

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:**

«Механізація вирощування конюшини з обґрунтуванням конструкції і параметрів кормозбирального комбайна КПИ-2,4»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,  
групи АІ-24М-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Канівець Олег Володимирович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

\_\_\_\_\_ Василь САЛО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Станіслав КАТЕРИНИЧ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Галузь знань Н7 «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина»

Спеціальність Н7 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«   »     2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Канівця Олега Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування конюшини з обґрунтуванням конструкції і параметрів кормозбирального комбайна КПИ–24

2. Керівник роботи (проекту)

Сало Василь Михайлович, доктор технічних наук, професор

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

3. Строк подання роботи до захисту 22.12.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

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

Дата видачі завдання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## **Анотація**

**Тема: «Механізація вирощування конюшини з обґрунтуванням конструкції і параметрів кормозбирального комбайна КПІ–24»**

**Технологія вирощування, конюшина, кормозбиральний комбайн, різальний апарат, потужність**

У магістерській роботі розглянуто питання підвищення ефективності технології вирощування конюшини шляхом удосконалення кормозбирального комбайна. Встановлено, що від якості роботи різального апарата залежать втрати врожаю, кінцева урожайність культури та об'єм заготовленого зеленого корму. Для забезпечення більш стабільних режимів роботи різального апарата проведено аналіз конструкцій сучасних причіпних та начіпних кормозбиральних комбайнів, в тому числі КПІ–2,4, та визначено його основні недоліки, що обмежують якість його роботи.

У роботі виконано теоретичні дослідження визначення витрат потужності на привід різального апарата в залежності від його конструктивно–технологічних параметрів та властивостей культур, що збираються.

Запропоновано конструктивне вдосконалення кормозбирального комбайна КПІ–2,4, яке передбачає модернізацію конструкції приводу різального апарата. Це дозволило підвищити якість зрізання стебел рослин та зменшити втрати врожаю на полі.

Результати роботи можуть бути використані під час модернізації трав'яних та валкових жаток фермерських господарств та впровадження енергоощадних технологій при заготівлі зелених кормів.

## **Abstract**

**Topic: "Mechanization of clover cultivation with justification of the design and parameters of the KPI-24 forage harvester"  
growing technology, clover, forage harvester, cutting device, power**

The master's thesis considers the issue of increasing the efficiency of clover cultivation technology by improving the forage harvester. It was established that crop losses, the final crop yield and the volume of harvested green fodder depend on the quality of the cutting device. To ensure more stable operating modes of the cutting device, an analysis of the designs of modern trailed and mounted forage harvesters, including KPI-2.4, was carried out, and its main shortcomings were identified that limit the quality of its work.

The paper performs theoretical studies to determine the power consumption for the cutting device drive depending on its design and technological parameters and the properties of the crops being harvested.

A constructive improvement of the forage harvester KPI–2.4 is proposed, which involves the modernization of the design of the cutting device drive. This allowed to improve the quality of cutting plant stems and reduce crop losses in the field.

The results of the work can be used during the modernization of grass and windrow harvesters of farms and the introduction of energy-saving technologies in the harvesting of green fodder.

## Зміст

	стор.
Вступ.....	5
2. Технологічна частина.....	7
3. Наукова частина.....	19
4. Охорона праці.....	33
5. Обґрунтування ефективності вдосконалень.....	36
Висновки.....	37
Список використаної літератури.....	38
Додатки.....	

## ВСТУП

Конюшина є однією з найважливіших багаторічних бобових культур у кормовому землеробстві, оскільки формує високоякісний білковий корм, поліпшує структуру ґрунту та відіграє ключову роль у біологічній фіксації азоту. Завдяки здатності накопичувати значну кількість органічної маси й азотних сполук, конюшина виступає природним фактором підвищення родючості ґрунтів та стабілізації врожайності кормових сівозмін. В умовах сучасного тваринництва, де якість кормів визначає продуктивність та економічну ефективність галузі, значення цієї культури невпинно зростає.

Разом із тим, вирощування конюшини потребує ретельно налагодженого комплексу механізованих процесів. Особливості її біології – дрібне насіння, чутливість до глибини загортання, повільний початковий ріст, багаторічний цикл розвитку – визначають специфічні вимоги до підготовки ґрунту, способів сівби, догляду за травостоєм та заготівлі зеленої маси. Кожна з цих операцій потребує застосування машин і механізмів, здатних забезпечити точність, щадний вплив на рослини та мінімальні втрати кормової маси. Саме тому питання механізації процесів вирощування конюшини є актуальним як для фермерських господарств, так і для великих аграрних підприємств, що прагнуть оптимізувати технологію та знизити витрати праці й ресурсів.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України важливо впроваджувати енергоощадні та високопродуктивні технологічні рішення. Використання удосконалених агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту, високоточних сівалок для дрібного насіння, комбінованих підживлювальних і доглядових машин, а також сучасних косарково-плющильних комплексів дозволяє значно підвищити ефективність виробництва кормів. Разом з тим, недостатній рівень технічного оснащення окремих господарств, нерівномірність розвитку машинно-тракторних парків та потреба в адаптації техніки до різних ґрунтово-кліматичних умов зумовлюють необхідність детального аналізу існуючих механізованих рішень.

Таким чином, дослідження питань механізації вирощування конюшини є актуальним як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Воно дозволяє визначити найбільш ефективні технічні засоби для кожної операції технологічного процесу, встановити закономірності впливу механізованих прийомів на продуктивність і якість корму, а також обґрунтувати напрями вдосконалення машин та технологій. Результати такої роботи можуть стати основою для підвищення рентабельності виробництва кормів, раціонального використання енергетичних ресурсів і забезпечення стабільного розвитку тваринницької галузі.

Сучасні реалії сільськогосподарського виробництва висувають підвищені вимоги до ефективності кормозбиральної техніки. Якість роботи цих машин безпосередньо впливає на обсяги зібраного врожаю кормових трав та збереження їхніх поживних і смакових характеристик. Досягнення оптимальних результатів потребує дотримання агротехнічних строків збирання, коректного визначення висоти скошування та вчасного виконання всього комплексу збиральних робіт. Ключовими факторами успіху є обґрунтований вибір технології заготівлі трав та відповідного машинного обладнання для автоматизації збиральних процесів. Сучасні кормозбиральні агрегати мають забезпечувати виробництво високоякісного корму за мінімальних втрат та трудовитрат. Початкове скошування рекомендується здійснювати під час колосіння злакових або бутонізації бобових культур. Кормозбиральні комбайни представляють собою багатофункціональні машини, які інтегрують у єдиний технологічний цикл послідовність операцій: скошування, збирання, подрібнення та завантаження подрібненої маси у транспортні засоби.

Серед різноманіття кормозбиральної техніки особливе місце займає причіпний комбайн КПИ-2,4.

Практична експлуатація комбайна з трав'яною жаткою виявила проблему суттєвих втрат скошеної маси. На покращення роботи машини спрямована ця робота.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Технології вирощування конюшини

Конюшина належить до високоякісних кормових культур і відіграє важливу роль у збалансуванні раціонів за протеїном, особливо при годівлі тварин переважно вуглеводистими кормами. У перерахунку на одну кормову одиницю вона містить приблизно у півтора рази більше перетравного протеїну, ніж вимагається згідно із зоотехнічними нормативами. У хімічному складі рослини є практично повний набір амінокислот, включно з найважливішими – лізином, метіоніном і триптофаном. Вміст протеїну змінюється залежно від фази розвитку: у період бутонізації він сягає 20,5%, на початку цвітіння знижується до 18%, а у фазі повного цвітіння становить 17,4%. Один центнер зеленої маси містить близько 21 кормової одиниці, а центнер сіна – приблизно 53. За два укоси середня врожайність зеленої маси становить 300–500 ц/га, тоді як сіна – 50–100 ц/га [1–5].

Окрім високої кормової цінності, конюшина має суттєве агротехнічне значення. Ця культура збагачує ґрунт органічною речовиною та поживними елементами, зокрема азотом, фосфором і калієм, завдяки чому покращуються агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунтового середовища. Конюшина вважається одним із найкращих попередників для усіх небобових культур. Посіви рослини зменшують ризик ерозійних процесів, а здатність фіксувати атмосферний азот дає можливість скоротити використання мінеральних добрив, що позитивно впливає на екологічний стан ґрунту [1–5].

Оптимальними попередниками для конюшини є озимі та ярі зернові, а також просапні культури. Фосфорні та калійні добрива ( $P_{60-80}K_{60-90}$ ) вносять під основний обробіток, і вони ефективно використовуються рослинами впродовж вегетації. Азот у дозах  $N_{30-60}$  застосовують обмежено, оскільки його надлишок може викликати вилягання травостою. На другий рік вирощування зазвичай від азотних підживлень відмовляються, якщо немає очевидної необхідності. Восени

або ранньою весною рекомендовано додатково вносити фосфорно-калійні добрива –  $P_{30-60}K_{30-60}$  [1–5].

Основний обробіток ґрунту передбачає лушення стерні та оранку на глибину 27–30 см. Навесні ґрунт необхідно ретельно розпушити й вирівняти, для чого застосовують комбіновані агрегати типу РВК–3,6, ЛК–4, «Європак» та інші подібні знаряддя [1–5].

Сівбу проводять ранньою весною, найчастіше під покрив ярих культур – переважно ячменю – із використанням зернотрав'яних сівалок СЗТ–3,6. За безпокровної весняної сівби культура може зацвісти та дати насіння вже в рік висіву. Літні строки сівби в умовах України менш продуктивні, оскільки рослини розвиваються повільніше. Повертати конюшину на те саме поле допускається не раніше ніж через 4–6 років. Перед висівом насіння обробляють ризоторфіном, мікродобривами (бор, молібден) та протруйниками на кшталт фундазолу. Глибина загортання залежить від типу ґрунту: на важких – 1,0–1,5 см, на структурних – 1,5–2,0 см, а на легких ґрунтах – не більше ніж 3 см. Після сівби поверхню поля обов'язково коткують, якщо цьому не заважають опади. Норма висіву становить 8–10 млн схожих насінин на гектар, або 15–20 кг/га, тоді як на добре підготовлених полях оптимально висівати 14–16 кг/га [1–5].

Для контролю бур'янів у покривній культурі (ячмені) та молодих рослинах конюшини застосовують гербіциди після появи другого трійчастого листка. На другий рік вегетації конюшина завдяки швидкому весняному відростанню та збиранню першого укусу у фазі кінця бутонізації здатна сама пригнічувати більшість бур'янів. Шкідників контролюють шляхом внесення інсектицидів [1–5].

Заготівлю зеленої маси проводять у кінці фази бутонізації, виконуючи низький зріз. Таке скошування дає змогу отримати найбільший урожай насіння з другого укусу. Перед збиранням насінневого матеріалу, коли побуріло близько 75–80% головок, проводять десикацію. Обмолот здійснюють методом прямого комбайнування через 5–7 днів після обробки [1–5].

## **2.2. Удосконалення технологічної карти на вирощування конюшини**

Після збирання попередніх культур на полі залишається шар подрібнених рослинних решток, що утворює мульчу та більш-менш рівномірно вкриває поверхню ґрунту. Розміри частинок дозволяють без труднощів загортати їх у верхній шар ґрунту без необхідності інтенсивного перевертання пласта. Однак дискові луцильники мають істотний недолік: їх робочі органи руйнують структуру ґрунту, що підвищує ризик вітрової ерозії, а в умовах сильних опадів – водної. Саме тому більш ефективним рішенням є заміна таких агрегатів комбінованим ґрунтообробним знаряддям, яке за один прохід виконує кілька операцій на різних глибинах і здатне якісно заробити мульчу в ґрунтовий шар. При цьому борони, встановлені у задній частині агрегата, не лише прибирають зрізані бур'яни, а й остаточно вирівнюють поверхню поля.

Розкидання мінеральних добрив традиційними розкидачами часто не забезпечує належної рівномірності їх розподілу. Тому доцільніше вносити поживні речовини локально – безпосередньо у зону обробки ґрунту. Під впливом вологи гранули поступово розчиняються, а поживний розчин піднімається до поверхні по капілярах, забезпечуючи тривале та рівномірне живлення культур.

Зяблева оранка також негативно впливає на структуру ґрунту: у розпушеному шарі з'являються грудки надмірної щільності та розміру, поряд із нормальними частками та пилоподібними включеннями, яких у структурно стійкому ґрунті бути не повинно. Щорічне перевертання пласта спричиняє «розтягування» гумусового горизонту на більшу глибину, що зменшує вміст органічної речовини у поверхневому шарі – саме з нього рослини отримують основну частину поживних елементів. Одночасно порушується життєдіяльність ґрунтової мікрофлори: організми, які пристосовані до верхнього шару, гинуть у нижньому через нестачу тепла, а ті, що мешкають у глибині – при піднятті до поверхні через високу температуру та дефіцит вологи. Додатковою проблемою є ущільнення дна борозни робочими органами плуга, що призводить до утворення плужної підшви – надщільного шару, який перешкоджає проникненню коріння

та води. У зв'язку з цим традиційну оранку доцільно замінити безвідвальними методами – глибоким розпушуванням або чизелюванням.

При передпосівній підготовці ґрунту замість використання традиційного культиваторного агрегату доцільніше застосувати комплексну машину, що включає сівалку прямого висіву з інтегрованими комбінованими робочими органами. Такий підхід дозволяє зменшити потребу в техніці, знизити втрати ґрунтової вологи, мінімізувати ущільнення та водночас забезпечити якісне підготовлення посівного ложа.

### 2.3. Розрахунок складу машинного агрегату

Виконаємо розрахунок кормозбирального агрегата у складі за базовою технологією МТЗ–82.1+КПІ–2,4, для нової технології – трактор CASE ІН Farmall JX110+КПІ–2,4.

Згідно агротехнічних вимог, при збиранні трав кормозбиральними комбайнами, швидкість руху не повинна перевищувати  $V_{max}=8$  км/год [6–8]. Згідно технічної характеристики трактора МТЗ-82.1 приймаємо 3-тю передачу руху, для якої  $V_T=7,24$  км/год. Для трактора CASE ІН Farmall JX110 обираємо максимально допустиме значення робочої швидкості руху при виконанні оцієї операції, оскільки його трансмісія дозволяє рухатися з цією швидкістю.

Для роботи агрегату необхідно забезпечити таку умову:

$$N_{np} < N_{всп},$$

де  $N_{np}$  – потужність для приведення в дію механізмів машини

$$N_{np}=N_n q, \quad (3.1)$$

де  $N_n$  – питома потужність для приведення в дію робочих органів,

$$N_n=1,39 \text{ кВт}\cdot\text{с}/\text{кг};$$

$q$  – секундна подача маси в машину, кг/с

$$q=B_p V_p U$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату машини,  $B_p=2,4$  м;

$V_p$  – робоча швидкість агрегату, з урахуванням буксування

$$V_p^{баз} = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = 7,24 \left(1 - \frac{13}{100}\right) = 6,3 \text{ км/год};$$

$$V_p^{np} = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = 8 \left(1 - \frac{13}{100}\right) = 6,96 \text{ км/год};$$

$V$  – урожайність конюшини,  $V=5 \text{ кг/м}^2$

$$q = \frac{2,4 \cdot 6,3 \cdot 5}{3,6} = 21 \text{ кг/с};$$

$$N_{np} = 1,39 \cdot 21 = 29,19 \text{ кВт};$$

$N_{ввп}$  – потужність, що передається через ВВП при русі агрегату

$$N_{ввп} = N_e \cdot \eta_{ввп} - \frac{(R_{коч.тр} + R_{коч.м}) \cdot V_p \cdot \eta_{ввп}}{3,6 \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{\delta}}, \quad (3.2)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна,  $N_{e баз}=58,9 \text{ кВт}$ ,  $N_{e np}=81 \text{ кВт}$  [6–8];

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

$\eta_{тр}$  – ККД трансмісії трактора,  $\eta_{тр} = 0,93$ ;

$\eta_{\delta}$  – коефіцієнт буксування,  $\eta_{\delta} = 1 - \frac{13}{100} = 0,87$ ;

$R_{коч.тр}$ ,  $R_{коч.м}$  – відповідно опір на пересування трактора і сільськогосподарської машини

$$\left. \begin{aligned} R_{коч.тр} &= G_{тр} (f + i) \\ R_{коч.м} &= G_{м} (f + i) \end{aligned} \right\}; \quad (3.3)$$

де  $G_{тр}$ ,  $G_{м}$  – відповідно маса трактора та сільськогосподарської машини,

$G_{тр баз}=39240 \text{ Н}$ ,  $G_{тр np}=38259 \text{ Н}$ ,  $G_{м}=25898 \text{ Н}$  [6–8];

$f$  – коефіцієнт опору коченню,  $f=0,1$ ;

$i$  – величина підйому,  $i=0,03$

$$R_{коч} = Gf;$$

$$R_{коч баз} = 39,24 \cdot (0,1 + 0,03) = 5,1 \text{ кН};$$

$$R_{коч np} = 38,26 \cdot (0,1 + 0,03) = 4,97 \text{ кН};$$

$$R_{коч м} = 25,9 \cdot (0,1 + 0,03) = 3,37 \text{ кН};$$

$$N_{\text{всн}} = 58,9 \cdot 0,95 - \frac{(5,1 + 3,37)(0,1 + 0,03)6,3 \cdot 0,95}{3,6 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 53,69 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{всн}} = 80 \cdot 0,95 - \frac{(4,97 + 4,85)(0,1 + 0,03)6,96 \cdot 0,95}{3,6 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 73,1 \text{ кВт.}$$

Умова  $N_{\text{нр}} < N_{\text{всн}}$  задовольняється, оскільки  $29,19 \text{ кВт} < 53,69 \text{ кВт}$ , та  $29,19 \text{ кВт} < 73,1 \text{ кВт}$ , відповідно. Отже скомплектовані агрегати будуть працювати нормально.

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора

$$\eta_{\text{мз}} = \frac{R_{\text{агр}}}{P_{\text{зак}}},$$

де  $R_{\text{агр}}$  – загальний опір агрегату, кН;

$$R_{\text{агр}} = R_{\text{коч}} + R_{\text{нід}} + R_{\text{д}}, \quad (3.4)$$

де  $R_{\text{нід}}$  – відповідно опір машини підйому

$$R_{\text{нід}} = G \cdot i;$$

$$R_{\text{нідм}} = 37,28 \cdot 0,03 = 1,12 \text{ кН};$$

$R_{\text{д}}$  – додатковий опір, який чинять робочі органи, що приводяться в дію ВВП

$$R_{\text{д}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{нр}} \cdot \eta_{\text{мр}}}{V_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{б}}}. \quad (3.5)$$

Отже,

$$R_{\text{дбаз}} = \frac{3600 \cdot 53,3 \cdot 0,93}{6,3 \cdot 0,87} = 3,26 \text{ кН};$$

$$R_{\text{днр}} = \frac{3600 \cdot 73,1 \cdot 0,93}{6,96 \cdot 0,87} = 4,04 \text{ кН};$$

$$R_{\text{агрбаз}} = 5,1 + 1,12 + 3,26 = 9,48 \text{ кН};$$

$$R_{\text{агрнр}} = 4,97 + 1,12 + 4,04 = 10,13 \text{ кН};$$

$P_{\text{зак}}$  – тягове зусилля трактора на відповідній передачі

$$P_{\text{зак}} = P_{\text{н.зак}} - G_{\text{тр}} \cdot i, \quad (3.6)$$

$$P_{\text{зак}}^{\text{б}} = 14,0 - 39,24 \cdot 0,03 = 12,82 \text{ кН};$$

$$P_{зак}^{np} = 25,0 - 38,26 \cdot 0,03 = 23,85 \text{ кН};$$

$$\eta_{мзбаз} = \frac{9,48}{12,82} = 0,74;$$

$$\eta_{мзnp} = \frac{10,13}{23,85} = 0,42.$$

Розрахунки показують, що скомплектовані агрегати працюватимуть ефективно, але в агрегата за проектною технологією більший запас використання тягового зусилля трактора.

Змінна продуктивність агрегату:

$$W_{зм} = 0,1B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.7)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату комбайна

$$B_p = B_K \cdot \beta, \quad (3.8)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату,  $\beta=1,0$

$$B_p = 2,4 \cdot 1,0 = 2,4 \text{ м};$$

$\delta$  – коефіцієнт буксування,  $\delta=12\%$ .

Отже,

$$v_p^{\deltaаз} = 6,3 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 5,54 \text{ км/год};$$

$$v_p^{np} = 6,96 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 6,12 \text{ км/год};$$

$T_p$  – чистий робочий час, год:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (3.9)$$

де  $T_{зм}$  – час зміни, год. Приймаємо  $T_{зм}=8,0$  год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни,  $\tau=0,72$  при довжині гонів 1000 м.

Отже:

$$T_p = 8 \cdot 0,72 = 5,76 \text{ год.}$$

$$W_{зм}^{\deltaаз} = 0,1 \cdot 2,4 \cdot 5,54 \cdot 5,76 = 7,66 \text{ га/зм};$$

$$W_{зм}^{np} = 0,1 \cdot 2,4 \cdot 6,12 \cdot 5,76 = 8,46 \text{ га/зм.}$$

Витрати палива на 1 га площі:

$$Q_{ca} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.10)$$

де  $Q_{зм}$  – витрата палива за зміну, кг/зм;

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

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \quad (3.11)$$

де  $Q_p, Q_x, Q_z$  – відповідно годинні витрати палива при виконанні посадці, холостому русі, на зупинках, для МТЗ–82.1  $Q_p=15,8$  кг/год;  $Q_x=9,4$  кг/год;  $Q_z=1,7$  кг/год, для CASE IH Farmall JX110  $Q_p=13,4$  кг/год;  $Q_x=8,3$  кг/год;  $Q_z=1,2$  кг/год [6–8];

$T_p, t_x, t_z$  – відповідно час робочих і холостих рухів, час зупинок:

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2}; \quad (3.12)$$

$$t_x = t_z = \frac{8 - 5,76}{2} = 1,12 \text{ год.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу (3.12) і проводимо розрахунок

$$Q_{змб} = 15,8 \cdot 5,76 + 9,4 \cdot 1,12 + 1,7 \cdot 1,12 = 103,44 \text{ кг/зм};$$

$$Q_{змпр} = 13,4 \cdot 5,76 + 8,3 \cdot 1,12 + 1,2 \cdot 1,12 = 87,82 \text{ кг/зм.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу (3.11) і проводимо розрахунок:

$$Q_{ca}^b = \frac{103,44}{7,66} = 13,5 \text{ кг/год};$$

$$Q_{ca}^m = \frac{87,82}{8,46} = 10,38 \text{ кг/год.}$$

Аналізуючи виконані розрахунки приймаємо агрегат, що складається з трактора CASE IH Farmall JX110 та кормозбирального комбайна КПИ–2,4.

#### **2.4. Розробка операційно–технологічної карти**

Для гонових способів руху на кінцях загінок треба залишати смуги для холостих заїздів. Ширина поворотної смуги залежить від складу агрегату і виду

поворотів. Орієнтовну величину поворотної смуги при безпетльових поворотах визначають [6–8]:

$$E = 1,5R_{min} + L_a, \quad (3.13)$$

де  $R_{min}$  – мінімальний радіус повороту, м;

$L_a$  – кінематична довжина агрегату, м.

Радіус повороту

$$R_{min} = 1,7B;$$

де  $B$  – ширина захвату агрегату

$$R_{min} = 1,7 \cdot 2,4 = 4,08 \text{ м.}$$

Кінематична довжина агрегату

$$L_a = L_{mp} + L_m, \quad (3.14)$$

де  $L_{mp}$  – кінематична довжина трактора,  $L_{mp} = 1,2$  м;

$L_m$  – кінематична довжина сільськогосподарської машини,  $L_m = 5,5$  м

$$L_a = 1,2 + 5,5 = 6,7 \text{ м.}$$

Отже

$$E = 1,5 \cdot 4,08 + 6,7 = 12,82 \text{ м.}$$

Визначаємо кратність величини поворотної смуги ширині захвату агрегата

$$E = K \cdot B_p,$$

звідки

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{12,82}{2,4} = 5,34$$

Приймаємо  $K=6$ . Тоді

$$E = 6 \cdot 2,4 = 14,4 \text{ м.}$$

Ширина заїнки

$$C = \frac{10^4(2...3)W_{зм}}{L}, \quad (3.15)$$

де  $L$  – довжина заїнки,  $L=1000$  м;

(2...3) – кількість змін роботи агрегата, приймаємо 2

$$C = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 8,46}{1000} = 169,2 \text{ м.}$$

Кількість загінок:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C_{\text{онм}}}, \quad (3.16)$$

де  $F$  – площа поля,  $F=97$  га

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 97}{1000 \cdot 169,2} = 5,73$$

Приймаємо на одному полі п'ять загінок шириною  $C_{1-5}=169,2$  м і одну загінку шириною  $C_6 = C_{1-5} \cdot 0,73 = 169,2 \cdot 0,73 = 124$  м.

Коефіцієнт робочих ходів

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.17)$$

де  $L_p, L_x$  – середнє значення робочої довжини загінки і холостого ходу.

$$L_p = L - 2 \cdot E; \quad (3.18)$$

$$L_x = 6R + 2 \cdot l, \quad (3.19)$$

де  $l$  – довжина виїзду агрегату

$$l = 0,5L_a = 0,5 \cdot 6,7 = 3,35 \text{ м;}$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 14,4 = 971,2 \text{ м;}$$

$$L_x = 6 \cdot 4,08 + 2 \cdot 3,35 = 31,18 \text{ м.}$$

Тоді

$$K_p = \frac{971,2}{971,2 + 31,18} = 0,97.$$

Коефіцієнт близький до одиниці, що вказує на високе використання робочого часу.

Тривалість одного циклу

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t, \quad (3.20)$$

де  $t_n$  – час повороту в кінці загінки,  $t_n=1,5$  хв;

$$T_u = \frac{12 \cdot 971,2}{100 \cdot 6,12} + 2 \cdot 1,5 = 22,04 \text{ хв} = 0,37 \text{ год.}$$

Технічна продуктивність за цикл

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_u \cdot \tau, \quad (3.21)$$

$$W_u = 0,1 \cdot 2,4 \cdot 6,12 \cdot 0,37 \cdot 0,72 = 0,39 \text{ га/ц.}$$

Кількість циклів за зміну

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u}, \quad (3.22)$$

$$n_u = \frac{8,46}{0,39} = 21,69 \text{ ц/зм.}$$

Витрати палива за цикл

$$Q_u = Q_{за} \cdot W_u; \quad (3.23)$$

$$Q_u = 10,38 \cdot 0,39 = 4,048 \text{ кг/зм.}$$

На основі проведених розрахунків заповнюємо операційну технологічну карту.

### Висновки по розділу

Запропоновані зміни в технологію вирощування можна впровадити у виробництво двома шляхами. Перший – купівля нової техніки, другий, удосконалення конструкції існуючих машин. Перевага першого у швидкому впровадженні, а недолік у потребі витрати великі кошти на придбання. Другий, на відміну від першого, потребує менші капіталовкладення, але теж має недолік – значні витрати часу на розробку конструкції та дослідження її роботоздатності та отриманні очікуваного ефекту.

Тому згідно завдання обираємо напрямок удосконалення технології – процес скошування травостою кормозбиральним комбайном КПИ–2,4.

На підставі проведеного аналізу технології вирощування конюшини формулюємо мету та задачі досліджень визначаємо об'єкт та предмет досліджень.

**Мета дослідження:** підвищення якості роботи кормозбирального комбайна та зменшення витрат енергії на привід його робочих органів.

**Задачі досліджень:**

1. Дослідити витрати енергії на привід в роботу органів кормозбирального комбайна.

2. Встановити вплив конструктивно–технологічних параметрів різального апарата на витрати потужності його рушія.

**Об'єкт дослідження:** процес роботи різального апарата кормозбирального комбайна.

**Предмет дослідження:** конструктивні та технологічні параметри різального апарата кормозбирального комбайна.

### 3. НАУКОВА ЧАСТИНА

#### 3.1. Сучасний стан питання про машину, яка модернізується

ПП «БІЛОЦЕРКІВМАЗ» налагодив випуск причіпних кормозбиральних комбайнів КПФ–2,4 та Рось–2 [9–10].

Кормозбиральний комбайн КПФ–2,4 є модернізованою версією іншого кормозбирального комбайна КПИ–2,4. Відмінності між конструкціями полягають у застосуванні сучасних та набагато надійніших в роботі карданних валів, редукторів, елементів гідросистеми, матеріалів та способів підготовки та фарбування деталей та вузлів машини [9].



Рис. 3.1. Кормозбиральний комбайн КПФ–2,4

Комбайн комплектується трав'яною та кукурудзяною жатками, а також підбирачем скошеної маси у валок.

Привід робочих органів комбайна здійснюється від ВВП трактора за допомогою карданних передач. Для переводу жаток та підбирача у робоче положення та назад використовується гідросистема. Вона керує напрямним козирком, переводить у робоче положення та назад силосопровід подрібненої маси, а також здійснює його обертання навколо власної вертикальної осі.

Висота зрізу стеблостою регулюється башмаками жаток, ступінь подрібнення кількістю ножів подрібнювача.

Викидання подрібненої маси назовні здійснюється внутрішньою частиною ножів.

Інший кормозбиральний комбайн Рось–2, на відміну від попереднього, дозволяє проведення збирання врожаю трав та кукурудзи без використання спеціальних жаток, оскільки інерційний роторний апарат дозволяє проводити одразу зріз та подрібнення стебел рослин. Гідросистема виконує ті ж самі функції що й попередньої моделі [10].



Рис. 3.2. Кормозбиральний комбайн Рось–2

Висока частота обертання ножів роторного барабана дозволяє не тільки подрібнювати листостеблову масу рослин, а й відвантажувати подрібнені частки у транспортний засіб.

Турецька компанія Celikel постачає на ринок України кормозбиральні комбайни CHALLENGER 1, CHALLENGER 2, CHALLENGER 3 та CHALLENGER 4 [11–14].

Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 1 – це начіпна машина, яка може встановлюватись на задню начіпну систему трактора. Має опорні колеса. Робочі органи комбайна приводяться в дію від ВВП трактора через карданну, пасові та циліндричні зубові передачі [11].

На комбайні встановлено один різальний апарат, який дозволяє спрямувати стебла з стеблостою, підвести та утримувати їх під час зрізу, після чого подати до подрібнювача. Для відвантаження подрібненою маси в транспортний засіб використовується лопатевий відвантажувач.



Рис. 3.3. Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 1

Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 2 – це начіпна машина, яка може встановлюватись на передню чи задню начіпну систему трактора. Має опорні колеса. Робочі органи комбайна приводяться в дію від ВВП трактора через карданну, пасові та циліндричні зубові передачі [12].

На комбайні встановлено один роторний різальний апарат, який дозволяє відібрати стебла з стеблостою, підвести та утримувати їх під час зрізу після чого подати до подрібнювача. Для відвантаження подрібненою маси в транспортний засіб використовується лопатевий відвантажувач.

Відносно трактора може розміщуватись попереду, позаду та збоку.



Рис. 3.4. Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 2

Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 3 також начіпна машина, але встановлюватись на передню чи задню начіпну систему трактора та займати

положення тільки попереду або позаду нього. Також на відміну від попередньої моделі має двороторний різальний апарат [13].



Рис. 3.5. Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 3

Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 4 також начіпна машина, але встановлюється тільки задню начіпну систему трактора та займає положення тільки попереду нього. На відміну від попередньої моделі роторний різальний апарат має більшу висоту роторів, що дозволяє використовувати для ефективної роботи незалежно від висоти, товщини та жорсткості стебел [11–14].



Рис. 3.6. Кормозбиральний комбайн CHALLENGER 4

Інша турецька компанія ÖZBUDAK Makina постачає на наш ринок начіпні кормозбиральні комбайни: однорусловий з приводом від ВВП, однорусловий з

гідрофікованим керуванням, однороторний, причіпні роторні кормозбиральний комбайни Özbudak 3 ROW та Özbudak 4 Sira [15–19].

Однорусловий комбайн випускається у двох модифікаціях з гідравлічним керуванням та без нього. Для спрямування стебел рослин до різального апарата використовується русло. Для зрізання та захвату стебел в різальному апараті використовуються вертикальні вальці, до яких знизу прикріплені ножі. Зрізані стебла захоплюються вальцями та подаються до подрібнювача. Подрібнені частки листостеблової маси спрямовуються ним по силосопроводу у транспортний засіб [15].



Рис. 3.7. Однорусловий кормозбиральний комбайн Özbudak

Для скошування стеблостою трав, ранніх зернових культур та кукурудзи виробник пропонує аграріям використовувати однороторний з двома рядами захватів начіпний комбайн [16].

Технологічний процес роботи комбайна такий самий як і у комбайна CHALLENGER 2. Під час руху комбайна захвати ротора відбирають стебло зі стеблостою, спрямовують до бічної стінки та, за рахунок сил тертя і її ущільнення, що виникає при подачі, утримують їх під час зрізання різальним

апаратом. Після зрізу спрямовують їх до ущільнюючих горизонтальних вальців, які подають листостеблову масу до подрібнювача. Подрібнена маса виводиться по силосопроводу в транспортний засіб.

Обидва комбайни приєднуються до трактора на задню начіпку трактора. Трактор рухається вперед.



Рис. 3.7. Однороторний дворядний кормозбиральний комбайн Özbudak

В лінійці машин виробника є двороторний з трьома рядами захватів начіпний комбайн Özbudak 3 ROW (рис. 3.7) [18–19].

Технологічний процес роботи комбайна такий самий як і у CHALLENGER 3.

Однак комбайн має відмінності в своїй конструкції. Так у верхній частині боковин встановлені напрямні шнеки. Крім того в ньому не використовується лопатевий вивантажувач для завантаження подрібненої маси у транспортний засіб.

Комбайн навішується тільки на задню начіпку трактора, а сам трактор рухається під час роботи агрегата тільки заднім ходом.

Найбільш продуктивною машиною в лінійці виробника є двороторний з чотирма рядами захватів начіпний комбайн Özbudak 4 Rows (рис. 3.8) [20].

Технологічний процес роботи комбайна такий самий як і у CHALLENGER 3, CHALLENGER 4 та Özbudak 3 ROW.



Рис. 3.7. Кормозбиральний комбайн Özbudak 3 ROW

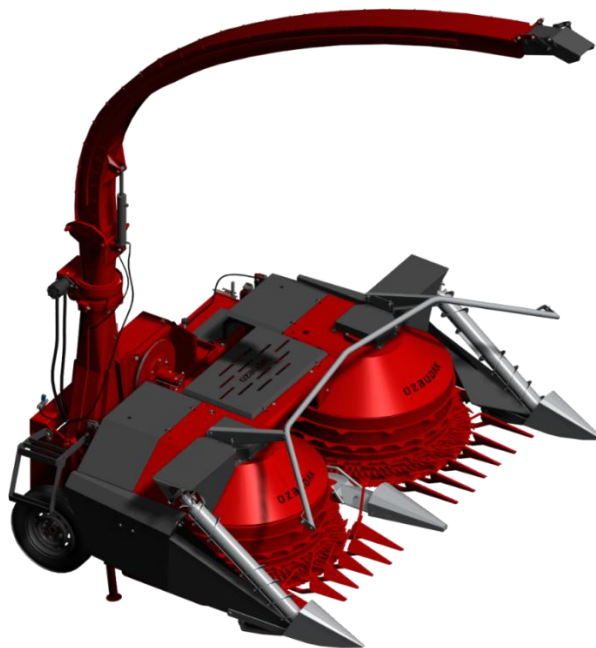


Рис. 3.8. Кормозбиральний комбайн Özbudak 4 Rows

Так само як і Özbudak 3 ROW в його конструкції у верхній частині боковин встановлені напрямні шнеки, а також відсутній лопатевий вивантажувач для завантаження подрібненої маси у транспортний засіб. Однак комбайн відрізняється своєю конструкцією від інших. Так для очищення живильника від перенавантаження стебловою масою застосовується реверс.

Польський виробник техніки для заготівлі зеленого корму Fimaks пропонує причіпні кормозбиральні комбайни.

Причіпний кормозбиральний комбайн MC10X подібний за конструкцією та принципом роботи до одноруслових комбайнів CHALLENGER 1 та Özbudak [21].



Рис. 3.9. Кормозбиральний комбайн MC10X

Причіпний кормозбиральний комбайн Big Drum 1250 подібний за конструкцією та принципом роботи до однороторних комбайнів CHALLENGER 2 та Özbudak. Відмінність від них – застосування у верхній частині правої боковини відсічного шнека [22].

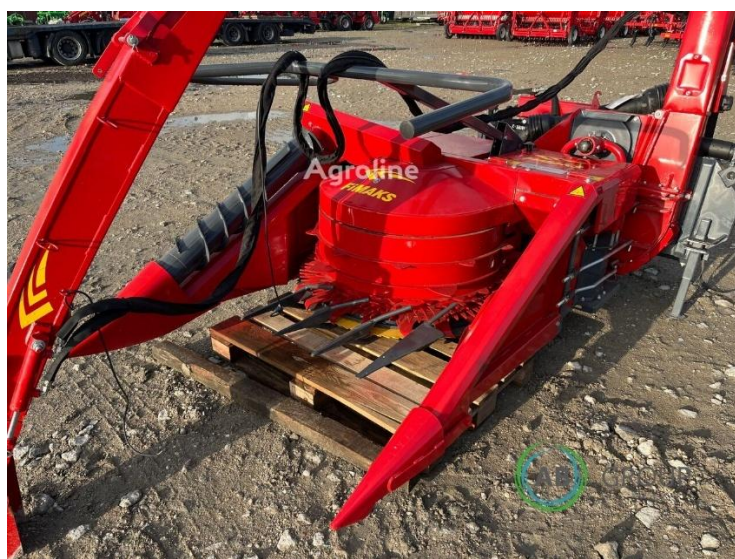


Рис. 3.10. Кормозбиральний комбайн Big Drum 1250

Причіпний кормозбиральний комбайн Big Drum 2200 подібний за конструкцією та принципом роботи до двороторних комбайнів CHALLENGER 4 та Özbudak 4 Rows. Відмінність від них – спосіб агрегування, причіпний [22].



а



б

Рис. 3.11. Кормозбиральний комбайн Big Drum 2200

а – жатка; б – комбайн

Провівши аналіз літературних джерел слід зазначити, що кормозбиральний комбайн КПІ–2,4 є найкращим варіантом застосування в технології вирощування конюшини. Його переваги полягають у менших витратах потужності на привід робочих органів та здійснення технологічного процесу зрізу та подрібнення листостеблової маси конюшини.

### 3.2. Опис об'єкту розробки

Як начіпний робочий орган до комбайна КПІ–2,4 застосовується жатка для збирання трав. Жатка складається з рами, шнека, різального апарата, конічного редуктора, мотовила і механізмів передач.

Мотовило складається з чотирьох граблин з пружинними зубами і металевих планок. Вал мотовила встановлений в підшипникових опорах, прикріплених до боковин рами.

На лівій стороні кожної граблини встановлений ролик, який переміщуючись по направляючій доріжці надає пружинним зубам певне положення, що забезпечує підведення рослин до різального апарата, утримання їх у момент різання і подачу до шнека.

На лівій цапфі мотовила встановлена зірочка із запобіжною і обгінною муфтами, яка виключає обертання мотовила у зворотному напрямі при включенні реверсу.

Різальний апарат складається із сталевого пальцевого бруса, сталевих одинарних пальців, ножа, притискачів, пластин тертя і регулювальних прокладок.

Шнек зварний, з лівим і правим напрямом витків і подаючими лопатками. На лівій знімній цапфі встановлена спарена зірочка із запобіжною муфтою.

Привід конічного редуктора жатки здійснюється ланцюговою передачею від розподільної коробки причіпного подрібнювача. Від редуктора обертання передається через ланцюгову передачу на шнек, а від нього на мотовило. Одночасно від редуктора карданною передачею обертання передається на привід різального апарата, що забезпечує зворотно–поступальний рух ножа різального апарата.

В процесі роботи жатки найслабкішими місцями в її конструкції є: привід різального апарата, що призводить до втрати трав'яної маси при зрізі рослин та створює ненадійність роботи різального апарата.

При вивченні вищезгаданих недоліків можна зробити висновок про необхідність модернізації вищезгаданих недоліків у вузлах.

В базовій машині був значний недолік в приводі жатки, в наслідок чого під час роботи машини були великі вібрації, порушення кріплень, зварних швів, а також швидкий вихід з ладу приводу. Для усунення вказаних недоліків замінюємо старий привід жатки на новий. Встановлюємо привід різального апарата жатки з кулачковим механізмом. В результаті проведеної модернізації набагато покращали якісний показник роботи приводу різального апарата.

Оцінку конструкції трав'яної жатки здійснюємо з урахуванням ступеню задоволення або агротехнічних вимог.

Щоб забезпечити максимальний збір урожаю трав, зберігши їх живильні і смакові якості, необхідно скошувати траву в кращі агротехнічні терміни, правильно вибирати висоту зрізу і своєчасно проводити всі збиральні операції.

Вирішальне значення для успішного виконання цієї задачі має правильний вибір способу прибирання трав. Кормозбиральні машини повинні забезпечувати отримання корму високої якості, без втрат і з мінімальними витратами праці. Перше скошування необхідно проводити в період колосіння злакових трав або в період бутонізації бобів і закінчувати його не пізніше за початок цвітіння рослин, переважаючих в травостой, оскільки трава до кінця цвітіння грубіє, і кількість засвоєних живильних речовин в ній зменшується.

На основі агрозоотехнічних вимог і задач розвитку сільськогосподарського виробництва визначаємо показники, яким повинна задовольняти проектована машина, як в процесі виробництва, так і в процесі експлуатації.

### 3.3. Визначення витрат потужності на привід різального апарату трав'яної жатки кормозбирального комбайна

Потужність приводу різального апарату [23–25]

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \omega}{7162}, \quad (3.1)$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент на валу кривошипа;  
 $\omega$  – частота обертання кривошипа.

Крутний момент на валу кривошипа

$$M_{кр} = P_0 r, \quad (3.2)$$

де  $P_0$  – нормальне зусилля на пальці кривошипа;  
 $r$  – довжина кривошипа.

Нормальне зусилля на пальці кривошипа

$$P_0 = P_m \cos \beta, \quad (3.3)$$

де  $\beta$  – кут нахилу нормального зусилля відносно тяги.

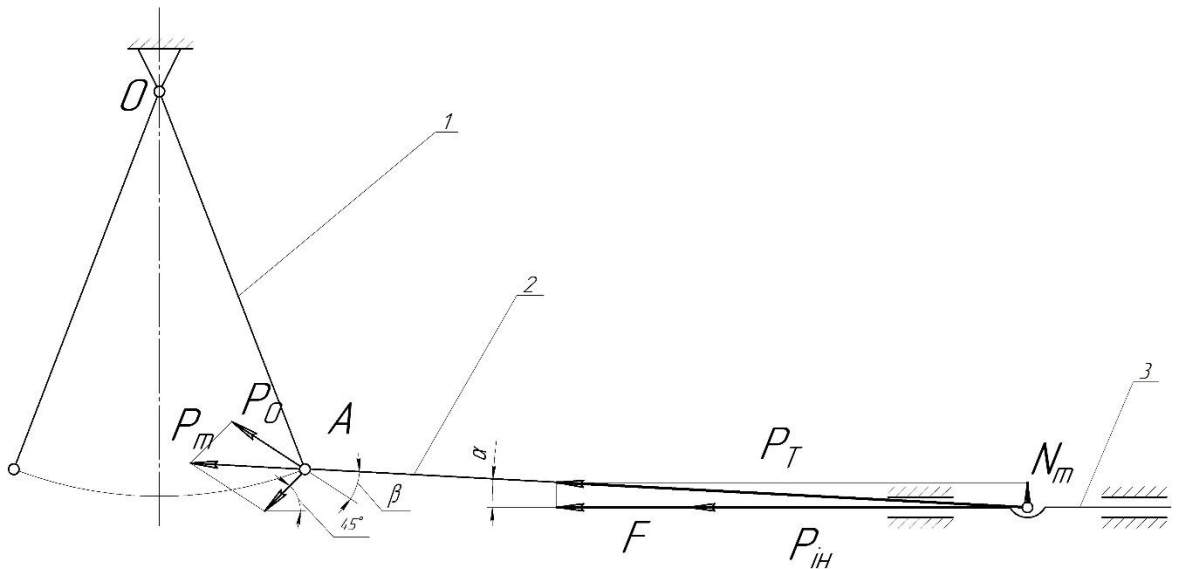


Рис. 3.12. Схема сил, що діють на ніж і привід ножа

1 – коромисло, 2 – тяга, 3 – ніж

$$P_T = \frac{P_{\text{ніж}}}{\cos \alpha}, \quad (3.4)$$

де  $P_{\text{ніж}}$  – нормальна складова тяги на ніж;

$\text{tg} \alpha$  – кут нахилу тяги.

Сила, що діє на ніж в різальному апараті сегментного типу

$$P_{\text{ніж}} = P_{\text{сер}} + P_{\text{ін}} + F, \quad (3.5)$$

де  $P_{\text{сер}}$  – середнє значення опору зрізу в період різання;

$P_{\text{ін}}$  – сила інерції;

$F$  – сила тертя польової спинки по пластинах тертя;

а) середнє значення  $P_{\text{сер}}$ , залежить від питомої роботи, яка характеризує роботу, що затрачається на зріз рослин з 1 м<sup>2</sup> площі

$$P_{\text{сер}} = \frac{L}{x_p} = \frac{BhL_0}{x_p}, \quad (3.6)$$

де  $L$  – повна робота різального апарата нормального різання з одинарним пробігом ножа;

$x_p$  – ділянка різання.

Повна робота різального апарата нормального різання з одинарним пробігом ножа

$$L = BhL_0, \quad (3.7)$$

де  $B$  – ширина захвату різального апарата;

$h$  – подача;

$L_0$  – робота на зріз стебел з 1 м<sup>2</sup>.

Ділянка різання

$$x_p = x_k - x_H, \quad (3.8)$$

де  $x_n$  і  $x_k$  – координати початку і кінця різання;

б) сила інерції  $P_{in}$

$$P_{in} = (m_H + m_m) \frac{S}{2} \omega^2 \cos \omega t, \quad (3.9)$$

де  $m_H$  і  $m_m$  – маса ножа і маса тяги

$$m_H = \frac{G_H}{g}, \quad (3.10)$$

$$m_m = \frac{G_m}{g}, \quad (3.11)$$

де  $G_H$  і  $G_m$  – вага ножа і вага тяги;

$\frac{S}{2} \omega^2 \cos \omega t$  – прискорення ножа, що змінюється при зміні кута повороту по

рівнянню прямої.

Найбільше значення прискорення матимуть в точках  $X=0$  і  $X=S$ . Якщо  $X=0$ , то  $\omega t=0$ , а  $\cos \omega t=1$ , тоді

$$P_{inmax} = (m_H + m_m) \frac{S}{2} \omega^2, \quad (3.12)$$

де  $S$  – хід ножа;

в) сила тертя, викликана нормальним тиском ваги ножа і нормальної складової тяги на ніж:

$$F = f(G_H + N_m), \quad (3.13)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя стебла по сталі

$$N_m = P_H \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.14)$$

Нормальна складова тяги

$$P_H = P_{\text{сер}} + P_{\text{ін}}, \quad (3.15)$$

Таким чином потужність становить

$$N = \frac{\omega \cdot r \cdot \cos \beta}{7162 \cdot \cos \alpha} \left( \frac{B \cdot h \cdot L_0}{x_p} + (m_H + m_m) \frac{S}{2} \omega^2 + \right. \\ \left. + f \left( g \cdot m_H + \left( \frac{BhL_0}{x_p} + (m_H + m_m) \frac{S}{2} \omega^2 \right) \operatorname{tg} \alpha \right) \right) \quad (3.16)$$

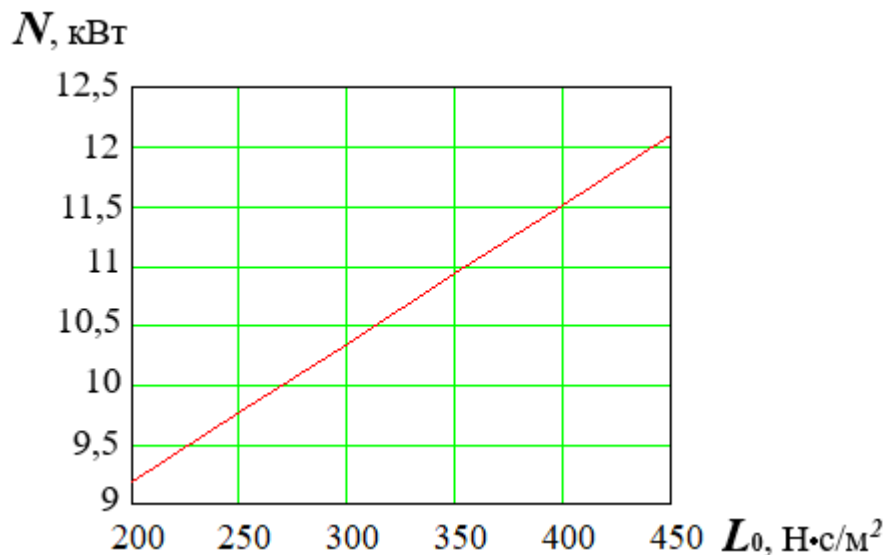


Рис. 3.13 Вплив питомої роботи на витрати потужності при роботі різального апарата жатки

Аналіз графічної залежності витрат потужності при роботі різального апарата жатки від питомої роботи дозволяє зробити наступні висновки:

- потужність приводу зростає лінійно зі збільшенням роботи на зріз  $L_0$ ;
- при збільшенні питомої роботи потужність зростає до 30%;
- основний внесок у навантаження дає сила інерції, яка залишається постійною;
- середнє зусилля різання  $P_{\text{сер}}$  збільшується пропорційно до  $L_0$ .

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Коротка інструкція з охорони праці при роботі кормозбирального агрегата [25–27]

До самостійної роботи з причіпним кормозбиральним комбайном (далі – комбайн) допускаються особи, які досягли 18-річного віку, мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також стажування під керівництвом досвідченого працівника.

Основні небезпечні чинники при експлуатації агрегату:

- рухомі робочі органи (подрібнювальний барабан, живильні вальці, шнеки);
- вал відбору потужності (ВВП) та карданна передача;
- високий тиск у гідросистемі;
- пил, шум та вібрація;
- ризик перекидання агрегату на схилах.

Працівник має бути забезпечений засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): спецвзуттям на нековзній підшві, захисними рукавицями, окулярами та протишумовими навушниками. Одяг повинен щільно прилягати до тіла, не мати звисаючих елементів, що можуть бути захоплені механізмами.

Оглянути місце стоянки та переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні маневрування.

Перевірити надійність зчеплення комбайна з трактором. Страхувальний ланцюг має бути закріплений належним чином, а шкворень причіпного пристрою — зафіксований чекою.

Перевірити стан карданної передачі. Захисний кожух вала повинен бути цілим і зафіксованим ланцюжком проти прокручування. Використання кардана без кожуха суворо заборонено.

Перевірити герметичність з'єднань гідросистеми. Витік масла під тиском може призвести до тяжких травм шкіри та очей.

Проконтролювати натяг приводних пасів та ланцюгів. Усі захисні щитки та кожухи мають бути встановлені на свої місця та надійно закриті.

Перевірити гостроту ножів подрібнювача та стан протиризальної пластини (тільки при вимкненому двигуні та заблокованому валі).

Запуск робочих органів комбайна проводити лише після подачі звукового сигналу та за умови, що в радіусі 50 метрів навколо агрегату немає людей.

Робота комбайна дозволяється лише на встановлених обертах ВВП (540 об/хв). Різке вмикання або перевищення швидкості може призвести до руйнування барабана.

Під час руху агрегату категорично забороняється:

- перебувати на рамі комбайна, дишлі або на силосопроводі;
- проводити регулювання, змащування або очищення робочих органів;
- намагатися проштовхнути масу в заборний пристрій руками або ногами.

При забиванні живильного апарату масою необхідно негайно зупинити ВВП, заглушити двигун трактора та дочекатися повної зупинки всіх частин за інерцією. Очищення проводити лише за допомогою спеціальних чистиків або гаків.

Слідкувати за напрямком вильоту подрібненої маси. Козирок силосопроводу має бути налаштований так, щоб потік не потрапляв у бік людей або кабіни трактора.

При поворотах та розворотах враховувати збільшений радіус агрегату та інерційність причепа. На схилах понад 8-10 градусів робота з причіпним комбайном не рекомендується через ризик занесення.

У разі появи сторонніх звуків (стукіт, вібрація, скрегіт металу), що вказують на потрапляння стороннього предмета в барабан, негайно вимкнути ВВП і зупинити двигун.

При травмуванні надати першу домедичну допомогу, викликати швидку або організувати транспортування до лікувального закладу. У разі ураження

маслом під високим тиском допомога має бути негайною, оскільки це спричиняє глибоке некротичне ураження тканин.

Після закінчення роботи комбайна вимкнути його привід та перевести машину в транспортне положення.

Провести очищення агрегату від залишків рослинної маси та пилу (використовувати стиснене повітря або щітки, уникаючи прямого контакту рук з ножами).

Провести візуальний огляд на предмет виявлення тріщин у рамі, витоків мастила або послаблення кріплень.

Поставити агрегат на місце зберігання, заблокувати колеса противідкатними упорами.

Зняти спецодяг, вимити руки та обличчя з милом, доповісти керівнику про завершення зміни та виявлені несправності.

## 5. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВДОСКОНАЛЕНЬ

Доцільність впровадження запропонованих змін в операцію скошування стеблостою конюшини залежить від різних факторів та зводиться до економії коштів чи отримані прибутку.

Проведемо більш простий підрахунок – економію коштів від економії вартості палива внаслідок заміни трактора в агрегат з кормозбиральним комбайном КПИ–2,4.

Економія палива на 1 га площі поля становить

$$13,5 - 10,38 = 3,12 \text{ кг.}$$

Кількість зекономленого палива зі всієї площі поля

$$97 \cdot 3,12 = 302,64 \text{ кг.}$$

Найменша ціна для нашого регіону 1 л палива становить 58,99 грн/л.

Таким чином, вартість зекономленого палива встановитиме:

$$\frac{58,99 \cdot 302,64}{0,88} = 20287,20 \text{ грн.}$$

Економія палива при виконанні операції

$$\frac{13,5 - 10,38}{13,5} \cdot 100\% = 23,11\%.$$

Отримане значення дозволяє результат має позитивне значення.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі запропоновані удосконалення технології вирощування конюшини, яка передбачає зменшення ручної праці працівників господарства.

Проектна технологія складена з урахуванням досвіду з ефективного використання техніки з виконання операцій при вирощуванні обраної культури.

В цій технології використовується досвід проведення раціональних операцій з метою зменшення витрат при вирощуванні конюшини.

В науковій частині проведені дослідження виявлення залежностей витрат потужності на привід різального апарата трав'яної жатки.

Запропоновані в проекті технологічні зміни дозволяють одержати економію коштів та зменшення собівартості робіт більше ніж на 23%.

## Список використаної літератури

1. <https://agrarii-razom.com.ua/culture/konyushina-luchna>
2. [https://www.martaflowers.kiev.ua/news/konjusina-posadka-virosuvannja-dogljad-top-porad-mf/?srsltid=AfmBOoqBn\\_I6bJLPmyDrYE-kCZOjaFX9orPxYmAENth9eI-KtR0JY2gl](https://www.martaflowers.kiev.ua/news/konjusina-posadka-virosuvannja-dogljad-top-porad-mf/?srsltid=AfmBOoqBn_I6bJLPmyDrYE-kCZOjaFX9orPxYmAENth9eI-KtR0JY2gl)
3. <https://superagronom.com/news/16525-biomasa-konyushini-chervonoyi-v-pislyajnivnih-reshtkah-zabezpechuye-do-150-kg-ga-azotu>
4. <https://agriculturalscience.com.ua/web/uploads/pdf/10830-23475-1-SM.pdf>
5. <https://mafcollege.rv.ua/wp-content/uploads/2022/05/konyushyna-msk-13.pdf>
6. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д. Іщенко та ін.. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352 с.
7. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К. Агроосвіта, 2012. – 434 с.
8. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.
9. <https://bilotserkivmaz.com.ua/product/kombayn-prychipnyy-furazhnyy-kpf-24/>
10. <https://bilotserkivmaz.com.ua/product/kombayn-rotorny-prychipnyy-ros-2/>
11. <https://lybid.com.ua/ua/p843407159-odnoryadnyj-silosouborochnyj-kombajn.html>
12. <https://lybid.com.ua/ua/p1175442695-silosouborochnyj-kombajn-challenger.html>

13. <https://lybid.com.ua/ua/p1213658239-silosouborochnyj-kombajn-kormouborochnyj.html>
14. <https://lybid.com.ua/ua/p1213749000-silosouborochnyj-kombajn-kormouborochnyj.html>
15. <https://ozbudak.com.tr/hidrolik-kumandali-tek-sirali-misir-silaj-makinasi/>
16. <https://ozbudak.com.tr/belden-kirmali-misir-silaj-makinasi/>
17. <https://ozbudak.com.tr/sira-bagimsiz-silaj-makinasi/>
18. <https://ozbudak.com.tr/uc-sirali-sira-bagimsiz-silaj-makinasi/>
19. <https://agriline.ua/-/prodazh/prichipni-kormozbiralni-kombayni/OEzbudak/3-ROW-ROW-INDEPENDENT-FORAGE-HARVESTER-PREDATOR2200--25022516242613420300>
20. <https://agriline.ua/-/prodazh/prichipni-kormozbiralni-kombayni/Fimaks/jednorzedowa-sieczkarnia-do-kukurydzy-MC10X-dostepna-od-reki--25100218103476902900>
21. <https://agriline.ua/-/prodazh/prichipni-kormozbiralni-kombayni/Fimaks/sieczkarnia-do-kukurydzy-Big-Drum-1250-dostepna-od-reki--25100217550084631200>
22. <https://agriline.ua/-/prodazh/prichipni-kormozbiralni-kombayni/Fimaks/Sieczkarnia-do-kukurydzy-Fimaks-Big-Drum-2200--25100218104073659200>
23. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. зал. із спец. „Машини та обладн. с.–г. вир–ва”/ За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.: іл.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.: іл.

- 25.Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408 с.
- 26.Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.
- 27.Войналович О. Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник / Войналович О., Білько Т., Марчиниша Є. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.


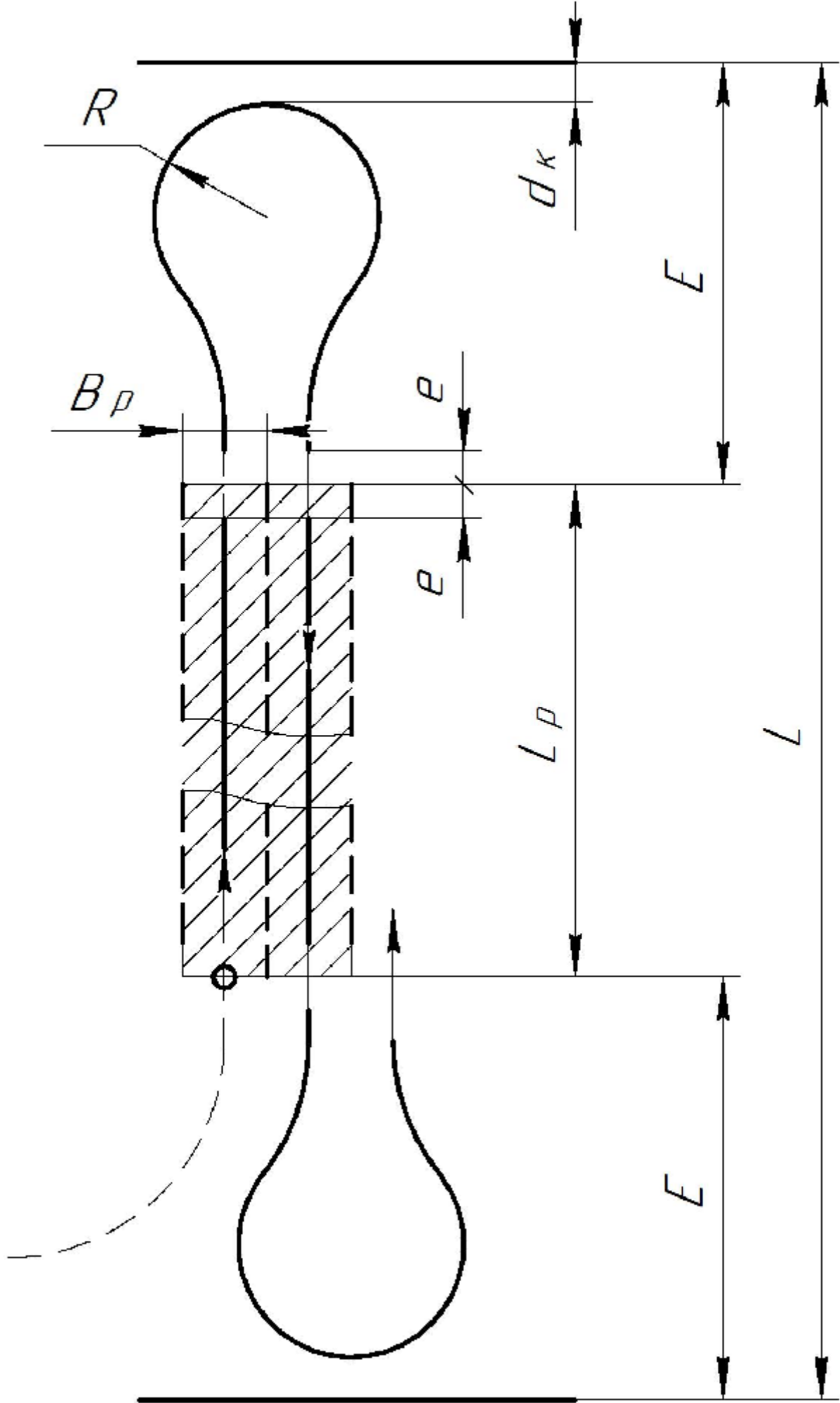
ДОДАТКИ

# ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Культура - конюшина  
Площа - 100 га  
Урожайність - 500 ц/га

Назва технологічних операцій	Обсяг робіт	Склад агрегату		Змінна норма виробітку	Витрати праці, людхгод
		трактор, комбайн	с.-г. машина, знаряддя		
Обробіток комбінованим знаряддям, 6-8 см	100 га	CASE 110 JX	CEUS 4000-TX	38,4 га	16,66
Завантаження мінеральних добрив	30 т	MT3-80	ПЕ-35	42 т	4,97
Підготовка мінеральних добрив	6 т	вручну			14,98
Глибоке розпушення з внесенням мінеральних добрив	100 га	NH T7315	ЧНУ-4	16 га	35
Ранньовесняне боронування	100 га	JD 6175M	БЗСС-1	58 га	15,04
Підготовка мінеральних добрив	8 т	вручну		3,5 т	15,99
Завантаження насіння у сівалку	24 т	автозавантажувач		-	-
Завнтаження добрив у сівалку	8 т	автозавантажувач		-	-
Сівба з внесенням добрив	100 га	CASE 110 JX	HARVEST-5,4	26,45 га	10,99
Коткування посівів	100 га	NH T7315	ЗККШ-6	76 га	9,21
Дискування посівів	100 га	CASE 115 JX	БДТ-7	40 га	8,37
Обробіток комбінованим знаряддям, 6-8 см	100 га	CASE 110 JX	CEUS 4000-TX	38,4 га	16,66
Підготовка мінеральних добрив	6 т	вручну			14,98
Завантаження мінеральних добрив	30 т	MT3-80	ПЕ-35	42 т	4,97
Глибоке розпушення з внесенням мінеральних добрив	100 га	NH T7315	ЧНУ-4	16 га	35
Протруєння насіння	24 т	-	ПС-10А	40 т	8,40
Сівба	100 га	CASE 110 JX	HARVEST-5,4	26,45 га	10,99
Коткування посівів	100 га	NH T7315	ЗККШ-6	76 га	9,21
Скошування посівів	100 га	CASE 110 JX	КПМ-3	16,74 га	28,4
Завантаження мінеральних добрив	7,5 т	MT3-80	ПЕ-35	42 т	4,97
Розкидання мінеральних добрив	100 га	CASE 110 JX	МВУ-100	31,6 га	3,16
Ранньовесняне боронування	100 га	JD 6175M	БЗСС-1	58 га	15,04
Скошування посівів	100 га	CASE 110 JX	КПИ-2,4	8,46 га	28,4
Дискування посівів	100 га	CASE 115 JX	БДТ-7	40 га	8,37
Глибоке розпушення	100 га	NH T7315	ЧН-4	16 га	35

# Операційно-технологічна карта

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи Агротехнічні вимоги	Площа поля - 97 га; довжина гонів - 1000 м; величина підйому - 3°; висота зрізу - 13,5 см. Відхилення від заданої висоти - $\pm 1$ см; недопускають нескошені ділянки посівів культури.	Схема поля 
Склад агрегата і підготовка його до роботи	Трактор CASE IH Farmall JX110; косарка КПИ-3; робоча ширина захвату - 2,4 м; мінімальний радіус повороту - 4,08 м; кінематична довжина агрегату - 6,7 м. Підготовка агрегату: 1. Провести щозмінний технічний огляд трактора і косарки. 2. Перевірити робочі поверхні косарки та справність гідросистеми. 3. Відрегулювати косарку на задану висоту скошування.	
Підготовка поля	Перед початком обробітку оглянути поле, виявлені перешкоди усунути. Ширина поворотної смуги - 14,4 м; оптимальна ширина заїнки - 169,2 м; кількість заїнок 6 (5 заїнок шириною 169,2 м; 1 - шириною 124 м).	Схема руху одного циклу
Способи руху	Спосіб руху - гоновий у звал.	
Швидкість руху	Робоча швидкість, враховуючи буксування - $V_p = 6,12$ км/год.	
Показники організації процесу	1. Тривалість циклу - 22,04 хв. 2. Технічна продуктивність за цикл - 0,39 га/цикл. 3. Змінна продуктивність агрегату - 8,46 га/зм. 4. Кількість циклів за зміну - 21,69 цикл/зм. 5. Витрати палива на 1 га - 10,38 кг/га. 6. Витрати палива за 1 цикл - 4,048 кг/цикл. 7. Витрати палива за зміну - 87,82 кг/зм.	
Контроль за якістю	1. Виконати 10-15 разів за зміну контроль висоти зрізу рослин. Відхилення від норми зрізу не повинно перевищувати $\pm 3\%$ . 2. Нерівномірність висоти зрізу між окремими роторами не повинна перевищувати $\pm 3\%$ .	

$L$  - довжина гонів,  $L_p$  - робоча довжина заїнки,  $E$  - ширина поворотної смуги,  $e$  - довжина виїзду агрегату,  $V_r$  - ширина захвату агрегату,  $d_k$  - кінематична ширина

# ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ



*КПИ-2,4*



*КПФ-2,4*



*CHALLENGER 1*



*MC10X*



*Ozbudak 2 Row*



*Ozbudak 3 Row*



*BIG DRUM 1250*



*Ozbudak 4 Rows*



*BIG DRUM 2200*

# МЕТА, ЗАДАЧІ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Мета досліджень – підвищення якості роботи кормозбирального комбайна та зменшення витрат енергії на привід його робочих органів.*

## *Задачі досліджень*

- 1. Дослідити витрати потужності на привід в роботу органів кормозбирального комбайна.*
- 2. Встановити вплив конструктивно-технологічних параметрів різального апарата на витрати потужності його рушія.*

## *Об'єкт досліджень*

*процес роботи різального апарата кормозбирального комбайна.*

## *Предмет досліджень*

*конструктивні та технологічні різального апарата кормозбирального комбайна.*

# ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ПОТУЖНОСТІ РУШІЯ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА

Потужність приводу різального апарата

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \omega}{7162} \quad (1)$$

Крутний момент

$$M_{кр} = P_0 \cdot r \quad (2)$$

Нормальне зусилля на пальці кривошипа

$$P_0 = P_m \cdot \cos \beta \quad (3)$$

Нормальне зусилля на тязі ножа

$$P_m = \frac{P_{ніж}}{\cos \alpha} \quad (4)$$

Сила, що діє на ніж

$$P_{ніж} = P_{сер} + P_{ін} + F \quad (5)$$

Середнє значення опору зрізу

$$P_m = \frac{B \cdot h \cdot L_0}{x_p} \quad (6)$$

Сила інерції

$$P_{ін} = (m_H + m_m) \frac{S}{2} \omega^2 \quad (7)$$

Сила тертя

$$F = f(G_H + N_m) \quad (8)$$

Потужність на привод ножа різального апарата

$$N = \frac{\omega \cdot r \cdot \cos \beta}{7162 \cdot \cos \alpha} \left( \frac{B \cdot h \cdot L_0}{x_p} + \frac{(m_H + m_m) S \cdot \omega^2}{2} + f \left( g \cdot m_H + \left( \frac{B \cdot h \cdot L_0}{x_p} + \frac{m_H + m_m}{2} \right) \frac{S \cdot \omega^2}{2} \right) \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (9)$$

ЗАЛЕЖНОСТІ ВИТРАТИ ПОТУЖНОСТІ  
РУШІЯ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА

