

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет аграрної інженерії та екології
Кафедра аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

на тему:

**«МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ ТРАВ З РОЗРОБКОЮ
ПАРАЛЕЛОГРАМНОГО ПРИВОДУ РОТОРІВ КОСАРКИ»**

спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма «Агроінженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АІ- 41
ІВАНЮК Сергій Володимирович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
ЮХИМЧУК Сергій Федорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« » 20 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Луцьк 2025

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>аграрних технологій та екології</u>
Кафедра	<u>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</u>
Ступінь вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Галузь знань	<u>20 Аграрні науки та продовольство</u>
Спеціальність	<u>208 Агроінженерія</u>
Освітня програма	<u>Агроінженерія</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аграрної інженерії
імені професор Г.А. Хайліса
доц., к.т.н. ХОМИЧ Сергій
Миколайович _____

“ _____ ” _____ 202 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Іванюку Сергію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Механізація вирощування трав з розробкою паралелограмного приводу роторів косарки

Керівник роботи: Юхимчук Сергій Федорович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від “ 17 ” січня 2025 р. № 33/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи

« _____ » _____ 202 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу бакалавра.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

	к-сть листів
1. Схема удосконаленої технології	- 1 лист
2. Функціональна (принципова) схема машини	- 1 лист
3. Організація робіт або операційно-технологічна карта	- 1 лист
4. Складальне креслення розроблюваного вузла	- 1 лист
5. Робочі креслення деталей	- 1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання «___» _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з матеріалами і літературою	08.04 – 11.04.2025 р.	
2	Формування вихідних даних, мети та завдання виконання кваліфікаційної роботи	12.04 – 18.04.2025 р.	
3	Розробка рекомендації з покращення (удосконалення) технології	19.04 – 25.04.2025 р.	
4	Розрахунки параметрів машини і вузла, які проектуються	26.04 – 01.05.2025 р.	
5	Розробка функціональної (кінематичної) і принципової схем машини	02.05 – 08.05.2025 р.	
6	Розробка конструкції вузла і його деталей	09.05 – 15.05.2025 р.	
7	Розробка питань охорони праці та довкілля	16.05 – 22.05.2025 р.	
8	Оформлення пояснюючої записки	23.05 – 29.05.2025 р.	
9	Нормоконтроль	30.05 – 03.06.2025 р.	
10	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	до 10.06.2025 р.	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Іванюк Сергій Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Юхимчук Сергій Федорович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 - Агроінженерія. Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2025.

Основний зміст кваліфікаційної роботи бакалавра викладено на 57 сторінках друкованого тексту. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань із 17 найменувань та 3 додатків, а також має 5 рисунків і 2 таблицю. Повний обсяг роботи становить 61 сторінки.

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра проведено розглянуто переваги вирощування люцерни на сіно, особливості вирощування та аналіз сучасних технологій вирощування люцерни на сіно, особливості використання ротаційних косарок Розроблено технологічну карту вирощування люцерни на сіно. Побудована функціональна схема машини. Приведено обґрунтування параметрів косарки та її розроблюваного вузла - паралелограмного приводу роторів. Наведено технологічний розрахунок, визначено потужність на привод роторів різального апарату, яка склала 5,9 кВт. Виконано розрахунок гідروприводу, розрахунок паралелограмного приводу роторів, розрахунок врівноважувача, розрахунок пружини запобіжного механізму та енергетичний розрахунок агрегату для скошування трав. Побудовані гідравлічно-кінематична та принципова схема машини. Розроблено також конструкції збірних одиниць і деталей паралелограмного приводу роторів. Розглянуто питання охорони праці та довкілля при скошуванні трав згідно запропонованої технології.

КОСАРКА, РІЖУЧИЙ АПАРАТ, ГІДРОПРИВОД, РОТОР, ПАРАЛЕЛОГРАМНИЙ ПРИВОД, ВРІВНОВАЖУВАЧ, ЗАПОБІЖНИЙ МЕХАНІЗМ, ТРАВОСТІЙ, РІЗАННЯ, ПОКІС.

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Механізація вирощування трав з розробкою паралелограмного приводу роторів косарки	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Іванюк					Б	3	57
Перевірив	Юхимчук					ЛНТУ, гр. АІ-41		
Н. контр.	Юхимчук							
Затверд.	Хомич							

ABSTRACT

Bachelor's Degree Qualifying Research Paper in Programme Subject Area 0888 Inter-disciplinary programmes and qualifications involving agriculture, forestry, fisheries and veterinary under Agricultural Engineering Educational Program. Lutsk National Technical University, Lutsk, 2025.

The main content of the bachelor's thesis is laid out on 57 pages of printed text. The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references from 17 titles and 3 appendices, and also has 5 figures and 2 tables. The full volume of the work is 61 pages.

In this bachelor's thesis, the advantages of growing alfalfa for hay, the peculiarities of growing and analysing modern technologies for growing alfalfa for hay, the peculiarities of using rotary mowers were considered. The technological map of growing alfalfa for hay was developed. A functional diagram of the machine is constructed. The justification of the parameters of the mower and its developed unit - the parallelogram drive of the rotors - is given. The technological calculation is presented, the power for the rotor drive of the cutting unit is determined, which is 5.9 kW. The calculation of the hydraulic drive, the calculation of the parallelogram drive of the rotors, the calculation of the balancer, the calculation of the safety mechanism spring, and the energy calculation of the grass cutting unit were performed. The hydraulic-kinematic and schematic diagrams of the machine were built. Designs of prefabricated units and parts of the parallelogram rotor drive were also developed. The issues of labour and environmental protection during grass cutting according to the proposed technology are considered.

MOWER, CUTTING UNIT, HYDRAULIC DRIVE, ROTOR, PARALLELOGRAM DRIVE, BALANCER, SAFETY MECHANISM, GRASS STAND, CUTTING, MOWING.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Завдання	2
Анотація.....	3
Зміст.....	5
Вступ.....	6
1 Оглядова частина.....	8
1.1 Переваги вирощування люцерни на сіно.....	8
1.2 Особливості вирощування люцерни на сіно.....	9
1.3 Аналіз сучасних технологій вирощування люцерни на сіно.....	11
1.4 Особливості використання ротаційних косарок	14
2 Рекомендації з покращення технології.....	16
2.1 Розробка технологічної карти вирощування трав.....	16
2.2 Обґрунтування функціональної схеми.....	18
3 Проектна частина.....	20
3.1 Технологічний розрахунок.....	20
3.2 Визначення потужності на привод різального апарату.....	22
3.3 Розрахунок гідроприводу.....	24
3.4 Силовий розрахунок вала–хвостовика.....	26
3.5 Розрахунок механізму підйому	31
3.6 Розрахунок пружини запобіжного механізму.....	35
3.7 Енергетичний розрахунок машино-тракторного агрегату.....	38
3.8 Обґрунтування гідравлічно-кінематичної схеми.....	39
3.9 Обґрунтування принципової схеми.....	41
3.10 Розробка конструкції збірних одиниць і деталей.....	43
4 Охорона праці та довкілля.....	45
4.1 Аналіз об'єкту проектування з позиції його безпеки та шкоди для виробничого та природного середовища.....	45
4.2 Нормативні вимоги безпеки.....	46
4.3 Проект інструкції з техніки безпеки при роботі на ротаційній косарці.....	47
4.4 Засоби пожежної безпеки при роботі на косарці.....	51
4.5 Охорона довкілля.....	52
Висновки.....	54
Перелік джерел посилання.....	55
Додатки.....	57

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проблема підвищення якості кормів залишається актуальною, оскільки для забезпечення тваринництва повноцінним раціоном необхідно своєчасно заготовляти поживні корми. Досягти цього можна завдяки впровадженню високопродуктивної сучасної техніки, здатної ефективно виконувати заготівельні операції в оптимальні строки.

Новітні технологічні рішення дають змогу отримувати сіно високої якості з вмістом каротину 30–50 мг, протеїну — до 12 %, а поживна цінність становить 0,5–0,6 кормових одиниць на один кілограм маси. Щоб забезпечити такий рівень якості, важливо проводити скошування трав у найбільш сприятливу фазу вегетації, зберігаючи при цьому максимальну кількість поживних і біологічно активних компонентів.

Враховуючи особливості природно-кліматичних умов різних регіонів, застосовують косарки різних моделей і конструкцій із відповідною шириною захоплення. Кожен тип має свої технічні особливості, переваги та недоліки, що зумовлює необхідність подальшого вдосконалення їх конструкцій.

При збиранні природних і культурних трав середньої врожайності зазвичай використовують косарки, оснащені сегментно-пальцевими ріжучими механізмами зі зворотно-поступальним рухом ножа. У складніших умовах — на полеглих, зволжених або сильно переплетених травостоях, а також на високопродуктивних ділянках — доцільним є застосування роторних косарок, які забезпечують якісне скошування без використання підпорів.

За типом конструкції косарки поділяються на самохідні, навісні, напівнавісні та причіпні. Залежно від кількості ріжучих елементів розрізняють одно- та багатоярусні моделі. Найбільше поширення отримали навісні косарки. За положенням ріжучого апарата відносно базового трактора їх класифікують на фронтальні, середньонавісні та задньонавісні.

Більшість косарок, що агрегатуються з тракторами, мають ширину захоплення 2,1 м, що забезпечує якісне копіювання поверхні поля ріжучим апаратом.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

На даний момент промисловістю серійно виготовляється роторна навісна косарка КРН-2,1, яка призначена для роботи на площах з полеглими та високоврожайними травами, забезпечуючи високу продуктивність на збільшених поступальних швидкостях. Ця модель характеризується надійністю та ефективністю виконання технологічного процесу.

З метою зменшення матеріаломісткості машини, підвищення її надійності та рівня безпеки обслуговування у кваліфікаційній роботі бакалавра пропонується удосконалити її конструкцію шляхом заміни традиційного механічного приводу на гідравлічний, а також розробити нову схему паралелограмного приводу роторів.

Мета роботи: підвищення продуктивності та зниження енергозатрат вирощування трав на основі модернізації приводу роторів косарки.

Об'єкт дослідження - технологія вирощування трав.

Предмет дослідження – ротаційна косарка обладнана новим паралелограмного приводу роторів.

Завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є:

- здійснити аналіз літературних джерел інформації за темою дослідження;
- удосконалити технологію вирощування трав;
- розробити функціональну схему ротаційної косарки обладнаної паралелограмного приводу роторів;
- провести конструктивні розрахунки ротаційної косарки і розроблюваного вузла - паралелограмного приводу роторів;
- розробити складальне креслення паралелограмного приводу роторів косарки;
- розробити робочі креслення паралелограмного приводу роторів косарки;
- розглянути питання охорони праці та довкілля при скошуванні трав згідно запропонованої технології.

У кваліфікаційній роботі бакалавра удосконалена технологія вирощування трав із використанням модернізованої роторної косарки обладнаної новим паралелограмним приводом роторів.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Переваги вирощування люцерни на сіно у порівнянні з іншими травами

Люцерна (*Medicago sativa* L.) є однією з найцінніших багаторічних бобових трав у сільському господарстві, що використовується переважно для виробництва високоякісного сіна, сінажу, трав'яного борошна та як компонент зеленого конвеєра. Завдяки високому вмісту протеїну, мінералів і каротину люцерна посідає провідне місце серед кормових культур. Крім того, культура характеризується високою відновною здатністю після скошування та багаторічністю, що знижує потребу в щорічному пересіві.

Вирощування люцерни на сіно має суттєві агрономічні, економічні та кормові переваги у порівнянні з іншими багаторічними або однорічними травами (наприклад, конюшина, тимофіївка, еспарцет, житняк, костриця, суданка та ін.). Нижче наведено основні аргументи на користь люцерни.

1. Висока урожайність:

- Люцерна дає від 8 до 14 т/га сіна на рік за 2–4 укоси.
- Інші кормові трави (конюшина, костриця, тимофіївка) забезпечують лише 4–6 т/га у найкращих умовах.
- У зрошуваних умовах люцерна здатна забезпечити до 20 т/га зеленої маси на укос.

2. Високий вміст білку і живлення:

- Сіно люцерни містить 16–20% сирого протеїну, тоді як: конюшина – до 15%; тимофіївка – 7–10%; суданка – 5–9%.
- Має високий вміст кальцію, каротину, вітамінів групи B, D, E, що робить її ідеальною для годівлі ВРХ, овець, кіз, коней.

3. Довготривале використання:

- Люцерна зберігає продуктивність 3–5 років.
- Конюшина — максимум 2–3 роки.
- Однорічні трави (суданка, вика-овес) — щорічний пересів.

4. Азотофіксація і збагачення ґрунту:

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Люцерна, як і інші бобові, фіксує до 200–300 кг/га атмосферного азоту.

- Після її вирощування зростає врожайність зернових на 20–30% без додаткових добрив.

5. Краще відновлення після скошування:

- Люцерна має потужну кореневу систему, що дозволяє їй швидко відновлюватися після укосів.

- Наприклад, тимофіївка чи костриця часто мають 1–2 укоси за сезон, тоді як люцерна — до 4.

6. Краща придатність до консервування:

- Люцерну легко консервувати як у вигляді сіна, так і сінажу.
- Високий вміст сухої речовини дозволяє швидше сушити масу на полі, особливо з використанням плющилок.

Ці фактори роблять її найекономічно ефективнішою культурою для заготівлі сіна в умовах Лісостепу та Степу України.

1.2 Особливості вирощування люцерни на сіно

Вирощування люцерни на сіно вимагає дотримання комплексу агротехнічних заходів, що враховують біологічні властивості культури, специфіку ґрунтово-кліматичних умов та вимоги до якості корму. У зоні Лісостепу люцерна демонструє високу продуктивність завдяки сприятливому поєднанню тепла, вологи та родючих ґрунтів.

1. Підбір ділянки та ґрунтові умови

Люцерна чутлива до кислотності та щільності ґрунту. Найкращі результати вона дає на нейтральних або слабколужних чорноземах легкого та середнього гранулометричного складу. У Лісостепу такі ґрунти широко розповсюджені.

- Оптимальний рН — 6.5–7.5.
- Уникають важких глинистих і перезволожених ділянок.
- Не рекомендується висівати люцерну після культур, що залишають ущільнене ґрунтове ложе (наприклад, кукурудза без обробітку).

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Обробіток ґрунту

Глибокий основний обробіток (оранка або чизелювання на 25–30 см) забезпечує розвиток кореневої системи, яка може досягати 1.5–2 м глибини. Це підвищує стійкість культури до посухи.

- Передпосівна культивация має створити дрібногрудкувату структуру.
- Вирівнювання поверхні забезпечує рівномірну глибину загортання насіння.

3. Посів та насіннєвий матеріал

Сівба проводиться навесні (кінець березня – початок квітня) або пізньої осені (листопад), уникнувши ризику весняної посухи. У Лісостепу частіше перевагу надають весняному строку.

- Схема сівби — вузькорядна (7,5 см), для сіна — 12–16 кг/га.
- Насіння обробляють бактеріальними препаратами (ризоторфін), що сприяє азотофіксації.
- Глибина загортання — 1.5–2 см.

4. Удобрення

Люцерна ефективно засвоює атмосферний азот, тому основний акцент — на фосфорні та калійні добрива:

- Рекомендована доза: P60–90K60–90.
- На бідних ґрунтах важливо внести мікроелементи: бор (1–2 кг/га), молібден, сірка.
- У першому році — можливе стартове внесення азотних добрив у мінімальній дозі (30–40 кг/га діючої речовини), щоб стимулювати початковий ріст.

5. Догляд за посівами

У рік сівби люцерна розвивається повільно, що створює ризик заглушення бур'янами. Найбільш критичний період — перші 30–45 днів після сходів.

- Застосовуються міжрядні обробітки та гербіциди (Базагран, Прометрин).
- У наступні роки догляд включає: контроль травостою, боротьбу зі шкідниками (довгоносики, совки), позакореневе підживлення мікроелементами.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Скошування та збір сіна

Правильна фаза скошування — бутонізація – початок цвітіння, коли вміст сирого протеїну досягає максимуму.

- За сезон у Лісостепу можливо отримати 2–3 укуси, у сприятливі роки — до 4.
- Урожайність сіна — 8–12 т/га.
- Скошування проводиться косарками з кондиціонерами (плющилками), що скорочує час сушіння.
- Для запобігання втратам білка важливо не пересушувати масу, особливо у жарку погоду.

7. Тривалість використання травостою

Продуктивне використання люцерни триває 3–4 роки. Найвищу урожайність вона дає у 2–3 роках життя.

- Після 4-го року доцільно переорієнтовувати ділянку на іншу культуру.
- Люцерна залишає в ґрунті до 200–250 кг/га фіксованого азоту, що позитивно впливає на наступні культури в сівозміні.

8. Проблеми та ризики

- Зимостійкість: люцерна може вимерзати за різких температурних коливань у лютому–березні.
- Вилягання: за надмірного зволоження та високої густоти посівів.
- Деградація травостою: спостерігається у разі пізніх укосів восени (порушення періоду відновлення кореневої системи).

1.2 Аналіз сучасних технологій вирощування люцерни на сіно

У сучасних умовах технології вирощування люцерни адаптуються під вимоги інтенсивного сільського господарства та ринкових умов, орієнтуючись на підвищення урожайності, якості сіна, тривалість використання травостою та екологічну стабільність виробництва. Основні напрями вдосконалення включають:

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вибір високопродуктивних сортів. Селекція люцерни зорієнтована на створення сортів з підвищеною стійкістю до вилягання, хвороб (фузаріоз, антракноз, бактеріальний в'янення), шкідників (люцернова совка, довгоносики) та екстремальних погодних умов. Популярними в Україні є сорти «Веселоподільська 2», «Синельниківська 1423», «Полтавчанка», що забезпечують 10–12 т/га сіна.

2. Технологія підготовки ґрунту. Сучасні технології вирощування передбачають мінімізацію обробітку ґрунту або застосування диференційованих систем. У разі оранки застосовується глибоке розпушування до 25–30 см для знищення бур'янів і покращення аерації. З урахуванням ґрунтових умов лісостепу поширюється також чизелювання як енергоощадна альтернатива.

3. Сівба. Оптимальні строки сівби — ранньовесняні (кінець березня – початок квітня) або під зиму (листопад), що дає змогу уникнути пересихання ґрунту. Сучасні технології передбачають точний висів із глибокою інкрустацією насіння мікроелементами та біопрепаратами (ризоторфін, азотофіксуючі бактерії). Норма висіву становить 12–16 кг/га за звичайної сівби та 8–10 кг/га за вузькорядної (за схемою 7,5 см).

4. Удобрення. Люцерна як бобова культура ефективно фіксує азот з повітря, однак потребує значної кількості фосфору та калію. Основне удобрення проводиться з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту, типові норми — Р60–90К60–90. На бідних ґрунтах рекомендоване внесення мікроелементів: бору, молібдену, сірки.

5. Догляд за посівами. Для забезпечення високої продуктивності важливим є регулярний контроль бур'янів у першому році вегетації — з використанням гербіцидів, таких як Базагран, Прометрин, або механічного розпушування міжрядь. У наступні роки значення має регулювання щільності травостою, підживлення та боротьба з шкідниками. У сучасних системах вирощування все більше застосовують біологічний захист.

6. Збирання врожаю. Збирання люцерни на сіно здійснюється у фазі бутонізації – початку цвітіння, коли вміст білка є найвищим. Скошування

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться сучасними роторними або дисковими косарками з плющенням, що забезпечує рівномірне підсушування. У ряді господарств впроваджується технологія кондиціонування зеленої маси (використання плющилки), що дозволяє знизити втрати білка під час сушіння. При двох-трьох укосах за сезон урожайність сіна становить 8–12 т/га.

Інноваційні підходи. Сучасні технології вирощування люцерни поступово інтегрують елементи прецизійного землеробства: використання GPS-навігації, дронів для моніторингу стану посівів, систем дистанційного зондування (NDVI-карти), автоматичного регулювання норм висіву та внесення добрив. У перспективі впроваджуються цифрові моделі продуктивності, що прогнозують потенційну врожайність залежно від погодних умов, типу ґрунту та агротехніки.

Тобто, сучасні технології вирощування люцерни спрямовані на максимізацію продуктивності при збереженні родючості ґрунтів і зниженні екологічного навантаження. Вибір сорту, грамотне удобрення, якісний посівний матеріал, своєчасне скошування та використання точного землеробства — основні чинники успішного вирощування культури на сіно. Надалі розвиток технологій пов'язаний із впровадженням автоматизації, біопрепаратів та адаптацією до кліматичних змін.

1.4 Особливості використання ротаційних косарок при скошуванні люцерни

Ротаційні косарки є найпоширенішим типом машин для збирання багаторічних трав, зокрема люцерни. Завдяки своїй конструкції, високій продуктивності та можливості працювати за різних погодних умов ротаційні косарки широко застосовуються як у великих агропідприємствах, так і в середніх господарствах.

Переваги ротаційних косарок при скошуванні люцерни:

- Висока продуктивність. Ротаційні косарки можуть скошувати до 8–12 га/год залежно від ширини захвату.
- Швидкість і ефективність. Забезпечують якісне скошування навіть при значній забур'яненості або вологій росі.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Універсальність. Придатні для роботи на рівних і слабкохвилястих полях.
- Чистота зрізу. Завдяки високій частоті обертання ножів рослини зрізаються рівно, що зменшує пошкодження стебел.
- Можливість комплектації плющилкою. У деяких моделях передбачено плющення стебел одразу після скошування, що суттєво прискорює сушіння люцерни на сіно та зменшує втрати поживних речовин.

Особливості роботи з люцерною:

- Своєчасне скошування. Люцерну необхідно косити у фазі бутонізації – початку цвітіння. Ротаційні косарки дозволяють швидко обробити великі площі в оптимальні агротехнічні строки.
- Акуратність зрізу. Важливо, щоб косарка не зрізала надто низько, щоб не пошкодити точку відростання — це впливає на відновлення травостою. Рекомендована висота зрізу — 6–8 см.
- Рівномірність укусу. Ротаційні косарки формують рівні валки, що зручно для подальшого підбирання та пресування сіна.

Ротаційна косарка призначена для скошування високоврожайних, полеглих трав (врожайність більше 150 ц/га.) на підвищених поступальних швидкостях (9-15 км/год) з вкладанням скошеної трави в покоси. При цьому конструкція косарки повинна задовольняти три основні вимоги: 1) якість зрізу; 2) висота зрізу; 3) мінімальні втрати врожаю.

Конструкція машини забезпечує виконання таких технологічних операцій: зрізання рослин та вкладання їх у покіс.

За машину–аналог візьмемо косарку ротаційну навісну КРН–2.1, технічна характеристика якої наступна:

- продуктивність косарки за час роботи при швидкості трактора 15 км/год–3,15 га/год.;
- ширина захвату–2.1 м;
- потужність на ВВП трактора–17 кВт;
- число обертів ротора–2040 об/хв.;
- число роторів–4;
- число ножів на роторах–2;

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- габаритні розміри з трактором МТЗ–80: довжина–5370 мм; ширина–2400 мм;
- маса косарки без запчастин, інструмента і упаковки 270 ± 17 кг;
- число обертів ВВП трактора–540–560 об/хв.;
- висота зрізання рослин – 6 см;
- кількість обслуговуючого персоналу – 1 тракторист;
- швидкість руху робоча – до 15 км/год;
- швидкість руху транспортна – 16 км/год;
- ширина колій трактора – 1400-1500 мм;
- тракторний просвіт – 280 мм;
- агрегування – трактор класу 0,9 – 1,4 т.

Провівши детальний аналіз конструкції машини–аналога КРН–2,1 встановлено її основні переваги і недоліки в порівнянні з іншими конструкціями косарок.

Переваги:

- а) можливість працювати на поступальних швидкостях практично обмежується швидкістю трактора та умовами роботи тракториста;
- б) простота в технічному обслуговуванні (швидка заміна ножів);
- в) можливість роботи без забивання при будь–якому стані травостою.

Недоліки:

- а) складна кінематична схема приводу робочих органів–роторів, в тому числі–карданний вал, клинопасова передача, конічний редуктор, що понижує експлуатаційну надійність апарату;
- б) великий редуктор циліндричних прямозубих передач з великою металоємністю, що знижує загальний коефіцієнт корисної дії апарату;
- в) складна і металомістка конструкція механізму врівноваження.

В силу цього предметним вивчення та вдосконаленням ротаційної косарки є постановка гідроприводу для роторів ріжучого апарату, що підвищує безпечність та надійність роботи машини та знижує її металомісткість, а також спрощення конструкції врівноважуючого механізму і спрощення приводу роторів ріжучого апарату за рахунок використання паралелограмного приводу роторів.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Розробка технологічної карти вирощування трав

Розроблена технологічна карта вирощування люцерни на сіно на площі 50 га в умовах Лісостепу, з урахуванням використання косарки КРН-2,1, яка забезпечує якісне косіння зеленої маси при першому та наступних укосах, наведена у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Технологічна карта вирощування люцерни на сіно

№	Захід	Термін	Опис	Техніка / агрегат	Обслуга	Норми / Примітки
1	Попередник	—	Озима пшениця / ячмінь	—	—	Кращий попередник
2	Лущення стерні	Вересень	6–8 см	МТЗ-82 + ЛДГ-10	1 тракторист	—
3	Оранка + добрива	Жовтень	25–27 см, з РК	Т-150 + ПЛН-5-35 + РУМ-5	1 тракторист, 1 механік	P ₂ O ₅ – 90 кг/га, K ₂ O – 90 кг/га
4	Культивация	Квітень	10–12 см	МТЗ-82 + КПС-4	1 тракторист	—
5	Боронування	Квітень	Вирівнювання, розпушення	МТЗ-82 + БЗТС-1	1 тракторист	—
6	Сівба люцерни	Квітень–травень	Норма 20 кг/га, глибина 2 см	МТЗ-82 + СЗФ-2.1	1 тракторист, 1 агроном	Насіння – 1 000 кг
7	Коткування	Одразу після сівби	Ущільнення	МТЗ-82 + ЗККШ-6	1 тракторист	—
8	Боронування сходів	Фаза 2–3 листків	Зубовими боронами	МТЗ-82 + борони	1 тракторист	—
9	Хімпрополювання	Травень–червень	Протибур'янові гербіциди	МТЗ-82 + ОПШ-2000	1 тракторист-обприскувачник	—
10	Косіння (КРН-2,1)	Червень (1-й укіс)	Фаза бутонізації	МТЗ-82 + КРН-2,1	1 тракторист	Ширина захвату — 2,1 м. Продуктивність

					Арк
КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ					
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	

№	Захід	Термін	Опис	Техніка / агрегат	Обслуга	Норми / Примітки
						~1,2–1,5 га/год
11	Згрібання сіна	Через 1–2 дні	У валки	МТЗ-82 + ГВК-6	1 тракторист	Вологість 40–50%
12	Пресування сіна	Через 2–3 дні	Тюки	МТЗ-82 + ПТ-165	1 тракторист, 2 вантажники	Вологість ~15%
13	Вивезення сіна	Після тюкування	На скирту	Т-16 + причіп	1 тракторист, 2 вантажники	—
14	2-й, 3-й укоси	Серпень – вересень	Повторне косіння	МТЗ-82 + КРН-2,1	1 тракторист	Через 30–35 днів після попереднього укоси
15	Весняне підживлення (2–4 рік)	Щовесни	Р – 60, К – 60 кг/га	МТЗ-82 + РУМ-5	1 тракторист	За потреби — бор або молібден

Середнє навантаження КРН-2,1: 33–40 мотогодин на 50 га при 3 укосах.

Продуктивність: до 1,5 га/год

Розрахунок витрат:

Витрати ПММ:

- Норма: 55 л/га
- Разом: 2750 л
- Вартість (60 грн/л): 165000.00 грн

Зарплата працівників:

- Середня ЗП: 600 грн/день
- Кількість працівників: 5
- Тривалість робіт: 15 днів
- Разом: 45000.00 грн

Добрива:

- Фосфор (P_2O_5): 4500 кг × 45 грн/кг = 202500.00 грн
- Калій (K_2O): 4500 кг × 35 грн/кг = 157500.00 грн
- Разом: 360000.00 грн

Загальні прямі витрати (орієнтовно): 570000.00 грн

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>				

Додаткові витрати

Насіння люцерни:

- Норма висіву: 20 кг/га
- Всього: 1000 кг
- Вартість (80 грн/кг): 80000.00 грн

Засоби захисту рослин (ЗЗР):

- Гербіциди: 450 грн/га
- Разом: 22500.00 грн

Амортизація техніки:

- Орієнтовно: 300 грн/га
- Разом: 15000.00 грн

Економічний результат

Очікувана урожайність сіна: $7 \text{ т/га} \times 50 \text{ га} = 350 \text{ т}$

Ринкова ціна сіна: 4000 грн/т

Очікуваний дохід: 1400000.00 грн

Загальні витрати: 687500.00 грн

Очікуваний прибуток: 712500.00 грн

2.2 Обґрунтування функціональної схеми

Функціональна схема призначена для пояснення процесів, що проходять в машині, в ній показують усі функціональні частини виробу та зв'язок між цими частинами.

Роторна косарка навішується на задню навіску трактора так, щоб різальна частина була справа від трактора (рис. 2.1). Для переводу у транспортне положення машини передбачена можливість підйому різального бруса у вертикальне положення.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

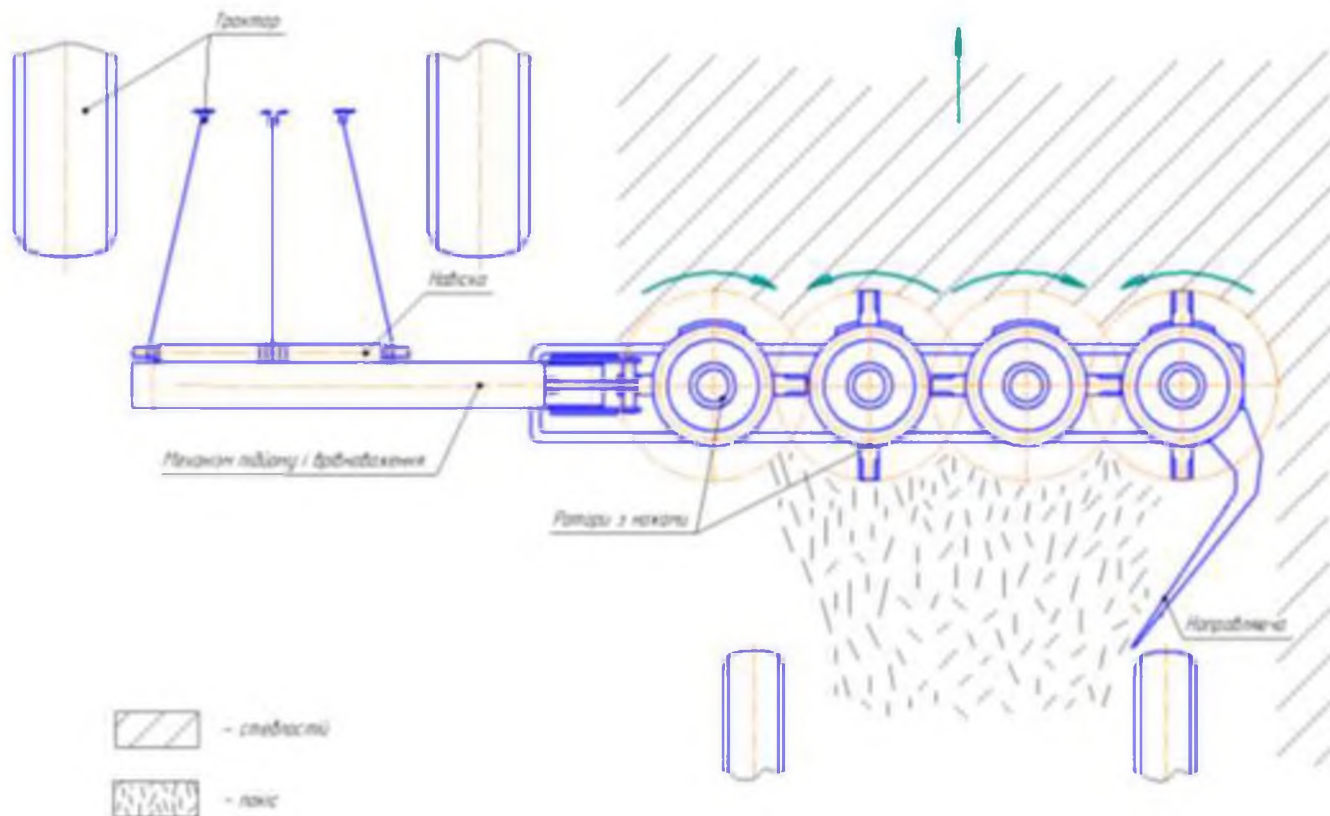


Рисунок 2.1 – Функціональна схема косарки

Як уже зазначалось технологічний процес проходить наступним чином. Скошування стебел здійснюється за допомогою пластинчатих ножів, що шарнірно закріплені на роторах, що обертаються назустріч один одному. Ножі скошують траву за принципом безпідпiрного зрізу, одночасно підхоплюють її та викидають із зони різання, переміщуючи над різальним брусом косарки. Траєкторії руху ножів роторів перекриваються, забезпечуючи цим якісний покis.

Скошена трава вдаряється об щиток польового розподільника, змінює траєкторію руху і вкладається у покis. Тис самим звільняючи місце для проходу коліс трактора для наступного проїзду.

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>				

3 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок

Беремо для розрахунку вихідні дані із технічного завдання :

- ширина захоплення – $B=2,1$ м;
- робоча швидкість машини – $V_m = 15$ км/год = $4,17$ м/с;
- необхідна швидкість ножа для зрізання – $V_p=60$ м/с;
- врожайність зеленої маси $Q = 250$ ц/г.

Визначимо необхідну кількість роторів. З огляду конструкції косарок бачимо, що на косарках встановлюють в основному 2 або 4 ротори, рідше 1 – 3 . На сьогоднішній день уже є в виробництві косарки із 6-ма роторами. Результати досліджень стверджують, що при одній і тій ж ширині захоплення по енергетичних та якісних показниках більше ефективними є косарки із меншим діаметром роторів (0,4 – 0,6), ніж із більшим (0,7 – 0,8), тобто із більшою кількістю роторів. Виходячи із цього для нашої косарки приймаємо кількість роторів $Z = 4$.

Подальший розрахунок будемо проводити за методикою описаною у []
Визначаємо радіус ротора.

Орієнтовний радіус визначаєм за формулою : $r^1 = \frac{B}{2 * Z} = \frac{2.1}{2 * 4} = 0.26 м$

Уточнений радіус вибирається із посиланням на геометричні розрахунки, використовуючи компоувальну схему (рис. 3.1).

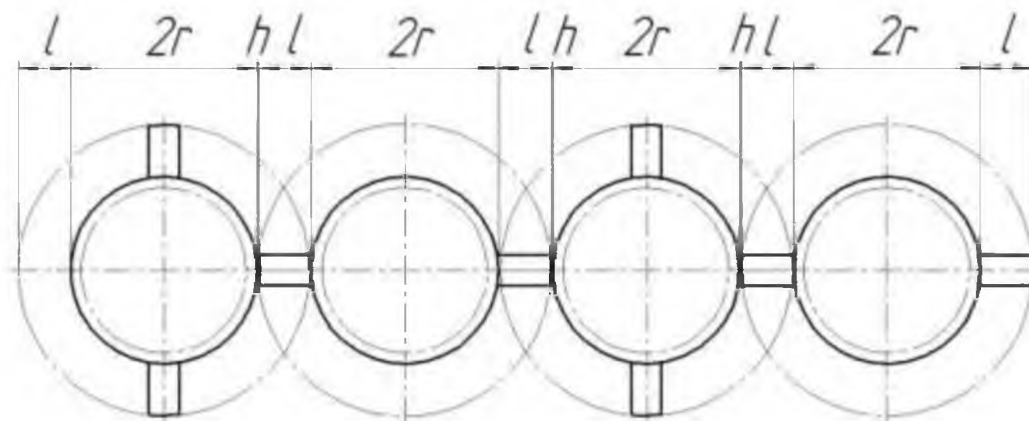


Рисунок - 3.1 Схема до визначення радіуса роторів

$$B=5 \cdot l+3 \cdot h+8 \cdot r$$

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

де l – це довжина робочої частини ножа. Приймаємо $l = 60$ мм;

h – це зазор між краями елемента, який несе ножі, та кінцем ножа. Приймаємо $2h = 20$ мм, $h = 10$ мм.

Із формули (3.1) визначаємо:

$$r = \frac{B - 5 * l - 3 * h}{8} = \frac{2100 - 5 * 60 - 3 * 10}{8} = 221 \text{ мм.}$$

Визначаємо необхідну кутову швидкість ротора W . Встановлено, для того щоб забезпечити безпідпирний зріз рослин, то необхідно виконати таку умову:

$$R \cdot W - V_M \geq V_P, \quad (3.2)$$

де R – радіус ротора від центру підвісу до кінцевої точки ножа

$$R = r + l = 0,221 + 0,06 = 0,281 \text{ м}$$

Із формули (3.2) обчислюємо:

$$W \geq \frac{V_P - V_M}{R} = \frac{60 - 4,17}{0,281} = 198,7 \text{ рад/с.}$$

Відповідна частота обертання ротора визначається за формулою:

$$n = \frac{30 * W}{\pi} = \frac{30 * 198,7}{3,14} = 1897,3 \text{ об./хв.}$$

Приймаємо $n = 1900$ об/хв. Тоді необхідна кутова швидкість ротора буде

$$W = \frac{\pi * n}{30} = \frac{3,14 * 1900}{30} = 199 \text{ рад/с.}$$

Кількість ножів, встановлених на одному роторі визначаємо за формулою:

$$m = \frac{2 * \pi * V_M}{W * l} = \frac{2 * 3,14 * 4,17}{199 * 0,06} = 2,18 \quad (3.3)$$

Приймаємо $m = 2$ шт.

Визначаємо наближений коефіцієнт використання зони різання за формулою:

$$K_{зр} = \frac{F_{зр}}{F_z * z_p},$$

де $F_{зр}$ – площа зрізання при фазі робочого ходу, яка забезпечується за один поворот ротора,

$$F_z * z_p = \frac{V_M * 2 * \pi * 2 * R}{W * m},$$

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ

де $F_{ззр}$ – площа зони зрізання без відрахунків поворотного пробігу ножів:

$$F_{ззр} = \frac{\pi * l(R+r)}{2}$$

Після спрощень отримаємо:

$$K_{зр} = \frac{8 * R * V_M}{W * m * l(R+r)} = \frac{8 * 0,281 * 4,17}{199 * 2 * 0,06(0,281 + 0,221)} = 0,78.$$

Чим більш $K_{зр}$, тим краще вибрані параметри ріжучого апарата. Значення $K_{зр}$ повинно знаходитися в межах 0,5 – 0,8. Це підтверджує, що вибрані нами параметри є раціональними.

Коефіцієнт максимального використання всієї довжини робочої частини ножа визначимо за формулою:

$$K_M = \frac{2 * \pi * V_M}{m * W * l} = \frac{2 * 3,14 * 4,27}{2 * 199 * 0,06} = 0,91 \quad (3.5)$$

Зусилля зрізання одного стебла визначимо за раціональною формулою:

$$P_{зр} = 2,943 * e^{-0,05V_p} * \alpha^{3/2}, \text{ Н} \quad (3.6)$$

де α – діаметр стебла. Приймаємо $\alpha = 4$ мм

$$\text{Тоді } P_{зр} = 2,943 * 1^{-0,05 * 60} * 4^{3/2} = 1,172 \text{ Н}$$

3.2 Визначення потужності на привод різального апарата косарки

Потужність, яка затрачається на зрізання стебел одним ротором визначається за відомою формулою []:

$$N_{зр} = P_{зр} * K^1 * m^1 * V_0, \text{ Вт} \quad (3.7)$$

де $P_{зр}$ – зусилля зрізання одного стебла, Н;

K^1 – кількість стебел, що можуть одночасно зрізатися одним ножом, тобто кількість стебел, що можуть розміститися на робочій частині ножа із врахуванням K_M ;

$$K^1 = \frac{l * K_M}{\alpha} = \frac{60 * 0,91}{4} = 13,65;$$

де m^1 – кількість ножів, які одночасно працюють, $m^1 = 1,5$;

V_0 – колова швидкість кінця ножа, м/с:

$$V_0 = W * R = 199 * 0,281 = 55,9 \text{ м/с}$$

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином потужність, що затрачається на різання стебел одним ротором складе:

$$N_{ЗР} = 1,172 \cdot 13,65 \cdot 1,5 \cdot 55,9 = 211,7 \text{ Вт.}$$

Потужність, що затрачається на відкидання зрізаної маси

$$N_{відк} = \frac{m \cdot V_{відк}}{2},$$

де m – секундна масова подача зрізаної трав'яної маси:

$$m = \alpha^1 \cdot \frac{q}{g},$$

тут α^1 – коефіцієнт, що враховує величину трав'яної маси, яка подається. При врожайності трав'яної маси рівній 200 – 400 ц/га і розрахунку роторної косарки типу КРН – 2,1 приймаємо $\alpha^1=0,6$.

g – прискорення вільного падіння, $g=9,8$ м/с;

q – секундна подача трав'яної маси;

$$q = Q \cdot 2R \cdot V_H, \quad Q=250 \text{ ц/га} = 2,5 \text{ кг/м}^2;$$

$V_{відк}$ – це швидкість з якою відкидається трав'яна маса;

$$V_{відк} = W \cdot \frac{R}{4} \text{ м/с}$$

Так, як стебла відкидаються не тільки ножом, а й елементом, що його тримає. То формула (3.8) набере вигляду :

$$\begin{aligned} N_{відк} &= \frac{\alpha \cdot Q \cdot 5R \cdot V_M \cdot V_{відк}^2}{2g} = \frac{\alpha \cdot Q \cdot R \cdot VM \cdot W^2 \cdot R^2}{16 \cdot g} = \\ &= \frac{0,6 \cdot 2,5 \cdot 0,281 \cdot 4,17 \cdot 199 \cdot 0,281}{16 \cdot 9,8} = 35,1 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Потужність холостого ходу ротора:

$$N_{ХХ} = A \cdot W^3 \quad (3.9)$$

де A – коефіцієнт, який враховує вплив опору повітря та залежний від конфігурації і розмірів диска (для косарок типу КРН–2,1 рівний $A=11,25 \cdot 10^{-6}$).

$$N_{ХХ} = 11,25 \cdot 10^{-6} \cdot 199^3 = 88,7 \text{ Вт}$$

Потужність на роторах складе:

$$N_P = Z(N_{ЗР} + N_{відк} + N_{ХХ}) = 4(211,7 + 1341,6 + 88,7) = 5861,6 \text{ Вт} \quad (3.10)$$

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок гідроприводу

Метою кінематичного розрахунку є визначення необхідної частоти обертання валу гідродвигуна.

Вихідні дані для розрахунків:

1. Необхідна частота обертання роторів: $\Pi_p=1900$ об/хв,
2. Передавальне відношення циліндричних прямозубих передач $i=0,63$;
3. Необхідна частота обертання валу гідродвигуна:

$$\Pi=\Pi_p*i=1900*0,93=1767 \text{ об/хв}$$

Кінематична схема ротаційної косарки з гідроприводом показана у графічній частині.

3.3.1. Розрахунок гідроприводу ротаційної косарки. Вибір машини для приводу.

Провівши детальний аналіз [] існуючих конструкцій гідродвигунів, для приводу робочих органів сільськогосподарських машин, ми зупинимося на аксіально – поршневому гідродвигуні з похилим блоком типу 210.

Визначимо крутний момент, який необхідно прикласти до валу гідродвигуна:

$$M_{кр} = \frac{9,55 * N}{n}, \text{ Нм} \quad (3.11)$$

де N – потужність на валу приводу роторів,

$$N = 5861,6 \text{ Вт};$$

$$n = n_p * \dots = 1900 * 0,75 = 1425 \text{ об/хв}$$

$$\text{тоді } M_{кр} = \frac{9,55 * 5861,6}{1425} = 39,34 \text{ Нм}$$

Визначимо витрату масла за один оберт валу гідроприводу:

$$q = \frac{16,5 M_{кр}}{P} = 40,6 \text{ см}^3/\text{об}. \quad (3.12)$$

Виходячи із технічних характеристик аксіально–поршневих гідродвигунів 210 – 20 – 11.21 В, технічна характеристика якого наступна:

1. Робочий об'єм – $54,8 \text{ см}^3/\text{об}$;
2. Тиск нагнітання: номінальний – 16 МПа, максимальний – 25 МПа;

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Максимальний тиск дренажу – 0,08 МПа;
2. Номінальний крутний момент – 168 Н_М;
3. Частота обертання: номінальна – 1500 об/хв, максимальна – 3150 об/хв, мінімальна – 50 об/хв;
4. Номінальна потужність – 24,7 кВт;
5. Повний к.к.д. – 0,85.

Для приводу гідродвигуна виберемо насос типу НШ–5 –3, для якого:

1. Робочий об'єм – 50,0 см³/об;
2. Тиск нагнітання: номінальний – 14 МПа, максимальний – 16 МПа;
3. Частота обертання валу: мінімальна – 960 об/хв, максимальна – 3150 об/хв, номінальна – 50 об/хв;
4. Об'ємний к.к.д. гідронасоса – не менше 0,92;
5. Номінальна потужність – 23,8 кВт.

Проведемо перевірочний розрахунок гідронасоса.

Визначимо необхідний робочий об'єм насоса:

$$qn = \frac{n}{nn} * \frac{q}{\eta}, \text{ см}^3/\text{об} \quad (3.13)$$

де η - к.к.д. гідропередачі $\eta = 0.8$

$$qn = \frac{1425 * 40,6}{1920 * 0,8} = 37,7 \text{ см}^3/\text{об} < 50,0 \text{ см}^3/\text{об}$$

Продуктивність вибраного насосу:

$$Q = \frac{qn * nn}{103} = \frac{37,7 * 1920}{103} = 72,4 \text{ л/хв} \quad (3.14)$$

Потужність на привід гідронасоса:

$$N = \frac{Q * P}{61,2} = \frac{72,4 * 14}{61,2} = 16,6 \text{ кВт} < 23,8 \text{ кВт.}$$

Отже гідронасос підходить.

Для запуску та зупинки гідродвигуна приймаємо роботу переливку секцій розподільника ГА – 34000 Г – 35, що встановлюється на зернозбиральний та інших комбайнах. Робоча секція без запірних клапанів. При цьому необхідно перевірити секцію на її пропускну здатність (не менше 110 л/хв).

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

У гідроприводі роторів приймаємо запобіжний клапан ГА–33000Г, встановлений у гідросистемі самохідних сільськогосподарських машин. Тиск регулювання – 16 МПа.

Беручи до уваги, що аксіально–поршневі гідродвигуни потребують підвищеної чистоти масла (10 мкл). В гідроприводі роторів ріжучого апарату передбачається встановлення фільтра 1.1.40-10 (ОСТ – 22 – 883 – 75) на зливній лінії .

3.4 Силовий розрахунок вала–хвостовика

Вал–хвостовик призначений для передачі крутного моменту від гідродвигуна до паралелограмного приводу роторів. Одним кінцем він надівається на вал гідродвигуна, а до іншого кріпляться кулачки..

Для встановлення хвостовика вибираємо сталь 45 за ГОСТ 1050–88, для якої границя міцності при розтягуванні $\delta_{\text{тор}}=560$ МПа.

Розрахунок хвостовика будемо проводити за відомою методикою []

Приблизно оцінюємо діаметр вихідного кінця вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{\text{кр}}}{\pi[r]}} \quad (3.15)$$

де $[r] = (0,025 \dots 0,03) \delta_{\text{тор}} = (0,025 \dots 0,03) 560 = 14 \dots 16,9$ МПа –умовно допустима

напряга при крученні, приймаємо $[r] = 14$ МПа. Тоді $d = \sqrt[3]{\frac{16 * 39,34 * 103}{3,14 * 14}} = 24,3$ мм

Приймаємо діаметр кінця хвостовика, на який надіваються кулачки , рівним $d=30$ мм. Кулачки на хвостовику знаходяться на шліцах, а для запобігання осьового зміщення штопоряються кільцем пружинним опорним 30 ГОСТ 13942 – 80. Для цього на кінці хвостовика зроблена канавка. Посередині хвостовика встановлені підшипники, діаметр підшипника беремо рівний 30 мм. Попередньо вибираємо кульові радіальні підшипники середньої серії 306 за ГОСТ 8338 – 75 з параметрами $d * D * B = 30 * 72 * 19$ мм. Між собою підшипники розділені пружинним кільцем товщиною 3 мм. На вихідній частині хвостовика просвердлений отвір і нарізані шліци. Кожен з кулачків передає крутний момент,

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

сила, яку створює кожен з кулачків рівна: $F = \frac{M_{кр}}{3 \cdot r_k} = \frac{39,34}{3 \cdot 0,074} 177,2 \text{ Н}$. Так, як

кулачки утворюють між собою кути 120° , то можна розглянути випадок, навантаження зображений на рис. 3.2.

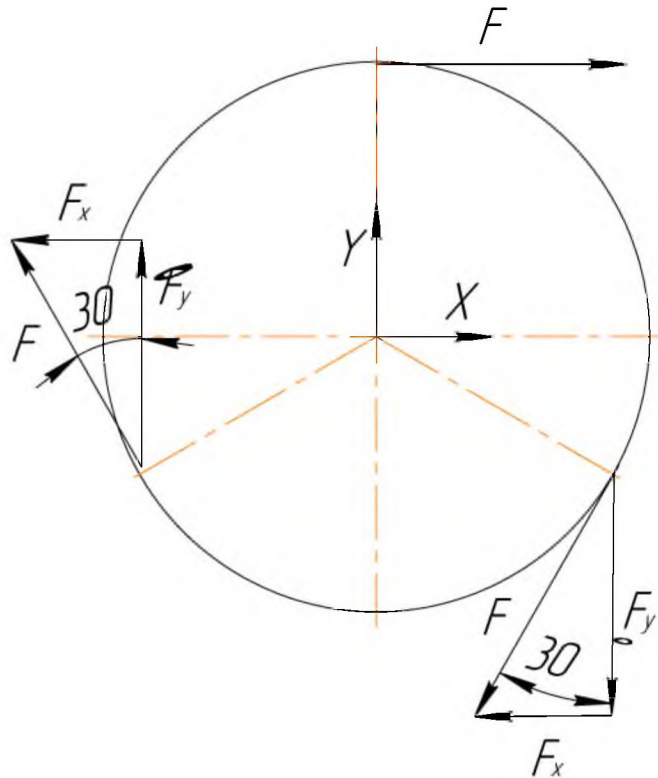


Рисунок 3.2-Проекції сил, що діють на кулачки

З врахуванням попередніх розрахунків і ескізного креслення вала-хвостовика розрахункова схема, зображена на рис. 3.3, буде мати такі значення параметрів $a = 0,022 \text{ м}$, $b = 0,023 \text{ м}$, $c = 0,016 \text{ м}$; $d = 0,016 \text{ м}$; $r = 0,165 \text{ м}$, $F_x = F \cdot \sin 30^\circ = 88,6 \text{ Н}$, $F_y = F \cdot \cos 30^\circ = 153,5 \text{ Н}$.

Розрахуємо опорні реакції.

Вертикальна площина.

$$\sum M_{IA} = 0;$$

$$B_y \cdot a - F_y \cdot (a + b + c) + F_y \cdot (a + b + c + d) = 0$$

звідки

$$B_y = \frac{F_y \cdot (a + b + c) - F_y \cdot (a + b + c + d)}{a} = \frac{-F_y \cdot d}{a} = \frac{-153,5 \cdot 0,016}{0,022} = -111,6 \text{ Н}$$

					Арк
					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	

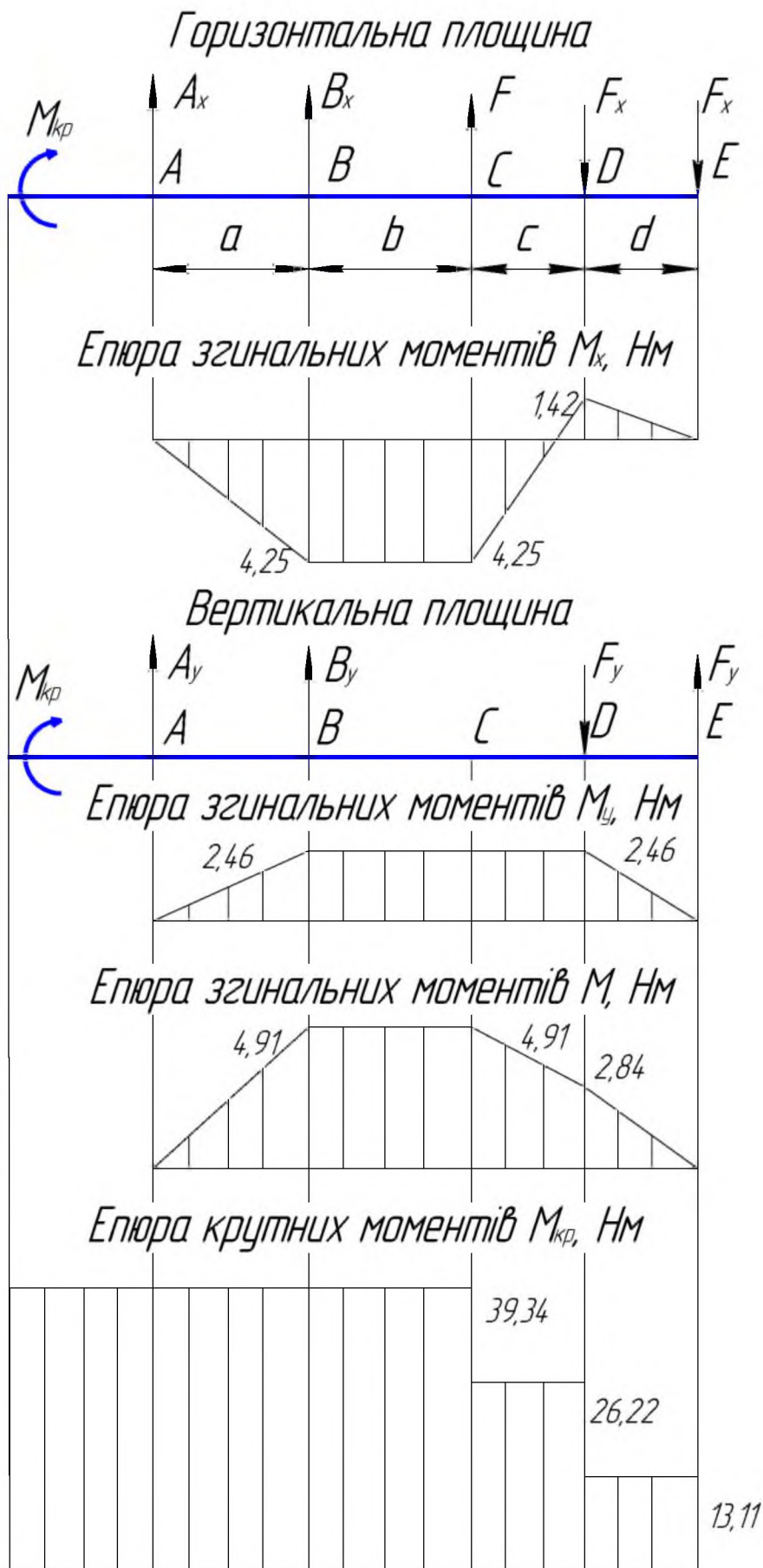


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема вала-хвостовика з епюрами моментів

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum M_{IB} = 0;$$

$$-A_y \cdot a - F_y \cdot (b+c) + F_y \cdot (b+c+d) = 0$$

$$A_y = \frac{F_y \cdot d}{a} = \frac{163,5 \cdot 0,016}{0,022} = 111,6 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum Y = A_y + B_y - F_y + F_y = 111,6 - 111,6 - 153,5 + 153,5 = 0.$$

Знайдемо значення згинальних моментів у характерних січеннях вала і побудуємо епюри згинальних моментів.

Січення А: $M_{Ay} = 0$ Нм.

Січення В: $M_{By} = A_y \cdot a = 111,6 \cdot 0,022 = 2,46$ Нм.

Січення С: $M_{Cy} = A_y \cdot (a+b) + B_y \cdot b = 111,6 \cdot 0,022 = 2,46$ Нм.

Січення D: $M_{Dy} = F_y \cdot d = 153,5 \cdot 0,016 = 2,46$ Нм.

Січення Е: $M_{Ey} = 0$ Нм.

Горизонтальна площина.

$$\sum M_{IA} = 0;$$

$$B_x \cdot a + F \cdot (a+b) - F_x \cdot (a+b+c) - F_x \cdot (a+b+c+d) = 0$$

звідки

$$B_x = \frac{-F \cdot (a+b) + F_x \cdot (2a+2b+2c+d)}{a} = \frac{-177,2 \cdot 0,045 + 88,6 \cdot 0,138}{0,022} = 193,3 \text{ Н.}$$

$$\sum M_{IB} = 0;$$

$$-A_x \cdot a + F \cdot b - F_x \cdot (b+c) - F_y \cdot (b+c+d) = 0$$

$$A_x = \frac{F \cdot b - F_y \cdot (2b+2c+d)}{a} = \frac{177,2 \cdot 0,023 - 88,6 \cdot 0,094}{0,022} = -193,3 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum X = A_x + B_x + F - F_x - F_y = -193,3 + 193,3 + 177,2 - 88,6 - 88,6 = 0.$$

Знайдемо значення згинальних моментів у характерних січеннях вала і побудуємо епюри згинальних моментів.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Січення А: $M_{Ax} = 0$ Нм.

Січення В: $M_{Bx} = A_x \cdot a = -193,3 \cdot 0,022 = -4,25$ Нм.

Січення С: $M_{Cx} = A_x \cdot (a + b) + B_x \cdot b = -193,3 \cdot 0,022 = -4,25$ Нм.

Січення D: $M_{Dx} = F_x \cdot d = 88,6 \cdot 0,016 = 1,42$ Нм.

Січення E: $M_{Ex} = 0$ Нм.

Отже визначимо значення згинальних моментів:

$$M_A = \sqrt{M_{Ax}^2 + M_{Ay}^2} = 0 \text{ Нм.}$$

$$M_B = \sqrt{M_{Bx}^2 + M_{By}^2} = \sqrt{(-4,25)^2 + 2,46^2} = 4,91 \text{ Нм.}$$

$$M_C = \sqrt{M_{Cx}^2 + M_{Cy}^2} = \sqrt{(-4,25)^2 + 2,46^2} = 4,91 \text{ Нм}$$

$$M_D = \sqrt{M_{Dx}^2 + M_{Dy}^2} = \sqrt{1,42^2 + 2,46^2} = 2,84 \text{ Нм.}$$

$$M_E = \sqrt{M_{Ex}^2 + M_{Ey}^2} = 0 \text{ Нм.}$$

Сумарні радіальні реакції в підшипникових опорах:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{(-193,3)^2 + 111,6^2} = 223,2 \text{ Н}$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{193,3^2 + (-111,6)^2} = 223,2 \text{ Н.}$$

З епюру згинальних моментів видно, що небезпечним є січення вала, що співпадає з підшипником в точці В.

Визначимо діаметр вала в небезпечному перерізі точки В за формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot [\sigma]}}$$

де M – зведений момент, який згідно IV теорії міцності визначається за формулою $M = \sqrt{M_B^2 + 0,75 \cdot M_{кр}^2} = \sqrt{4,91^2 + 0,75 \cdot 39,34^2} = 34,42$ Нм.

$[\sigma]$ – границя міцності для сталі 45, $[\sigma]=280$ МПа [7].

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 34,42}{3,14 \cdot 280 \cdot 10^6}} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 17,5 \text{ мм.}$$

З врахуванням можливих перевантажень приймаємо $d=30$ мм.

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

3.5 Розрахунок механізму підйому

Для переводу косарки в транспортне положення необхідно повернути кронштейн, жорстко закріплений на різальному брусі на 90° догори. Піднімання і опускання ріжучої частини буде здійснюватись за допомогою гідроциліндра.

Попередньо розрахуємо гідроциліндр [] із робочим ходом штоку $l = 250$ мм. Для повороту кронштейна зверху над отвором шарнірного кріплення його до рами навіски зробимо отвір для кріплення тягової ланки. Цей отвір знаходиться на осі відхиленій від центральної осі кронштейна на 45° . Тягова ланка шарнірно з'єднана з повзуном, який розрахується у картері рами, і в свою чергу через штангу з'єднаний із штоком гідроциліндра.

Висота розміщення отвору під тягову ланку над отвором кріплення ріжучої частини до рами навіски буде:

$$h = \frac{l}{2 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ)} = \frac{250}{2} > 125 \text{ мм.}$$

На цій самій висоті відносно шарнірного з'єднання знаходиться точка приєднання тягової ланки до повзуна. І, враховуючи, що це кріплення заходиться в центрі симетрії повзуна і картер рами розміщений горизонтально, то на цій же лінії розміщений центр симетрії гідроциліндра.

Визначаємо силу, яку необхідно прикласти штоку гідроциліндра, щоб підняти різальну частину.

Розглянемо випадок, коли ця сила максимальна, тобто на початку підйому, коли ріжучий брус розміщений горизонтально. Вважаємо, що вага ріжучої частини $G = 2000$ Н зосереджена в центрі ріжучого бруса і точки її прикладання

знаходиться на віддалі $l_2 = \frac{B}{2} = \frac{2100}{2} = 1050$ мм від вертикальної осі отвору шарнірного кріплення ріжучої частини до навіски. Тоді, сила, що діє на шток гідроциліндра, визначається з умови рівноваги моментів:

$$R \cdot h_0 = G \cdot l_\gamma,$$

$$R = \frac{G \cdot l_\gamma}{h_0} = \frac{2000 \cdot 1050}{115} = 16800 \text{ Н} \quad (3.16)$$

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

знаючи цю силу за [10] вибираємо гідроциліндр Ц55×250 з такими характеристиками:

- внутрішній діаметр гідроциліндра $D_{ц} = 55$ мм;
- діаметр штоку – $d_{ш} = 30$ мм;
- хід поршня – $l_{п} = 250$ мм;
- тиск номінальний – 10 МПа, максимальний 14 МПа;
- зусилля на штоці при виштовхуванні – 23 кН, втягування – 19 кН;
- маса 12,7 кг.

Максимальну потужність яку потрібно підвести до гідроциліндра визначаємо за формулою [10]:

$$N_{гц} = \frac{Q_{п}}{61,2\eta} \cdot \Delta p, \text{ кВт} \quad (3.17)$$

де $Q_{п}$ – номінальна подача насоса л/хв. Для приводу гідроциліндра беремо гідронасос НШ-32-3, для якого $Q_{п} = 55,6$ л/хв.

η – ККД гідроприводу, $\eta = 0,85$;

Δp – різниця тисків в порожнинах гідроциліндра, МПа.

$$\Delta p = \frac{4R}{0,1\pi(D_{ц}^2 - d_{ш}^2)} \quad (3.18)$$

тут R – величина підйомної сили гідроциліндра, $R = 16,8$ кН.;

$D_{ц}$ – діаметр поршня $D_{ц} = 5,5$;

$d_{ш}$ – діаметр штока, $d_{ш} = 3$ см.

$$\text{Тоді } \Delta p = \frac{4 \cdot 16,8}{0,1 \cdot 3,14(5,5^2 - 3^2)} = 10,07 \text{ МПа і } N_{гц} = \frac{55,6 \cdot 10,07}{61,2 \cdot 0,85} = 10,76 \text{ кВт}$$

Розрахуємо механізм врівноваження що складається із чотирьох пружин, що з певним зусиллям утримують повзун. Це зусилля повинно регулюватись в певних межах в залежності від характеристик травостою. Із вимог до косарки КРН-2,1 [3] відомо, що писк внутрішнього башмака міняється від $R_{в.б} = 300 - 700$ Н, а зовнішнього – $R_{з.б} = 100 - 200$ Н в залежності від густоти і складу трави.

Тобто в нашому випадку зусилля на повзуні буде:

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_n = \frac{(G - (R_{в.б} + R_{з.б})) \cdot l_{пр}}{h_0},$$

Відповідно $R_{n\min} = \frac{2000 - (100 + 300) \cdot 1050}{125} = 13440 \text{ Н}$

та $R_{n\min} = \frac{(2000 - (700 + 200)) \cdot 1050}{125} = 9240 \text{ Н.}$

Відповідно на одну пружину буде діяти сила, що змінюється в межах від

$$\frac{R_{n\min}}{4} = \frac{9240}{4} = 2310 \text{ Н до } \frac{R_{n\max}}{4} = \frac{13440}{4} = 3360 \text{ Н.}$$

Розрахуємо цю пружину за методикою викладеною у [12, т.3 ст. 110].

Знаючи, що характер механізму врівноваження виготовлені із квадратної труби із сторонами 140 мм та товщиною стінок 8 мм зовнішній діаметр пружини не повинен перевищувати 55 мм. Початкова довжина пружини після попереднього ескізного конструювання повинна бути в межах 450-470 мм, а максимальне видовження пружини 100 мм. Хід регулювання $h_p = 30$ мм.

Витривалість в циклах не менше $N = 5 \cdot 10^6$.

За величиною N встановлюємо, що пружина відноситься до І класу. За формулою [12] знаходимо сили, відповідні максимальній деформації.

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - 0,05} \div \frac{P_2}{1 - 0,1}$$

де p_2 – максимальна сила розтягу пружини в нашому випадку $P_2 = 3360 \text{ Н.}$

$$\text{Тоді } P_3 = \frac{3360}{1 - 0,05} \div \frac{3360}{1 - 0,1} = 3536,8 \div 3733,3 \text{ Н.}$$

За табл. 13 [12] вибираємо пружину розтягу І класу, розряду 3 (номер пружини 216), з такими характеристиками: довжина витка $P = 3750 \text{ Н}$; зовнішній діаметр $D = 52 \text{ мм}$; діаметр дроту – $d = 10$, жорсткість одного витка $z_1 = 1350 \text{ Н} \cdot \text{мм}$; найбільший прогин одного витка $f_3 = 2,778 \text{ мм}$.

За даними параметрами визначаємо жорсткість пружини:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h_0} = \frac{3360 - 2310}{30} = 35 \text{ Н/мм}$$

Число робочих витків

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{1350}{35} = 38,6 \approx 39.$$

Визначимо деформації і висоти пружини:

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{2310}{35} = 66 \text{ мм};$$

$$F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{3360}{35} = 96 \text{ мм};$$

$$F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{3750}{35} = 107 \text{ мм}.$$

$$H_0 = (n + 1)d = (39 + 1) \cdot 10 = 400 \text{ мм};$$

$$H_1 = H_0 + F_1 = 400 + 66 = 466 \text{ мм};$$

$$H_2 = H_0 + F_2 = 400 + 96 = 496 \text{ мм};$$

$$H_3 = H_0 + F_3 = 400 + 107 = 507 \text{ мм}.$$

Довжина розгорнутої пружини з врахуванням зачепів:

$$L \approx 3,2D(n + 3) = 2h_{\text{зач}},$$

де $h_{\text{зач}}$ – ширина пройому для зачеплення пружини, в нас $h_{\text{зач}} = 21$ мм, тоді

$$L \approx 3,2 \cdot 52(39 + 3) - 2 \cdot 21 = 6947 \text{ мм}.$$

Маса пружини

$$m_{\text{пр}} = 19,25 \cdot 10^{-6} D \cdot d^2 (n + 2,5) = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot 52 \cdot 10^2 (39 + 2,5) = 4,15 \text{ кг}.$$

Бачимо, що початкова довжина пружини з врахуванням зачепів $H_0 = H_0 + 2(D - 2d) = 400 + 2(52 \cdot 2 - 10) = 464$ мм нам підходить, так як попадає в задані інтервали $450 \div 470$ мм і максимальна робоча деформація $F_2 = 96$ мм < 100 мм, отже ця пружина нам підходить.

Зробимо ще перевірочний розрахунок [12].

$$\text{Жорсткість } z' = \frac{100 \cdot d^4}{D_0^3 \cdot n} = \frac{100 \cdot 10^4}{52^3 \cdot 39} = 35 \text{ Н/мм} = z.$$

$$\text{Напруження } \tau_3 = K \cdot \frac{8p_3 D_0}{\pi \cdot d_3},$$

$$\text{де } K = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} = \frac{0,615}{c}; \quad c = \frac{D_0}{d} = \frac{52}{10} = 5,2; \quad K = \frac{4 \cdot 5,2 - 1}{4 \cdot 5,2 - 4} + \frac{0,615}{5,2} = 1,297.$$

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_3 = 1,297 \cdot \frac{8 \cdot 3750 \cdot 52}{3,14 \cdot 10^3} = 644 \text{ Н/мм.}$$

Допустиме дотичне напруження при крученні для даного класу пружини з дроту 60С2А за ГОСТ14963-69 з твердістю після термообробки HRC4652 за [12] $[\tau_3] = 660 \text{ Н/мм.}$

$\tau_3 = 644 \text{ Н/мм} < [\tau_3] = 660 \text{ Н/мм}$ значить пружина підібрана вірно.

3.6 Розрахунок пружини запобіжного механізму

Запобіжний механізм жорстко кріпиться на рамі навіски косарки і складається з корпусу, в якому встановлені конусний сердечник, пружина, фіксатор та регулювальний гвинт. Детальніше будова та принцип дії запобіжного механізму та його складових описані в пункті 4.

Конусний сердечник входить у конусну втулку врівноважую чого механізму косарки і отримує його в робочому положенні. Коли ріжуча частина косарки наїжджає на перешкоди, то під дією рівнодійної сил опору 3 кН прикладені в центрі ріжучого бруса конусний сердечник повинен вийти із конусної втулки і рама косарки повернеться в шарнірах рами навіски.

З попереднього ескізного компонування схеми косарки ми визначаємо плече прикладання рівнодійної сил опору відносно шарнірного кріплення рами робочої частини. Вони склали 720 мм, а плече прикладання радіальної сили F_2 до конусного сердечника склало 180 мм. З умови рівноваги визначаємо, що

$$F_2 = \frac{720 \cdot 3}{180} = 12 \text{ кН.}$$

Під дією цієї сили конусний сердечник повинен опуститись

і вийти із конусної втулки.

Сердечник утримує пружину і щоб її стиснути потрібно прикласти осьову силу F , яка залежить від F_2 наступним чином [ст..372]

$$F = F_2 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f),$$

де α - кут загострення конуса, $\alpha = 30^\circ$;

ρ - кут тертя в зачепленні, $\rho = 8^\circ$ [];

f - коефіцієнт тертя конусного сердечника об корпус, $f = 0,15$ [].

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді $F = 12 \cdot (\operatorname{tg}(30 - 8) - 0,15) = 3 \text{ кН}$.

Для зменшення габаритів запобіжного механізму візьмемо тарілчасту пружину, розрахунок якої будемо вести за методикою, викладеною у [].

Сила при якій спрацьовує запобіжний механізм, тобто найбільше робоче зусилля пружини $P_2 = F = 3 \text{ кН}$, висота конуса, або осадка пружини $h_2 = 10 \text{ мм}$. Попереднє навантаження пружини $P_1 \cong 0,6 \cdot P_2 = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ кН}$.

За рекомендаціями [] для запобіжних механізмів доцільно вибрати пружину з такими характеристиками $\frac{f_m}{S} = 1,5$, де f_m - найбільший прогин тарілки, а S - товщина тарілки.

За таблицею 14 [] знаходимо пружину з параметрами:

- зовнішній діаметр тарілки $D = 35 \text{ мм}$;
- внутрішній діаметр пружини $d = 15 \text{ мм}$;
- товщина тарілки $S = 1,5 \text{ мм}$;
- ширина контактуючої ділянки $b = 0,6 \text{ мм}$;
- найбільший прогин тарілки $f_m = 1 \text{ мм}$;
- найбільше робоче зусилля при прогинах $f_2 = 0,8 \cdot f_m - P_2 = 3,3 \text{ кН}$ і $f_2 = 0,65 \cdot f_m - P_2 = 2,8 \text{ кН}$;
- вага однієї тарілки $m_T = 0,009 \text{ кг}$.

Прогин F_1 від попереднього навантаження P_1 визначаємо по приблизній залежності від прогину, так як в нашому випадку $\frac{D}{d} = \frac{35}{15} = 2,3 \leq 2,5$.

Замість рішення кубічного рівняння для визначення F_1 простіше побудувати характеристику пружини

$$P = \frac{4,4 \cdot E \cdot S \cdot f}{D^2 \cdot A} \left[(f_m - f) \cdot \left(f_m - \frac{f}{2} \right) + S^2 \right],$$

де E – модуль пружності для сталі 60С2А, $E = 210 \text{ кН/мм}^2$;

A – коефіцієнт значення якого вибирається з графіка рис. 10 [] для $\frac{D}{d} = 2,3$, $A = 0,73$.

$$\begin{aligned} P &= \frac{4,4 \cdot 210 \cdot 1,5 \cdot f}{35^2 \cdot 0,73} \left[(1 - f) \cdot \left(1 - \frac{f}{2} \right) + 1,5^2 \right] = \\ \text{Тоді} &= 1,55 \cdot f \cdot \left[(1 - f) \cdot \left(1 - \frac{f}{2} \right) + 2,25 \right]. \end{aligned}$$

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ

Підстановка в останній вираз значень F_1 рівних 0,2, 0,25, 0,30 і 0,35 мм дає значення Р відповідно 1,54, 1,79 і 2,05 кН, тобто шукане значення $F_1 = 0,3$ мм.

Визначимо кількість тарілок n в пружині, які необхідно встановити послідовно, щоб отримати загальний прогин $f = h_2 = 10$ мм. Приймаємо f_2 , використовуючи лінійну інтеграцію $f_2 = 0,65 + (0,8 - 0,65) \cdot \frac{3 - 2,8}{3,3 - 2,8} = 1,07$. Тоді

хід пружини $\lambda = f_2 - f_1 = 1,07 - 0,3 = 0,77$ мм, а кількість тарілок $n = \frac{h_2}{\lambda} = \frac{10}{0,77} = 12,99 \approx 13$ шт.

Визначимо деформації і висоти пружини:

$$F_1 = f_1 \cdot n = 0,3 \cdot 13 = 3,9 \text{ мм};$$

$$F_2 = f_2 \cdot n = 1,07 \cdot 13 = 13,91 \text{ мм};$$

$$F_m = f_m \cdot n = 1,5 \cdot 13 = 18,5 \text{ мм}.$$

$$H_0 = h_0 \cdot n = 2,5 \cdot 13 = 32,5 \text{ мм};$$

$$H_1 = H_0 - F_1 = 32,5 - 3,9 = 28,6 \text{ мм};$$

$$H_2 = H_0 - F_2 = 32,5 - 13,91 = 18,59 \text{ мм};$$

$$H_m = H_0 - F_m = 32,5 - 18,5 = 14 \text{ мм}.$$

Загальна маса пружин складає:

$$m_n = m_T \cdot n = 0,009 \cdot 13 = 0,117 \text{ кг} = 117 \text{ г}.$$

Перевірковий розрахунок пружини проведемо за методикою, описаною у []. Максимальне нормальне напруження в меридіальному січенні тарілчастої пружини визначаємо за формулою:

$$\sigma_{max} = \frac{4 \cdot E \cdot f_2}{K \cdot D^2} \cdot (f_m \cdot K_0 - f_2 \cdot K_1 + S),$$

де коефіцієнти K , K_0 і K_1 вибираються в залежності від $m = \frac{D}{d} = 2,3$ з графіків рис.

72 []: $K = 0,42$, $K_0 = 0,75$, $K_1 = 0,3$.

Тоді: $\sigma_{max} = \frac{4 \cdot 210 \cdot 1,07}{0,42 \cdot 35^2} \cdot (1,5 \cdot 0,75 - 1,07 \cdot 0,3 + 1,5) = 4,02 \text{ кН} / \text{мм}^2$.

Допустиме нормальне напруження в меридіальному січенні тарілчастих пружин, виготовлених із сталі 60С2А ГОСТ 14963-69 $[\sigma] = 5,6 \text{ кН} / \text{мм}^2$. Тобто $\sigma_{max} < [\sigma]$, і умова міцності виконується.

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

3.7 Енергетичний розрахунок машино-тракторного агрегату

Енергетичний розрахунок МТА для скошування трав полягає у розрахунку коефіцієнта використання потужності двигуна трактора:

$$\eta = \frac{\sum N}{N_e};$$

де $\sum N$ – уся сумарна потужність, яка необхідна для нормальної роботи агрегата, кВт;

N_e – ефективна потужність двигуна трактора, за характеристикою кВт.

Сумарна потужність обчислюється за наступною формулою:

$$\sum N = N_{\text{зар}} + N_e + N_b + N_{\text{тр}} + N_r, \quad (3.18)$$

де $N_{\text{зар}}$ – загальна потужність, яка витрачається на роботу роторів, $N_{\text{зар}} = N_p = 5,86$ кВт;

N_e – потужність, яка витрачена на перекочування агрегата;

N_b – потужність, яка втрачена на буксування;

$N_{\text{тр}}$ – потужність, яка враховує механічні втрати у трансмісії;

N_r – потужність на гаку трактора.

Визначаємо кожну складову формули (3.18).

Потужність, яка враховує механічні втрати у трансмісії трактора:

$$N_{\text{тр}} = (1 - \eta_{\text{тр}}) \cdot N_e, \quad (3.19)$$

де N_e – потужність двигуна вибраного трактора МТЗ–80 ефективна; $N_e = 41$ кВт;

$\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора МТЗ–80: $\eta_{\text{тр}} = 0,8 \dots 0,9$,
приймаємо $\eta_{\text{тр}} = 0,85$.

Звідси $N_{\text{тр}} = (1 - 0,85) \cdot 41 = 6,15$ кВт.

Потужність, яка затрачається на самопересування трактора із косаркою:

$$N_e = \frac{(\delta_{\text{тр}} + \delta_{\text{к}}) \cdot \zeta \cdot V_M}{360}, \text{ кВт} \quad (3.20)$$

де $\delta_{\text{тр}}$ – маса трактора: $\delta_{\text{тр}} = 2750$ кг;

$\delta_{\text{к}}$ – маса косарки: $\delta_{\text{к}} = 400$ кг;

ζ – коефіцієнт протидії коченню агрегату: $\zeta = 0,09$;

V_M – швидкість руху агрегату; V_M ;

Таким чином: $N_\zeta = \frac{(2750 + 400) \cdot 0,09 \cdot 15}{360} = 11,8$ кВт;

Потужність, що затрачається на буксування ведучих коліс:

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_6 = N_e \cdot \eta_e \cdot \delta, \quad (3.21)$$

де δ - коефіцієнт буксування коліс, $\delta = 0,08$.

$$\text{Тоді } N_6 = 41 \cdot 0,95 \cdot 0,08 = 2,8 \text{ кВт.}$$

Потужність, яка затрачається на подолання схилу:

$$N_{\alpha} = \frac{(\delta m p + \delta k) \cdot i \cdot V_M}{360}, \text{ кВт} \quad (3.22)$$

де i – це величина схилу, $i = 0,04$. Звідси

$$N_{\alpha} = \frac{(2750 + 400) \cdot 0,04 \cdot 15}{360} = 5,25 \text{ кВт.}$$

$$\text{Потужність на гаку трактора: } N_r = \frac{P_z \cdot V_M}{360},$$

де P_r - зусилля на гаку трактора Н, $P_r = B \cdot K_1$,

K_1 – питомий опір машини, Н/м; $K_1 = 70$ Н/м (для косарок типу КРН-2,1)

$$\text{Звідси } N_r = \frac{B \cdot R_1 \cdot V_M}{360} = \frac{2,1 \cdot 70 \cdot 15}{360} = 6,1 \text{ кВт.}$$

Уся сумарна потужність: $\Sigma N = 5,86 + 11,8 + 2,8 + 6,15 + 5,25 + 6,1 = 37,96$ кВт

$$\text{Коефіцієнт завантаженості двигуна трактора: } \eta = \frac{37,96}{41} = 0,926.$$

3.8 Обґрунтування гідравлічно–кінематичної схеми

Основна відмінність нашої розробки над серійною косаркою КРН – 2.1 є заміна механічного механізму передачі крутного моменту від ВВП трактора до паралелограмного приводу ріжучого апарату на гідропривід, а також спрощення механізму врівноваження.

Схема розташування і взаємозв'язків гідравлічних і кінематичних ланок наведена на рис. 3.4.

Принцип роботи гідросистеми наступний. Шестеренчастий насос типу НШ – 503, який приводиться від двигуна трактора, нагнітає потік масла до гідромотора 210. 16-1121 В. Гідромотор перетворює гідравлічну енергію потоку масла в механічну і через циліндричну зубчасту прямозубу передачу приводить в рух ротори ріжучого апарату.

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

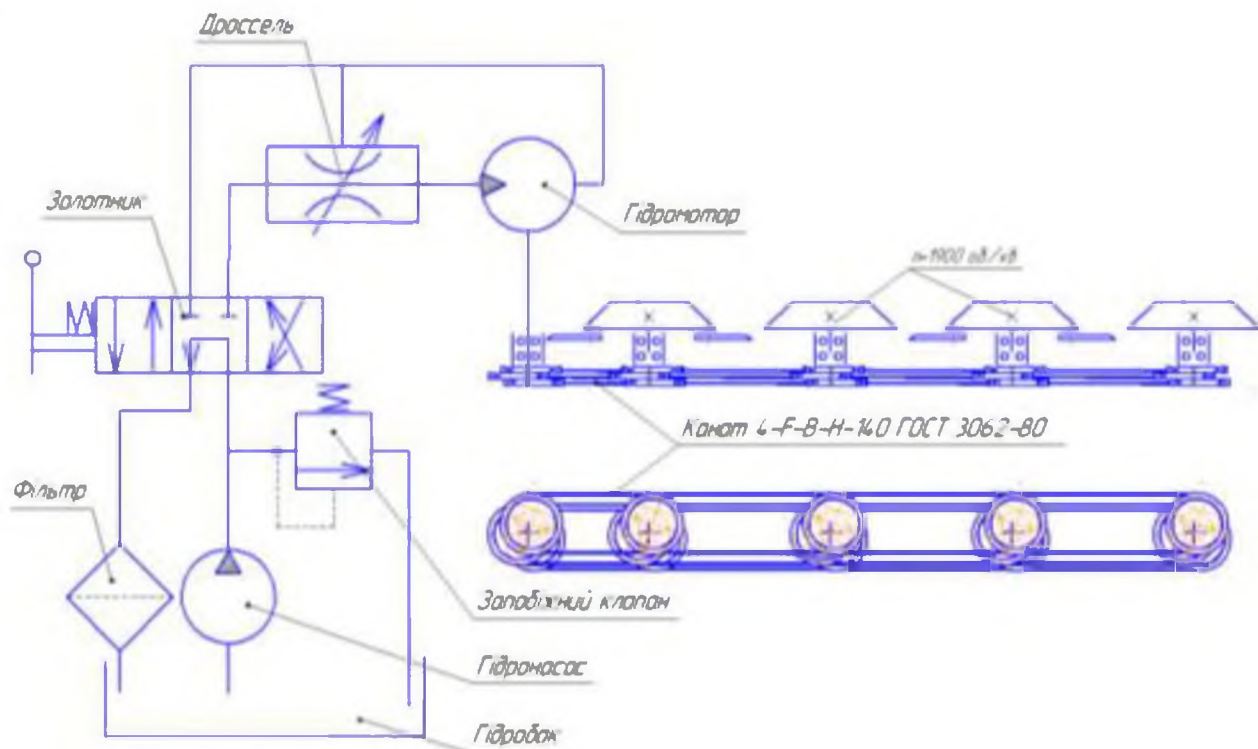


Рисунок 3.4 - Гідравлічно-кінематична схема косарки

Захист гідромотора від перевантаження здійснюється запобіжним клапаном прямої дії ГА 33000 Г, що приєднаний паралельно до нагнітальної магістралі і відрегульований на тиск 16 МПа.

Для вмикання і вимикання гідромотора служить розподільник ГА – 34000 – 35, який в нашому випадку працює тільки у двох режимах: прямому включенні і виключенні. Третє положення, що забезпечує обертання гідромотора в іншу сторону використовувати не потрібно. Для регулювання напору масла, що поступає в гідро двигун перед ним на нагнітальній магістралі встановлюємо регулювальний дросель.

Аксіально-плунжерні гідромотори вимагають високу чистоту масла, тому в гідросистемі на зливній лінії встановлюють фільтр, який би забезпечував чистоту фільтрації до 10 мкм.

Для приводу ріжучих роторів використовується паралелограмний привід. Ведучий вал і кожен з валів роторів має 3 ексцентричних кулачка, насаджених на шліци під кутом 120°. З'єднані всі ексцентрики сталевим тросом діаметром 4 мм, який утворює паралелограмний механізм і передає крутний момент до роторів.

									Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ				

Гідронасос забезпечує обертання вала гідромотора з частотою 1767 об/хв. Далі за рахунок різниці між діаметрами зубчастого колеса хвостовика гідромотора та шестерней роторів забезпечується частота обертання роторів 1900 об/хв..

Відмітимо ще, що до гідросистеми трактора підключається гідро циліндр Ц 55-250 переводу ріжучого механізму у робоче і транспортне положення. До виходу гідро циліндра “підйом” вкручують сповільнюючий клапан, а до виходу “опускання” – сапун.

Сповільнюючий клапан з’єднаний із гідросистемою трактора рукавом високого тиску.

3.9 Обґрунтування принципової схеми

Косарка складається з таких основних конструктивних елементів: рама навіски, механізм врівноваження, ротаційний ріжучий апарат, польовий розподільник, запобіжний механізм, опорна стійка та система приводу.

Нижче коротко розглянуто призначення, будову та принцип дії кожного з вузлів.

1. Рама навіски виконує функцію з’єднання косарки з навісним обладнанням трактора. Є зварною конструкцією з осями для кріплення до нижніх тяг навіски, а у верхній частині — вушками для приєднання до верхньої тяги. На правому нижньому боці передбачено місце для кріплення корпусу запобіжного механізму. Бічні сторони рами мають отвори для шарнірного з’єднання з картером механізму врівноваження. У нижній частині передбачене місце під встановлення опорної стійки.

2. Картер механізму врівноваження виготовляється у вигляді зварної конструкції та шарнірно кріпиться до рами. Він з’єднується з кронштейном ріжучого бруса і виконаний у формі прямокутного жолоба, в якому встановлюються гідроциліндр, пружина, натяжні гвинти та повзун. Верхня частина закрыта кришкою.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення механізму — підтримувати необхідний рівень притискання ріжучого апарату до поверхні ґрунту.

3. Ротаційний ріжучий апарат використовується для скошування травостою. Його основа — корпус бруса з боковими кронштейнами для приєднання до картера механізму врівноваження (з лівого боку), а нижня частина закрита кришкою, на якій закріплені башмаки для контакту з ґрунтом. У верхній частині корпусу розміщені ротори на валах, що обертаються в підшипникових опорах. На іншому кінці вала під кутом 120° встановлено три ексцентричні кулачки, з'єднані сталевим тросом ($\varnothing 4$ мм), який утворює паралелограмний привід і забезпечує передачу обертального моменту до роторів. Привід роторів здійснюється від гідромотора, встановленого між кронштейнами бруса, через хвостовик і зубчасте колесо.

Для підняття ріжучого апарату в кронштейнах передбачені отвори для кріплення тяги, яка з'єднує їх із повзуном механізму врівноваження.

4. Польовий розподільник виконує функцію відділення скошеної маси від ще нескошеної частини травостою. Складається з кронштейна, закріпленого на кінці ріжучого бруса, та польового щитка, що встановлений під певним кутом до напрямку руху агрегату. Кут нахилу регулюється пружиною і натяжним болтом, що дозволяє змінювати напрямок скошеної маси на певну відстань від основного потоку. Пружина забезпечує гнучкість щитка при перевантаженнях, дозволяючи йому відхилитись назад і повертатись у вихідне положення.

5. Запобіжний механізм призначений для запобігання пошкодженню ріжучого апарату у разі зіткнення з перешкодами. Складається з корпусу, всередині якого розміщено пружину з регульовальним гвинтом та конусний вал. Останній входить у відповідну втулку на картері механізму врівноваження. При зіткненні ріжучого апарату з перешкодою зусилля пружини долається, вал виходить із зачеплення, і весь механізм повертається у шарнірі назад, запобігаючи пошкодженням. Після усунення перешкоди ріжучий апарат повертається у робоче положення заднім ходом трактора.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Опорна стійка забезпечує зручність під час приєднання косарки до трактора. Складається з трубчастого елемента з отворами, які дозволяють фіксувати раму на потрібній висоті за допомогою поперечного пальця. Після навішування косарки стійка підіймається догори і фіксується у транспортному положенні.

7. Гідропривід здійснює передачу обертального моменту від трактора до роторів ріжучого механізму. Його конструкція докладно описана у підрозділі 3.2.

3.10 Розробка конструкції збірних одиниць і деталей

У межах цієї роботи розроблено конструкцію паралелограмного приводу ріжучих дисків, який розміщується в картері ріжучого бруса косарки. Картер має конструкцію, що складається з верхньої та нижньої кришок, з'єднаних між собою болтами. У верхній частині картера виконано п'ять отворів, у яких встановлюються два радіальні кулькові підшипники — один для хвостовика, інші — для валів ріжучих дисків.

Кулачки кріпляться до хвостовика і валів знизу за допомогою шліцьового з'єднання, причому встановлюються з кутовим зміщенням 120° . Для фіксації підшипників у корпусах передбачені канавки під стопорні кільця: верхній підшипник утримується за зовнішню обойму, а нижній — фіксується через втулку й кулачки за внутрішнє кільце за допомогою стопорного кільця. Використання саме таких елементів обумовлено обмеженням простором у картері, де неможливе застосування стандартних фіксаторів, як-от болтів, шплінтів чи гайок.

На зовнішній частині верхньої кришки, поблизу підшипникового вузла хвостовика, приварено дві пластини з трьома отворами, призначеними для кріплення кронштейнів. Ці кронштейни забезпечують з'єднання роторного бруса з картером механізму врівноваження та виконують функцію кріплення гідромотора.

На кулачках ведучого та ведених валів змонтовані підшипники, які розміщені в обоймах. Обойми ведучого вала мають два симетричні вуха для

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

монтажу натяжних гвинтів, що забезпечують регулювання натягу троса. Обойми ведених валів охоплюються сталевим тросом, для запобігання його сходженню під час роботи обойми обладнані ребордами.

Інші елементи конструкції уніфіковані з типовою косаркою КРН-2.1 і тому не описуються окремо в цій роботі.

Підшипники змащуються через спеціально передбачені отвори. У роликах натяжного механізму застосовуються закриті голчасті підшипники. Усі обертові вузли захищені від потрапляння сторонніх предметів, а різьбові з'єднання укомплектовані пружинними шайбами, що перешкоджають їх самовільному розкручуванню.

Посадки підшипників на хвостовику й валах виконуються за допуском п6, а посадки в корпусах підшипників — за Н7.

Всі деталі, які входять до складу розробленого вузла, виготовляються із серійно доступного сортаменту. При виборі форми та методів обробки надано перевагу тим, що не вимагають використання високоточних верстатів або праці висококваліфікованого персоналу, що дозволяє знизити собівартість виготовлення.

Найбільш технологічно складним елементом конструкції є хвостовик, який містить внутрішню зону шліцьового з'єднання, зубчасті шківни та ролики. Через складність виготовлення в умовах ремонтних майстерень або звичайних заводів його доцільно виготовляти на спеціалізованому підприємстві.

Корпуси підшипників можуть бути виготовлені шляхом лиття з чавуну, обробки заготовок зі сталі або за допомогою гарячого штампування. Вали виробляються зі сталі марки 45 відповідно до ГОСТ 1050–88. Решта деталей виготовляється з недорогої вуглецевої сталі звичайної якості — Ст3 за ГОСТ 380–88 — із прокату відповідного діаметра.

Технічні вимоги до розроблюваного вузла і деталей вписані на їх кресленнях, тому в пояснювальній записці вони не деталізуються.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Аналіз об'єкту проектування з позиції його безпеки та шкоди для виробничого та природного середовища

Ротаційна косарка оснащена великою кількістю обертових елементів, які працюють на високих швидкостях. Конструкція передбачає переведення агрегату з транспортного положення у робоче, що потенційно може спричинити виникнення небезпечних ситуацій та виробничого травматизму. У зв'язку з цим експлуатація машини вимагає підвищеної обережності. Роботи дозволяється проводити лише на технічно справному обладнанні, яке укомплектоване відповідними огороженнями та захисними кожухами.

З метою підвищення безпечності конструкції, у запропонованому варіанті косарки передбачена заміна традиційних приводних елементів (карданного вала, клинопасової передачі та конічного редуктора) на гідравлічний привід. Таке технічне рішення усуває загрозу травмування під час передачі обертального моменту від трактора до робочих органів агрегату. До того ж, значно спрощено конструкцію механізму врівноваження: гідроциліндр разом із механізмом розміщені в спеціальному захищеному жолобі, що зменшує ймовірність контакту з рухомими частинами.

Косарка встановлюється на задню навіску трактора і обслуговується одним механізатором. Тому важливо, щоб кабіна трактора та весь агрегат відповідали чинним стандартам безпеки — зокрема ГОСТу 12.2.002–81 «Сільськогосподарська техніка. Методи оцінювання безпечності» та «Єдиним вимогам до умов праці». Важливим фактором є забезпечення комфортного мікроклімату в кабіні: допустимий рівень шуму — до 85 дБ, температурний режим — 14–28 °С, вологість повітря — в межах 40–60 %, допустимий рівень пилу — до 1 мг/м³, а концентрація вуглекислого газу — не більше 20 мг/м³.

Для досягнення оптимального мікроклімату необхідно:

- вдосконалювати техпроцеси з мінімізацією пиловиділення;
- забезпечити повну герметизацію кабіни;

					КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановити ефективні вентиляційні системи та кондиціонери.

Окрему загрозу для здоров'я працівника становить вібраційний вплив. Щоб знизити його негативні наслідки, необхідно реалізувати такі заходи:

- застосування дистанційних систем управління для ізоляції оператора від джерел вібрації;
- використання пружинних, гумових або гідравлічних амортизаторів;
- ізоляція вібраційних зон за допомогою спеціальних матеріалів;
- використання демпферів і динамічних гасників коливань.

Для зменшення шуму від вихлопної системи дизельного двигуна з мінімальними втратами потужності доцільно встановлювати реактивні комбіновані глушники. Для зниження шумового навантаження в кабіні передбачено використання звукопоглинаючих панелей, ізоляцію кабінки та моторного відсіку за допомогою гумових вставок, а також герметизацію з'єднань і дверей. Сидіння має бути регульованим, щоб забезпечити комфортну посадку й ергономічність робочого місця.

4.2 Нормативні вимоги безпеки

Конструкція сільськогосподарської машини повинна відповідати чинним стандартам безпеки, зокрема вимогам ГОСТ 12.003–74, ГОСТ 12.1.004–85. Згідно з ГОСТ 12.2.019–86 і санітарними нормами № 4282–87, тракторний агрегат має бути оснащений необхідними елементами безпеки: фарами, покажчиками поворотів, габаритними вогнями, звуковими сигналами, зручними підніжками та поручнями, аптечкою, термосом для води, вогнегасниками.

Вага, що припадає на керовані колеса, повинна становити не менше 20 % від експлуатаційної маси агрегату. Рівень зовнішнього шуму, який створює машина, не повинен перевищувати 80 дБ.

Підніжки тракторів монтуються на висоті 400 мм від землі. Їхня ширина має бути не менше 150 мм для однієї ноги або 300 мм для двох. Конструкція агрегату повинна запобігати самовільному вмиканню або вимиканню передач і приводів.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Органи керування повинні бути зручними, не обмежувати рух оператора, а контактні поверхні елементів керування — мати низьку теплопровідність (не більш як 0,2 Вт/(м·К)). Хід ножних педалей не повинен перевищувати 200 мм, а зусилля має бути в межах: зчеплення — 120 Н, гальмо — 200 Н, перемикання передач — 60 Н, вмикання ВОМ — 160 Н.

Висота розміщення технічних елементів — горловин, акумуляторів, інструментальних ящиків — не повинна перевищувати 1,4 м.

Переміщення по території господарства має здійснюватися за попередньо складеними технологічними маршрутами. Швидкість агрегату на дорогах — до 20 км/год, у виробничих приміщеннях — до 2 км/год.

4.3 Проект інструкції з техніки безпеки при роботі на ротаційній косарці

4.3.1 Загальні вимоги до безпеки праці

Конструкція кожної одиниці сільськогосподарської техніки повинна відповідати положенням, визначеним у «Єдиних вимогах до умов праці».

Машини, що використовуються для збирання сухих, легкозаймистих культур — таких як зернові та трави — мають бути укомплектовані первинними засобами пожежогасіння, зокрема вогнегасниками.

Усі обертові та рухомі вузли повинні бути закриті захисними кожухами або щитками, які забезпечують безпечні умови експлуатації.

Під час роботи з ротаційною косаркою заборонено:

- встановлювати додаткові сидіння на трактори або машини, якщо це не передбачено їх конструкцією;
- використовувати замість прозорого скла інші матеріали, що не забезпечують належну видимість.

До конструкції кабіни тракторів висуваються наступні вимоги:

- лобове, заднє та бокове скло повинно бути без тріщин і затемнень, які обмежують огляд;
- бокові вікна мають легко відкриватися та фіксуватися у визначеному положенні;
- склоочисники повинні справно працювати та ефективно очищати поверхню скла;

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- елементи керування повинні надійно фіксуватись у заданих положеннях;
- підлога кабіни має бути покрита гумовими килимками;
- замки дверей повинні бути справними та запобігати самовільному відкриванню під час руху машини.

Причіпне обладнання у гідравлічній системі повинно перебувати у справному стані. Усі з'єднувальні отвори у навісному механізмі косарки мають зберігати правильну геометрію (не допускати овальної форми). З'єднання шлангів гідросистеми повинні бути герметичними й надійно фіксованими, без протікань мастила.

Кожен трактор повинен бути оснащений медичною аптечкою. На захисних елементах та поблизу вузлів, які несуть потенційну загрозу для працівника, мають бути розміщені відповідні попереджувальні написи.

У процесі організації роботи машинно-тракторного агрегату необхідно передбачити заходи, що забезпечують безпеку для обслуговуючого персоналу. Підготовка поля повинна бути завершена до початку робіт. Застосування техніки на необроблених або неочищених ділянках заборонено.

4.3.2 Вимоги безпеки перед початком виконання робіт

Перед початком роботи тракторист зобов'язаний ознайомитися з інструкцією з охорони праці та пройти відповідний інструктаж з техніки безпеки. Перш ніж розпочати експлуатацію агрегату, необхідно переконатися у його технічній справності та відповідності нормативним вимогам.

Перед запуском косарки слід перевірити надійність кріплення захисних кожухів, аби запобігти їх мимовільному зсуву під час роботи. Обов'язково перевіряється фіксація роторів, наявність стопорних шайб на валах, а також відсутність сторонніх предметів під роторами — у разі їх виявлення вони мають бути видалені. Додатково перевіряється стан і кріплення огорожень роторного блоку.

Технічну справність агрегату слід оцінювати за допомогою випробування на холостому ході.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час огляду технічного стану слід особливо уважно перевіряти справність системи рульового керування, гальм, захисних кожухів і елементів безпеки.

Забороняється працювати в довгому одязі з вільними елементами, які можуть зачепитися за рухомі частини. Рукави та штанини мають бути щільно прилягаючими або зафіксованими; рекомендовано використовувати спеціальний комбінезон.

Поле, призначене для виконання робіт, повинно бути заздалегідь підготовлене. Це включає маркування поворотних смуг, контрольних борозен поблизу ярів чи небезпечних ділянок, а також облаштування місць для стоянки техніки та зон відпочинку працівників.

4.3.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Під час проведення випробувань, запуску та роботи ротаційної косарки присутність сторонніх осіб на відстані меншій ніж 50 метрів від агрегату заборонена. У випадках, коли ріжучий апарат нахилений уперед більше ніж на 30°, ця безпечна зона збільшується до 90–100 метрів — якщо нахил досягає 70°.

Кожні чотири години експлуатації необхідно перевіряти кріплення захисних кожухів ріжучого механізму. Заміна ножів допускається лише після надійної фіксації ротора через спеціальні отвори в його пальцевій частині.

У разі запиленості повітря в зоні роботи тракториста двері кабіни мають бути щільно зачиненими.

Експлуатація агрегату без захисного огороження роторів на кам'янистих або сильно засмічених ділянках категорично забороняється.

Здійснювати огляд або усунення несправностей косарки дозволено тільки після повного вимкнення гідронасоса.

Під час транспортування косарки автомобільними дорогами всі виступаючі частини машини, що виходять за межі габаритів транспортного засобу, повинні бути позначені сигнальними прапорцями.

Заборонено переміщення трактора з косаркою, якщо ріжучий апарат не встановлено та не зафіксовано у вертикальному положенні.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3.4 Вимоги безпеки після завершення роботи

Після закінчення роботи категорично забороняється проводити огляд машини або трактора за допомогою відкритого полум'я (факелів), розпалювати багаття поблизу агрегату, а також зливати пальне чи мастило, якщо двигун не зупинено.

Очистку та регулювання робочих органів дозволено проводити виключно після повної зупинки силового агрегату.

Під час ремонтних робіт або інших операцій, що виконуються під трактором, під його колеса необхідно встановити противідкатні упори (башмаки). Якщо косарка залишена навішеною на трактор, її слід додатково закріпити за допомогою опор або підставок типу "козли". Знята з трактора косарка також має бути надійно підперта, щоб уникнути її падіння та травмування персоналу.

При виконанні ремонтних або регулювальних робіт необхідно дотримуватись наступних вимог:

- використовувати тільки справні інструменти;
- при монтажно-демонтажних операціях застосовувати гайкові ключі відповідного розміру;
- не допустимо підкладати прокладки у головку ключа чи подовжувати його важіль;
- заборонено бити по ключу молотком;
- демонтаж і встановлення пружин слід здійснювати за допомогою спеціалізованих знімачів.

4.3.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виникнення несправностей робота агрегату повинна бути негайно зупинена до повного усунення проблеми. Під час ремонтних робіт обов'язковим є вимкнення двигуна трактора.

У випадку загоряння забороняється гасити палаюче пальне або мастило водою. Необхідно використовувати вогнегасники, пісок, землю або інші придатні для цього вогнегасні засоби.

Наявність медичної аптечки на машині є обов'язковою умовою безпечної експлуатації.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Виявлення небезпеки при роботі з косаркою

Небезпечні умови	Небезпечні дії	Небезпечна ситуація, можливі наслідки	Міри по усуненню небезпеки
1. Приєднання косарки до трактора не відповідає вимогам безпеки.	Приєднання косарки до трактора з допомогою підсобного пристрою.	Можливий наїзд на людину, травма.	Використовувати авто зачіпку для безпечного приєднання косарки до трактора.
2. Забивання ріжучого апарата косарки.	Очищення ріжучого апарата вручну.	Попадання руки в ріжучий апарат, поріз руки, травма.	Розробити пристрій для очищення ріжучого апарату.
3. Не має загорожі на кабіні трактора.	Робота агрегату при попаданні стороннього предмета в ріжучий апарат.	Виліт стороннього предмету, розрив кожуха і попадання його частини в механізатора, травма.	Розробити захисну огорожу на кабіні трактора.
4. Відсутність упору під косаркою.	Постановка машини на зберігання.	Падіння косарки на людину, травма.	Слідкувати за справністю і наявністю стоянки та правильністю постановки та зберігання

4.4 Засоби пожежної безпеки при роботі на косарці

Особливу увагу слід приділити пожежам, що виникають у процесі експлуатації та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Серед основних джерел загоряння виокремлюють такі причини:

- а) поява іскор, що виходять із вихлопної системи двигуна, зокрема через несправності ущільнювальних елементів колектора чи самої вихлопної труби;
- б) утворення іскор внаслідок порушень у роботі електричних систем;
- в) нагрівання поверхонь, які рухаються одна відносно одної, внаслідок тертя, особливо за умов недостатнього змащування;

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

г) недотримання правил пожежної безпеки, зокрема необережне поводження з відкритим вогнем, недогашені багаття або залишені недопалки.

Для забезпечення пожежної безпеки під час роботи з ротаційною косаркою необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Перед початком експлуатації агрегату та під час технологічних перерв обов'язково слід перевіряти справність електрообладнання і герметичність паливної системи.

2. Під час змащення не допускається пролив мастильних матеріалів на елементи машини; також слід усувати можливі витoki через стики та з'єднання.

3. У зоні паливозаправних пунктів заборонено палити або використовувати відкритий вогонь. Під час заправки агрегату в польових умовах операцію необхідно здійснювати при вимкненому двигуні, на безпечній відстані не менше 30 метрів від джерел займання.

4. При запуску двигуна та в процесі польових робіт застосування відкритого вогню суворо заборонено. Двигун слід регулярно очищувати від пилу і забруднень — не менше двох разів протягом робочої зміни. Також важливо контролювати, щоб елементи косарки, які обертаються, не стикалися з іншими рухомими частинами машини.

Кожен трактор повинен бути оснащений вогнегасником типу ОУ-5, лопатою та брезентом розміром 2×2 м. Додатково на машині встановлюється іскрогасник.

Щороку, перед початком польового сезону, усі механізатори зобов'язані пройти інструктаж з пожежної безпеки, ознайомитись із видами та правилами користування засобами гасіння вогню, а також забезпечити їх справність та доступність під час роботи.

4.5 Охорона довкілля

Сільськогосподарські машини мають функціонувати без негативного впливу на довкілля, зокрема без забруднення шкідливими викидами. Матеріали, що використовуються у виробництві такої техніки, повинні бути екологічно безпечними та не становити загрози для здоров'я людини.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою зниження рівня атмосферного забруднення трактори повинні бути обладнані системами виявлення шкідливих речовин у повітрі, а також пристроями для нейтралізації небезпечних викидів. На вихлопних трубах слід встановлювати фільтрувальні елементи, які забезпечують очищення відпрацьованих газів.

Щоб запобігти забрудненню ґрунтів, необхідно регулярно проводити зовнішній огляд техніки для виявлення можливих витоків технічних рідин — мастила, пального, електроліту або гальмівної рідини.

Шини тракторів і комбайнів мають відповідати державним стандартам (ГОСТ) і не повинні створювати тиску на ґрунт, який перевищує допустимі нормативні межі, щоб уникнути ущільнення ґрунту та порушення його структури.

Використання агротехніки під час польових робіт може призводити до загибелі окремих видів диких тварин і птахів. Зокрема, випадки наїзду на фауну трапляються під час збирання врожаю. Для запобігання цьому техніку рекомендується оснащувати спеціальними сигналізуючими пристроями — звуковими, світловими або комбінованими — які дозволяють тваринам своєчасно залишити зону роботи агрегату.

Окрім того, стічні води з ремонтних приміщень, у яких обслуговується сільськогосподарська техніка, можуть потрапляти до природних водойм, що знаходяться поруч. Для уникнення такого забруднення слід передбачати системи очищення, зокрема відстійники та очисні установки.

Зменшенню впливу аграрного виробництва на навколишнє середовище сприяє також раціональне розміщення посівів технічних культур — наприклад, льону. Посівні площі варто розміщувати у визначених перспективних зонах поза межами житлової забудови, автомобільних шляхів та промислових об'єктів, із дотриманням вимог щодо санітарно-захисних зон.

Правильне налаштування обладнання, дотримання режимів експлуатації тракторного агрегату та наявність фільтрів очищення на вихлопних системах сприяє істотному зниженню рівня викидів у атмосферу.

У результаті дотримання вищезазначених вимог експлуатація косарки відбуватиметься без шкоди для довкілля і людини.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто переваги вирощування люцерни на сіно, особливості вирощування та аналіз сучасних технологій вирощування люцерни на сіно, особливості використання ротаційних косарок

2. Розроблено технологічну карту вирощування люцерни на сіно. Побудована функціональна схема машини.

3. Приведено обґрунтування параметрів косарки та її розроблюваного вузла - паралелограмного приводу роторів. Наведено технологічний розрахунок, визначено потужність на привод роторів різального апарату, яка склала 5,9 кВт. Виконано розрахунок гідроприводу, розрахунок паралелограмного приводу роторів, розрахунок врівноважувача, розрахунок пружини запобіжного механізму та енергетичний розрахунок агрегату для скошування трав.

4. Побудовані гідравлічна та принципова схема машини. Розроблено також конструкції збірних одиниць і деталей паралелограмного приводу роторів.

5. Розглянути питання охорони праці та довкілля при скошуванні трав згідно запропонованої технології.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Багаторічні трави в інтенсивному кормовиробництві. Під ред. Б.С.Зінченка, к.: Урожай, 1991. 189 с.
2. Вихідні дані, технічні характеристики машин та умови їх використання / Кондратюк Д.Г., Холодюк О.В., Григоришен В.М.; Вінницький нац. агр. ун-т. – Вінниця, 2015. – 40 с.
3. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с.
4. Довідник сільського інженера./ В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець К.: Урожай 1991.- 400 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1). Машини для заготівлі кормів. – Х.: Око, 2003. – 360 с.
6. Кальбус Г.Л. Гидропровод и навесные устройства тракторов в вопросах и ответах. К.: Урожай, 1990. – 216 с.
7. Кваліфікаційна робота бакалавра [Текст] : методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Агроінженерія» галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 208 Агроінженерія денної та заочної форм навчання / уклад. С.Ф. Юхимчук, Р.В. Кірчук, Л.Ю. Забродоцька. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 40 с
8. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л.Заблоцька Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
9. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин: Підручник: Друге видання. – К.: Кондор, 2008. – 584 с.
10. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. –К.: Грамота, 2007.- 360 с.

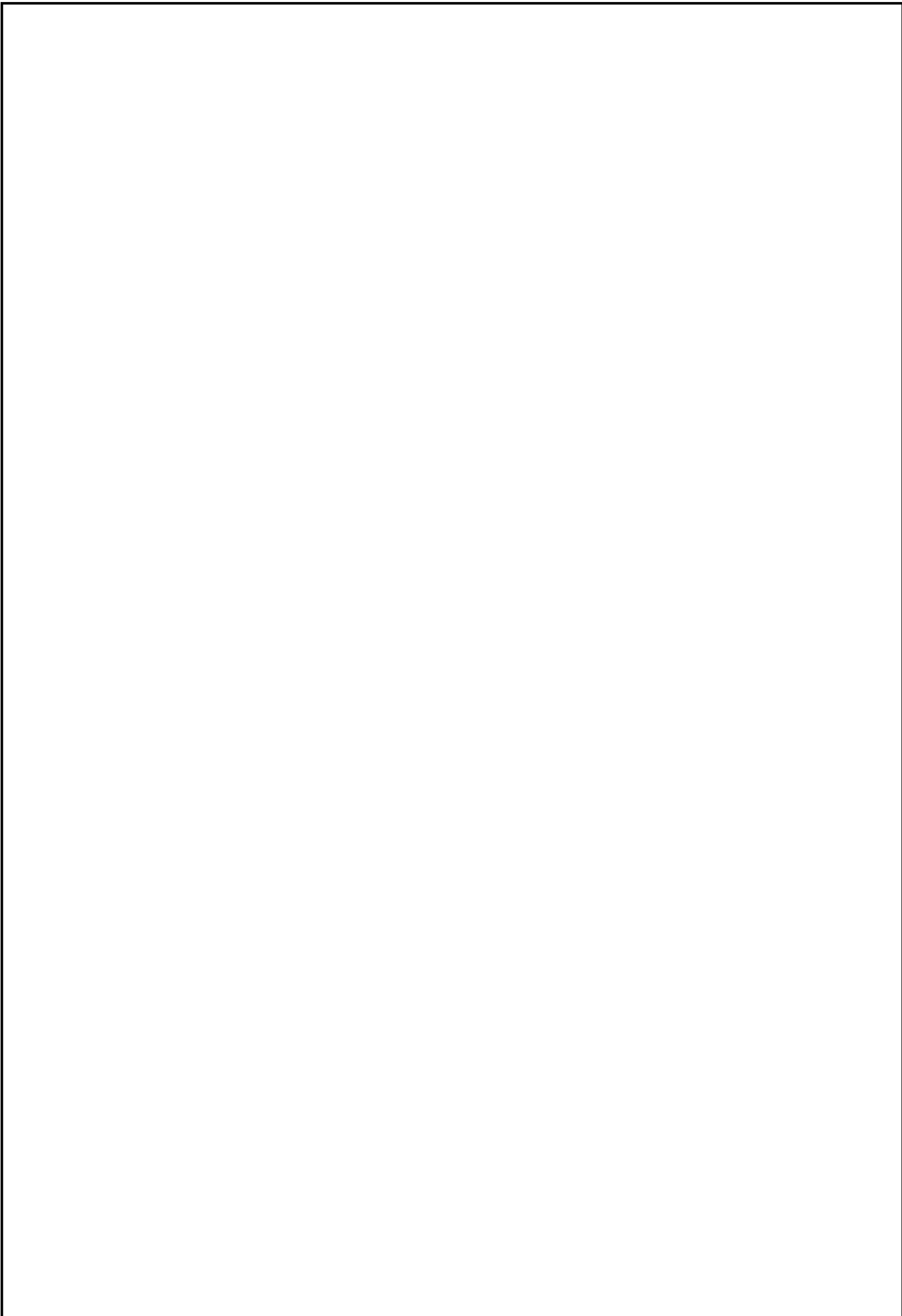
					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- 11.Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/
А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко,
А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний
університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
- 12.Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч.посібник. /
І.І. Ріпка, Я.В. Семен, О.М. Крупич, І.М. Бендера, А.В. Рудь –Львів: ЛНАУ,
2013 . –224 с.
- 13.Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування
сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполтак Т.Є.,
Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.
- 14.Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві//
Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня
2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21
вересня 2018 р. за № 1090/32542.
- 15.Розрахунок і конструювання валів редукторів. Навчально – методичний
посібник / В.А. Кралін, Д.М. Коновалюк. – Луцьк ЛП, 1991 – 96 с.
- 16.Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур:
монографія /Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред.
Л.М. Тіщенка /Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Харків:
ХНТУСГ, 2015. – 273 с.
- 17.Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування сільськогосподарських
машин.- К.: Н.М.К.В.О., 1992.- 319 с.

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



					<i>КАІ.КРН.00.00.0000 ПЗ</i>	Арк
Вим	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КАІ.КРН.00.00.0000ПЗ	Пояснювальна записка	1	
			КАІ.КРН.00.00.000003	Косарка	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		7	КАІ.КРН.01.00.0000ОСК	Різальний апарат	1	
		1	КАІ.КРН.02.00.0000ОСК	Рама навіски	1	
		2	КАІ.КРН.03.00.0000ОСК	Врівноважуючий механізм	1	
		5	КАІ.КРН.04.00.0000ОСК	Кронштейн	1	
		8	КАІ.КРН.05.00.0000ОСК	Подільник	1	
		9	КАІ.КРН.06.00.0000ОСК	Запобіжний механізм	1	
		10	КАІ.КРН.07.00.0000ОСК	Стійка	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	КАІ.КРН.00.00.0001	Тяга	1	
		4	КАІ.КРН.00.00.0002	Палець	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Гідромотор 210. 16-1121 В	1	

					<i>КАІ.КРН.00.00.0000ОСК</i>					
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	<i>Косарка</i> <i>(схема принципова)</i>					
Розробив		<i>Іванюк С.В.</i>						Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		<i>Юхимчук С.Ф.</i>						6	1	1
Н. контр.		<i>Юхимчук С.Ф.</i>						<i>ЛНТУ,</i> <i>зр. АІ-4І</i>		
Затверд.		<i>Холмич С.М.</i>								

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КАІ.КРН.00.00.0000ПЗ	Пояснювальна записка	1	
			КАІ.КРН.01.00.0000СК	Різальний апарат	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КАІ.КРН.01.01.0000СК	Кришка нижня	1	
		3	КАІ.КРН.01.02.0000СК	Кришка верхня	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	КАІ.КРН.01.00.0001	Прокладка	1	
		4	КАІ.КРН.01.00.0002	Корпус підшипника	1	
		5	КАІ.КРН.01.00.0003	Хвостовик	1	
		6	КАІ.КРН.01.00.0004	Натяжник	1	
		7	КАІ.КРН.01.00.0005	Обойма	1	
		10	КАІ.КРН.01.00.0006	З'єднувач	1	
		13	КАІ.КРН.01.00.0007	Пластина	5	
		14	КАІ.КРН.01.00.0008	Ніж	8	
		15	КАІ.КРН.01.00.0009	Болт	8	
		18	КАІ.КРН.01.00.0010	Тарілка	4	
		19	КАІ.КРН.01.00.0011	Втулка	4	
		20	КАІ.КРН.01.00.0012	Обойма	4	
		21	КАІ.КРН.01.00.0013	Вал	4	
		22	КАІ.КРН.01.00.0014	Кулачок	4	
		23	КАІ.КРН.01.00.0015	Шайба	4	
		25	КАІ.КРН.01.00.0016	Корпус підшипника	4	
		27	КАІ.КРН.01.00.0017	Втулка		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		31		Болт М12-8g*30		
				ГОСТ 7798-70	26	

					<i>КАІ.КРН.01.00.0000СК</i>			
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Паралелограмний привод роторів (складальне креслення)	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Іванюк С.В.				6	1	2
Перевірив		Юхимчук С.Ф.				ЛНТУ, гр. АІ-41		
Н. контр.		Юхимчук С.Ф.						
Затверд.		Холмич С.М.						

