,0 %

У межах дипломної роботи технологічну карту буде складено для операції ворушіння, оскільки вдосконалюється машина, яка використовується саме для цієї операції.

Розглянемо заповнення технологічної карти:

Порядковий номер операції — у даному випадку операція має номер 12.

Назва операції — ворушіння трави з одночасним внесенням консервантів.

Агротехнічні вимоги — оскільки одночасно з ворушінням здійснюється внесення консервантів, у цій графі зазначається їх витрата: 3–3,5 л/т.

Одиниця виміру — гектар (га).

Обсяг робіт — дорівнює площі оброблюваного поля: 120 га.

Календарні строки початку роботи — початок червня, наприклад: 08.06.2024.

Тривалість виконання операції — приймаємо: 2 дні.

Коефіцієнт змінності — розраховується за відповідною формулою (формулу наведете нижче або в наступному розділі):

$$К_{зм} = \frac{Т_д}{Т_{зм}} \quad (2.22)$$

де Тд – тривалість роботи, год

Тзм – час зміни, год.

$$К_{зм} = \frac{13.3}{7} = 1.9$$

У графі, де вказується трактор, що використовується для виконання операції, зазначаємо МТЗ-80.

Наступна графа призначена для вказання марки зчіпки, якщо вона є частиною машино-тракторного агрегату. Оскільки при виконанні даної операції зчіпка не застосовується, у цій графі ставимо прочерк.

У графі, де вказується машина, якою виконується операція, зазначаємо: удосконалена машина ВЦН-Ф-3, яка здійснює ворушіння трави з одночасним внесенням консерванту.

У дванадцятій колонці фіксується кількість машин, необхідних для виконання даної операції. Враховуючи обсяг роботи — 120 га за два дні, — достатньо використати два машинотракторні агрегати.

У тринадцятій колонці зазначається змінна продуктивність МТА, яка для даної операції становить Wзм = 1,9 га/год.

Норма витрати палива на одиницю площі при виконанні ворушіння становить: n_o = 2,5 кг/га.

Оскільки під час виконання даної операції технологічні матеріали не використовуються, відповідна колонка позначається прочерком.

У шістнадцятій колонці зазначається кількість основних працівників, які задіяні в роботі. Враховуючи, що в полі одночасно працюють два агрегати, потрібно два основних працівники.

Оскільки допоміжні працівники не залучаються, у сімнадцятій колонці також ставимо прочерк.

У вісімнадцятій колонці вказується еталонна продуктивність трактора МТЗ-80, яка становить 0,72 уметга/год.

У дев'ятнадцятій колонці розраховується необхідна кількість агрегатів для виконання операції за наступною формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{Д_a \cdot W_{зм} \cdot T_{зм} \cdot K_{зм}} \qquad (2.23)$$

де **Ω** – обсяг робіт, га;

Да – тривалість роботи, днів;

Wзм – змінна продуктивність агрегата, га/зм;

Тзм – час зміни, год;

Кзм – коефіцієнт змінності.

Підставивши в дану формулу значення отримаємо:

$$n_a = \frac{120}{2 \cdot 1{,}9 \cdot 7 \cdot 1{,}9} = 2$$

Кількість необхідних для виконання роботи фактичних робочих днів, що записується в двадцятій колонці визначаємо за формулою:

$$Д_ф = \frac{\Omega}{n_a \cdot W_{зм} \cdot T_{зм} \cdot K_{зм}} \quad (2.24)$$

де na – кількість необхідних для виконання робіт агрегатів;

Wзм – змінна продуктивність агрегата, га/зм;

Тзм – час зміни, год;

Кзм – коефіцієнт змінності.

Підставивши в формулу значення отримаємо:

$$Д_ф = \frac{120}{2 \cdot 1{,}9 \cdot 7 \cdot 1{,}9} = 2{,}3 \text{ дні}$$

В графі двадцять першій ми визначаємо кількість необхідних для виконання роботи нормозмін. Кількість нормозмін визначаємо за формулою:

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм} \cdot T_{зм}} \quad (2.25)$$

підставивши значення в дану формулу отримаємо:

$$N_{зм} = \frac{120}{1{,}9 \cdot 7} = 9{,}0$$

У двадцять другій графі технологічної карти зазначається кількість механізаторів, необхідних для виконання операції. Оскільки в роботі беруть участь два машинотракторні агрегати, відповідно, потрібно два механізатори.

У двадцять третій графі вказується кількість допоміжних працівників. Оскільки вони при виконанні даної операції не залучаються, у цій графі ставиться прочерк.

Розрахунок витрати палива, необхідної для виконання операції ворушіння, здійснюється за наступною формулою:

$$G_{тп} = g_п \cdot \Omega \quad (2.26)$$

де $g_п$ – норма витрати палива, кг/га.

Підставивши значення отримаємо:

$$G_{тп} = 2{,}5 \cdot 120 = 300$$

Технологічних матеріалів в даній операції немає, тому в графі витрати технологічних матеріалів ми ставимо прочерк.

Затрати праці на весь об'єм роботи визначають за формулою:

$$Зп = \frac{m_o + m_{доп}}{W_{зм}} \cdot \Omega \qquad (2.27)$$

де m_o – чисельність трактористів-машиністів, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну;

$m_д$ – чисельність допоміжних працівників, які обслуговують агрегат в одну зміну. Так як допоміжні працівники при виконанні даної операції участі не приймають то в розрахунках ми їх не приймаємо.;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату, га/зм.

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$Зп = \frac{2}{1{,}9} \cdot 120 = 126 \quad люд/год$$

2.7. Побудова графіка використання тракторів

Побудова графіка використання тракторів

Під час побудови графіка використання тракторів на осі абсцис відкладають визначений календарний період виконання механізованих польових робіт, а по осі ординат — кількість тракторів відповідних марок, яка необхідна для реалізації запланованого обсягу робіт за певною технологічною операцією. Кожна технологічна операція на графіку позначається одним або кількома прямокутниками. Основа кожного прямокутника відповідає тривалості виконання операції в календарних днях, а його висота — кількості тракторів, що задіяні у виконанні цієї операції.

Кожен прямокутник кодується номером тієї технологічної операції, для виконання якої заплановано використання відповідного трактора. Побудова

такого графіка разом із визначенням комплексу машин, необхідного для виконання комплексу механізованих робіт, дозволяє визначити ступінь завантаження всього тракторного парку підрозділу в межах передбачених агротехнічних строків виконання кожної операції. Завдяки цьому можна побачити, які трактори та в якій кількості вже залучені до роботи в конкретний період, а які ще залишаються в резерві.

Це дає можливість уже на початковому етапі планування виявити серйозні помилки у розподілі техніки між операціями, а також неточності в розрахунках. Окрім того, це дозволяє визначити причини перевищення потреби в техніці або механізаторах та запропонувати варіанти зменшення цієї потреби. Наприклад, можна передати частину робіт іншій, менш завантаженій марці трактора, за умови, що він здатен якісно виконувати даний вид робіт. Іншими способами оптимізації є продовження тривалості робочого дня, підвищення інтенсивності виконання операцій в межах допустимого агростроку або зміна структури виконання операції.

Після остаточного формування графіка та внесення всіх необхідних коригувань візуально визначають найбільшу кількість тракторів кожної марки, одночасно задіяних у польових роботах. Саме це значення приймається як фактична потреба господарства в тракторах відповідної марки.

Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Паралельно з побудовою графіка використання тракторів, або одразу після цього, складають графік використання сільськогосподарських машин. У процесі побудови графіка по осі абсцис відкладають календарні дати, так само як і при побудові графіка для тракторів. По осі ординат розміщують найменування та марку сільськогосподарських машин, а також загальну кількість одиниць, необхідних для виконання кожної технологічної операції.

Після побудови такого графіка за ним визначають максимальну кількість сільськогосподарських машин певної марки, одночасно задіяних у

виконанні польових робіт. Це число приймається як необхідна потреба господарства в машині відповідної марки.

Крім того, на графіку можна додатково зазначити періоди, коли машини знімаються зі зберігання, а також час постановки техніки на короткострокове або довгострокове зберігання. Також можуть бути вказані строки проведення технічного обслуговування або ремонту після завершення робіт. Таким чином, графік використання машин виконує ще й функцію плану-графіка технічного обслуговування, ремонту, комплектування і зберігання агрегатів.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Охорона праці в умовах машинно-тракторного парку

Машинно-тракторні парки (МТП) характеризуються значною кількістю тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин та іншого обладнання, розміщених на їх території. У межах МТП розташовані ремонтні майстерні, зварювальні пости, кузня, криті стоянки, гаражі, складські приміщення, відкриті асфальтовані майданчики, естакади та інші споруди. Така концентрація техніки та інфраструктури потребує чіткої організації заходів з охорони праці. З цією метою для керівного складу проводиться навчання, а кожному працівникові — індивідуальні інструктажі з техніки безпеки. Обов’язково видаються засоби індивідуального захисту.

Усі будівлі МТП оснащені блискавкозахистом і пожежними щитами, а також медичними аптечками, за які відповідає інженер з охорони праці.

Оскільки більшість сільськогосподарських машин на МТП мають значний строк експлуатації, вони забруднюють навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими речовинами. При цьому використовувані матеріали не завжди є безпечними для працівників.

Діючими стандартами регламентується зусилля, яке допускається прикладати до органів керування технікою: для роботи ногами — у межах 60–200 Н, руками — 30–200 Н.

Сторонні особи, які не задіяні у технологічному процесі, до місця роботи агрегатів не допускаються.

Найпоширенішими причинами травмування на МТП є:

- Ігнорування вимог техніки безпеки.
- Перебування на робочому місці в нетверезому стані.
- Відсутність попереджувальних і заборонних знаків.
- Відсутність актуальної нормативно-технічної документації.

На МТП розроблені план-схеми розміщення автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин і іншої техніки на спеціально відведених майданчиках, під навісами, у гаражах тощо. Існує також затверджений план евакуації техніки на випадок пожежі. Організовано чергування водіїв у нічний час, у вихідні та святкові дні, визначено порядок зберігання ключів від систем запалювання. Автостоянки забезпечені буксирувальними засобами з розрахунку один пристрій на десять одиниць техніки.

Ремонтні зони, техобслуговувальні пункти та інші дільниці обладнані протипожежними засобами. Інструкції з пожежної безпеки та номери пожежних служб розміщені на спеціальних щитах.

З метою запобігання пожежам і вибухам у приміщеннях не допускається іскроутворення, підлога має бути виготовлена з негорючих матеріалів, а електрообладнання — герметичним.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- розміщення на відкритих майданчиках більшої кількості техніки, ніж передбачено нормативами;
- утримання машин із несправними паливними системами;
- заправка техніки поза спеціально обладнаними місцями;
- зберігання горючих рідин та тари з-під пального;
- використання відкритого вогню для підігріву елементів техніки;
- залишення промасленого ганчір’я в кабінах;
- залишення техніки із ввімкненим запалюванням.

Техніка, яка надходить у майстерню, має бути без пального в баках. Забороняється використовувати легкозаймисті речовини для миття деталей.

Заходи безпеки під час транспортування хімікатів

Хімічні препарати транспортують лише в щільно закритій, заводській або спеціальній тарі. Перевезення дозволене лише спеціально підготовленим транспортом з відповідними попереджувальними знаками.

Не допускається:

- перевезення хімікатів разом із продуктами харчування чи пасажирами;
- пошкодження тари під час завантаження/розвантаження;
- зберігання препаратів на підлозі або перевищення встановленого тоннажу;
- зберігання препаратів без піддонів, стелажів або приладів для їх обробки.

По завершенню перевезень усі транспортні засоби миють і знешкоджують. У спеку хімікати захищають від нагрівання.

На складах зберігають препарати лише в дозволеній тарі з відповідним маркуванням, етикетками та інструкціями. Ведеться облік залишків хімікатів — щорічно складається акт інвентаризації, який підписують відповідальні особи.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Усі працівники, які мають справу з хімікатами, забезпечуються індивідуальними засобами захисту. Підбір ЗІЗ проводиться відповідальними особами з урахуванням типу препарату та характеру робіт.

Кожному працівникові надають повний комплект ЗІЗ, який включає спецодяг, спецвзуття, респіратори або протигази, окуляри, рукавички тощо. Засоби мають відповідати розміру працівника.

ЗІЗ зберігають окремо у шафах у гардеробній або спеціальних приміщеннях. Їх заборонено носити додому або використовувати поза межами робіт.

Для захисту органів дихання використовують:

респіратори — для порошкових речовин;

протигази із відповідними фільтрами — для летких речовин.

ЗІЗ знімають у суворій послідовності, очищають дезактивуючим розчином і водою. Спецодяг щоденно очищується, провітрюється 8–12 годин, а періодично — переться не рідше ніж раз на 6 змін.

3.2 Розрахунок засобів індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту застосовуються для запобігання або зменшення впливу шкідливих чи небезпечних чинників на працівника під час виконання робіт.

Адміністрація зобов’язана контролювати, щоб працівники користувались справними ЗІЗ і не допускались до роботи без них.

Кількість необхідного спецодягу та ЗІЗ визначається виходячи з кількості працівників, які одночасно виконують певну операцію, та встановлених норм видачі ЗІЗ для кожного виду робіт.

Дані розрахунків заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Норми видачі спецодягу і засобів індивідуального захисту.

Вид спецодягу	Строк до списування, місяців	Необхідна кількість
Костюм з пилезахисної тканини	12	39
Рукавиці комбіновані	6	78
Комбінезон з кислотозахисної тканини	Змінний	4
Рукавиці гумові	4	16
Чоботи гумові	24	4
Нарукавники	Змінні	4
Окуляри захисні	До зношування	23
Респіратор	До зношування	16

3.3 Рекомендації щодо покращення умов праці

Аналіз стану охорони праці на сільськогосподарських підприємствах у зоні проєктування засвідчує необхідність впровадження наступних заходів у проєктному господарстві:

Оснастити всі потенційно пожежонебезпечні технічні засоби вогнегасниками. Відповідальний: керівник станції пожежної охорони. Термін виконання: червень.

Закупити 50 вогнегасників різного типу:

хімічного типу — 10 шт.,

порошкових — 30 шт.,

кислотних — 10 шт. Відповідальний: керівник станції пожежної охорони. Термін виконання: липень.

Забезпечити працівників достатньою кількістю справних засобів індивідуального захисту. Відповідальний: інженер з охорони праці. Термін виконання: червень.

Придбати 150 респіраторів для використання під час обприскування посівів пестицидами та при виконанні інших небезпечних робіт. Відповідальний: інженер з охорони праці. Термін виконання: травень.

Посилити контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні шкідливих та небезпечних робіт. Відповідальні: керівники підрозділів. Термін виконання: постійно.

Дооснастити пожежні щити усім необхідним пожежним інвентарем. Відповідальний: керівник станції пожежної охорони. Термін виконання: червень.

Виділити спеціально обладнане місце для куріння у відповідності до вимог пожежної безпеки. Відповідальні: керівники підрозділів. Термін виконання: березень.

РОЗДІЛ 4
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Розрахунок проводиться за умови, що функціональні показники сіноворушилок є однаковими або не мають суттєвих відмінностей. За базову (еталонну) машину приймається сіноворушилка ВЦН-Ф-3.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності дослідної машини.

Назва показників	Позначення	Нова	Базова
1. Балансова ціна	$Ц_б$	20500	19500
2. Потуж. двигуна трактора	N, кВт	55	55
3. питома витрата палива	Д, гр./кВт.год	252	252
4. Ціна 1 кг. палива	$Ц_п$, грн.	31,70	31,70
5. Урожайність	$А_в$, ц/га	55	55
6. Кількість обслуг. перс-лу	n, чол	1	1
7. Тарифна ставка	t, год	32,85	32,62
8. Норма відрахувань: на ПР на амортизацію	 r, % a, %	 7 16	 7 16
9. Норматив. річ. зав.	$t_р$	150	150
10. К-т експлут. надійності	$К_{ен}$	0,95	0,95
11. К-т викор. часу зміни	$К_{зм}$	1,9	1,9
12. К-т ефект. капіталовкл.	$Е_н$	0,15	0,15
13. К-т викор. потуж. дв-на	$Δ_д$	0,71	0,71
14. Ціна готової продукції	$Ц_{гп}$, грн./т	3500	2510
15. Ціна консерванта	$Ц_к$, грн	3000	-

Визначаємо змінну продуктивність за формулою:

$$W = 0.1B_p \cdot V_p \cdot \tau \qquad (4.1)$$

де $В_р$ – робоча ширина захвату, м. вона складає $В_р$ = 3м.;

$V_р$ – фактична робоча швидкість, км/год.. на четвертій передачі вона складає $V_р = 8.9$ км/год.

τ – коефіцієнт використання часу зміни. Для еталонної машини приймаємо τ = 0,8, для дослідної машини – τ = 0,7

Маючи ці дані розраховуємо продуктивність за годину часу зміни:

Для нової машини:

$$W_{зд} = 0{,}1 \cdot 3 \cdot 8{,}9 \cdot 0{,}7 = 1{,}9 \text{ га/зм.;}$$

для базової машини:

$$W_{зе} = 0{,}1 \cdot 3 \cdot 8{,}9 \cdot 0{,}8 = 2{,}1 \text{ га/зм}$$

Визначаємо експлуатаційні видатки на одиницю продукції за формулою [6,27]:

$$B = З_о + A + P + З_{пмм} \quad (4.2)$$

де $З_о$ – питома заробітна плата тракториста, грн..

А – питомі витрати на амортизацію, грн.;

Р – питомі витрати на поточний ремонт, грн.;

$З_{пмм}$ – затрати на пально-мастильні матеріали, грн..

Визначаємо затрати на заробітну плату тракториста за формулою [6,25]:

$$З_о = \frac{t_{год}}{П_{зм}} \text{ грн./га} \quad (4.3)$$

для нової машини:

$$З_{од} = \frac{32{,}85}{1{,}9} = 17{,}28 \text{ грн./га}$$

для базової машини:

$$З_{ое} = \frac{32{,}62}{2{,}1} = 15{,}53 \text{ грн./га}$$

Визначаємо питомі витрати на реновацію визначаємо за формулою [6,26]:

$$A = \frac{Ц_б \cdot a}{100 П_{зм} \cdot t_р} \text{ грн..} \quad (4.4)$$

для нової машини:

$$A_д = \frac{20500 \cdot 16}{100 \cdot 1{,}9 \cdot 150} = 11{,}5 \text{ грн./га}$$

для базової машини

$$A_е = \frac{1950 \cdot 16}{100 \cdot 2{,}1 \cdot 150} = 1{,}0 \text{ грн./га}$$

визначаємо витрати на поточний ремонт за формулою [6,26]:

$$Р = \frac{Ц_б \cdot r}{100 \cdot П_{зм} \cdot t_р} \text{ грн.} \quad (4.5)$$

Для нової машини:

$$Р_д = \frac{20500 \cdot 7}{100 \cdot 1{,}9 \cdot 150} = 5 \text{ грн.}$$

Для базової машини:

$$Р_е = \frac{19500 \cdot 7}{100 \cdot 2{,}1 \cdot 150} = 4 \text{ грн.}$$

Визначаємо затрати на пально-мастильні матеріали за формулою [6,26]:

$$З_{пмм} = \frac{(N \cdot \Delta_д \cdot Д \cdot Ц_п)}{1000 \cdot П_{зм}} \text{ грн..} \quad (4.5)$$

Для нової машини:

$$З_{пмм} = \frac{(55 \cdot 0{,}71 \cdot 252 \cdot 31{,}70)}{1000 \cdot 1{,}9} = 164{,}18 \text{ грн.}$$

Для базової машини:

$$З_{пмм} = \frac{(55 \cdot 0{,}71 \cdot 252 \cdot 31{,}70)}{1000 \cdot 2{,}1} = 148{,}54 \text{ грн.}$$

Отже експлуатаційні видатки на одиницю продуктивності для нової машини будуть становити:

$$В_д = 17{,}28 + 11{,}5 + 5 + 164{,}18 = 197{,}96 \text{ грн.;}$$

для базової машини:

$$Ве = 15{,}53 + 10 + 4 + 148{,}54 = 178{,}07 \text{ грн.;}$$

Визначаємо річну економію від зниження експлуатаційних видатків на одну машину за формулою:

$$E_в = (B_е - B_д) \cdot П_{зм} \cdot t_р = (178{,}07 - 197{,}965) \cdot 1{,}9 \cdot 150 = -5668{,}65 \text{ грн.;} \quad (4.6)$$

Визначаємо питомі капіталовкладення за формулою [6,28]:

$$К_п = \frac{Ц_б}{П_{зм} \cdot t_р} \text{ грн.} \quad (4.7)$$

Для нової машини:

$$К_{пд} = \frac{20500}{1{,}9 \cdot 150} = 72 \text{ грн.}$$

Для базової машин:

$$К_{пе} = \frac{19500}{2{,}1 \cdot 150} = 62 \text{ грн.}$$

визначаємо приведені затрати на виконання операцій за формулою [6,29]:

$$П = В + К_{пе} \cdot Е \quad (4.8)$$

де: В – експлуатаційні видатки на виконання технологічної операції;

Е – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (0,12-0,15).

$$П^б = 10{,}4 + 62 \cdot 0{,}15 = 71{,}3 \quad \text{грн./га}$$

$$П^н = 11{,}95 + 72 \cdot 0{,}15 = 130{,}3 \quad \text{грн./га}$$

Зниження питомих капіталовкладень складає:

$$К = \left[\frac{(К_{пе} - К_{пд})}{К_{пе}}\right] \times 100 = \left[\frac{(62 - 72)}{62}\right] \times 100 = -161 \text{ грн..} \quad (4.9)$$

Отже річний економічний ефект складає:

$$E_р = \left[(B_е - B_д) + E_н \cdot (К_{пе} - К_{пд})\right] П_{зм} \cdot t_р = \\ = \left[(178{,}07 - 197{,}96) + 0{,}15 \cdot (62 - 72)\right] \cdot 1{,}9 \cdot 150 = -6096{,}15 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$Т_{ок} = \frac{(Ц_{бд} - Ц_{бе})}{E_р} = \frac{(20500 - 19500)}{-6096{,}15} = -0{,}16 \quad (4.10)$$

Питомі затрати праці визначаємо за формулою:

$$З_п = \frac{1}{W_з} \tag{4.11}$$

Для нової машини:

$$З_{пд} = \frac{1}{1{,}9} = 0{,}53$$

Для базової машини:

$$З_{пе} = \frac{1}{2{,}1} = 0{,}48$$

Зниження питомих затрат праці становить:

$$С_п = \left[\frac{З_{пе} - З_{пд}}{З_{пе}}\right] \times 100 = \left[\frac{0{,}48 - 0{,}53}{0{,}47}\right] \times 100 = -10{,}4 \tag{4.12}$$

Запропонована ворушилка забезпечує скорочення терміну заготівлі сіна завдяки прискоренню процесу польового сушіння трав. Це, у свою чергу, дозволяє зменшити втрати поживних речовин у сіні та підвищити його поживність орієнтовно на 10%. Таким чином, використання цієї машини сприяє отриманню додаткової продукції за рахунок зменшення втрат поживних речовин у процесі заготівлі сіна.

Поживність 1 кг сіна люцерни в середньому становить 0,45 кормових одиниць. Отже, впровадження ворушилки дозволяє знизити втрати поживних речовин, що еквівалентно приросту кормових одиниць на кожен кілограм сіна, тобто забезпечує отримання додаткової продукції.

Відомо, що одна кормова одиниця відповідає поживності 1 кг вівса. При закупівельній ціні вівса 4000 грн/т (або 4 грн/кг), використання ворушилки дає можливість отримати грошовий еквівалент *гривень* на кожен кілограм сіна.

За врожайності сіна 55 ц/га (тобто 5500 кг/га), додаткову продукцію, отриману завдяки зменшенню втрат поживних речовин, можна перевести у грошовий еквівалент, який становитиме:

$$Д_п = 5500 \cdot 0{,}18 = 990 \text{ грн/га.}$$

Отже, впровадження запропонованої машини у виробництво дозволить зменшити втрати під час заготівлі сіна, що забезпечить отримання додаткової продукції вартістю 99 грн/га. Річний економічний ефект від її використання розраховується за формулою:

$$E_{р.еф} = (B_{еб} - B_{ед} + Д_п) \cdot P \quad (4.8)$$

де Р – площа посівів люцерни, яка відведена в господарстві під сіно, га, Р= 120 га.

Тоді,

$$E_{р.еф} = (178{,}07 - 197{,}96 + 990) \cdot 120 = 116413{,}2 \text{ грн.}$$

ВИСНОВКИ

Одним із основних напрямів спеціалізації аналізованого господарства є м’ясо-молочне скотарство, що зумовлює підвищене значення вирощування люцерни — однієї з головних кормових культур.

У сучасному виробництві існує значна кількість машин, задіяних у технологічному процесі заготівлі сіна. Проте використання всього комплексу техніки є економічно невигідним і потребує значних матеріальних витрат. Однією з машин, що використовується при заготівлі сіна з люцерни, є сіноворушилка ВЦН-Ф-3.

У зв’язку з цим у дипломному проєкті запропоновано вдосконалення даного агрегата, яке полягає в можливості одночасного ворушіння та обробки скошеної маси консервантами. Така обробка дозволяє значно підвищити якість корму і забезпечити його довготривале зберігання без втрати поживної цінності.

У ході роботи проведено порівняльну оцінку наявних машин, прийнявши за базову модель сіноворушилку ВЦН-Ф-3. Враховуючи, що за кормову одиницю прийнято поживність одного кілограма вівса, вартістю 4 грн/кг (при ціні 4000 грн/т), удосконалена машина дозволяє отримати додатковий економічний ефект. Зокрема, завдяки зменшенню втрат при заготівлі сіна, очікуване збільшення продукції становить 99 грн/га за урожайності 55 ц/га.

За результатами розрахунків встановлено, що хоча модернізована машина поступається аналогам за рівнем загальної конкурентоспроможності, вона є доцільнішою в експлуатації завдяки підвищенню якості отриманого корму.

Отже, запропоноване удосконалення сіноворушилки ВЦН-Ф-3 дозволяє суттєво покращити ефективність процесу заготівлі сіна та має потенціал зайняти гідне місце на ринку сільськогосподарської техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисова В. А. Підвищення конкурентоспроможності підприємства АПК. – 2017.
2. Гарькавий А. Д., Петриненко В. Ф., Спірін А. В., Конкурентоспроможність технологій і машин: Навчальний посібник. Вінниця: ВДАУ.: Тірас 2003 р.-68 с.
3. Гарькавий А. Д., Середа Л. П., Спірін А. В., Вільховий М. І., Обґрунтування рішень при модернізації технологій і оновленні парку машин. – Вінниця. – 2016.
4. Даценко І. І., Габович Р. Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. –К.: Здоров'я. – 1999. – 694 с.
5. Жидецький В. Ц., Основи охорони праці. Підручник. – 2002. – 318 с.
6. Жидецький В. Ц., Джигурей В. С., Практикум із охорони праці. - Навчальний посібник. – 2017. – 348 с.
7. Зінченко Б. С., Довідник по виробництву насіння багаторічних трав.-К.: Урожай 1990 р. -232 с.
8. Ільченко В. І., Нагірний Ю. П., Джолос П. А. та ін. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай 1996. – 157 с.
9. Ільченко В. Ю., Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві.-К.: Урожай 1993 р.-284 с.
10. Борак К.В. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни ЕМО. ЖАТК, 2018р. – 112 с.
11. Нагірний Ю. П., Обґрунтування інженерних рішень.-К.: Урожай 1994р.-215с.
12. Полупанов Ф. П., Організація і технологія виробництва сільськогосподарських культур.-К.: Урожай 1971 р.-359 с.
13. Филипп Котлер., Основы маркетинга. – М.: Бизнес-книга 2017год.