

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
 Механіко-технологічний факультет

УДК 631.352

**ПОГОДЖЕНО**  
 Декан механіко-технологічного факультету

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
 Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад.

С.н.с., д.т.н.

П.М. Василенка, доцент к.т.н.

**Братішко В.В.**

**Гуменюк Ю.О.**

2021 р.

2021 р.

“ ” “ ”

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему **“Обґрунтування параметрів і режимів роботи подрібнюючого барабана кормозбиральних машин ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха”**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів, параметрів і режимів роботи техніки АПК

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми:**

Доктор технічних наук, с.н.с.

В.В. Братішко

(підпис)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Онищенко В.Б.

**Виконав:** студент 2 року навчання, Шулуга В.О.

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
сільськогосподарських машин та

системотехніки ім. акад.

НУБІП України

Д.М.Василенка

Гуменюк Ю.О.

2021 р.

НУБІП України

ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

**Шульга Владиславу Олександровичу**

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма - Агроінженерія

Магістерська програма – Оптимізація процесів параметрів і режимів

роботи техніки АПК

НУБІП України

Програма підготовки - освітньо-професійна

**Тема роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи подрібнюючого барабана кормозбиральних машин ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха»**

НУБІП України

затверджені наказом вищого навчального закладу від 01.02.2021 р. №189 «С»

Термін подання студентом роботи - 30.10.2021 р.

Вихідні дані до роботи

1. Вихідні дані до роботи: Технології та машини для заготівлі сінажу.  
 2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

- Огляд технологічних процесів заготівлі сінажу.  
 - Теоретичні дослідження технологічного процесу роботи бітерно-ножового-подрібнюючого апарату.  
 - Проведення експерименту та результати експериментальних досліджень.  
 - Економічна ефективність.

Висновки, список використаної літератури, додатки  
 3. Перелік листів графічного матеріалу:  
 Слайд 1. Титульна сторінка. Слайд 2. Мета роботи  
 Слайд 3. Технології. Слайд 4. Головний вигляд комбайна.

Слайд 5. Розрахунок параметрів машини. Слайд 6. Барабан в 3D.  
 Слайд 7. Експериментальна перевірка барабанно-ножового подрібнювального барабана. Слайд 8. Показники роботи  
 Слайд 9. Робочі органи барабана. Слайд 10,11. Графіки.

Слайд 12. Економічні показники. Слайд 13. Висновки.  
 4. Дата видачі завдання 02.09.2020р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Оніщенко В.Б.  
 Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Шульга В.О.

ЗМІСТ

Завдання	2
Реферат	5
Вступ	6
Загальна характеристика ННЦ «ІМЕСГ» НААН України	8
1. Огляд вітчизняних і зарубіжних технологій і машин для збирання кормових культур	15
1.1 Аналіз технологій збирання	15
1.2 Основні агротехнічні вимоги	16
1.3 Класифікація і характеристика машин для заготівлі кормів	16
1.4 Аналіз конструкції робочих органів машин	17
1.4.1. Барабанні подрібнюючі апарати	17
1.4.2. Конструкції подрібнюючих барабанів із гвинтовими ножами	18
1.4.3. Конструкції плосконожевих подрібнюючих барабанів	20
2. Механіко-технологічні умови розробки машин	27
2.1 Фізико-механічні властивості рослин	27
2.2 Обґрунтування конструкцій і функціональної схеми удосконалення машин	33
2.2.1. Теоретичні основи переміщення матеріалу	42
3. Дослідження подрібнюючого барабана кормозбирального комбайна	50
3.1 Експериментальне визначення довжини різки різальним барабаном	50
3.2 Енергетична оцінка розробленої конструкції барабана	60
3.3. Методика визначення показників призначення машин	62
4. Охорона праці	70
5. Визначення економічної ефективності	72
Загальні висновки	79
Список використаної літератури	80
Додатки	82

## РЕФЕРАТ

НУБІП УКРАЇНИ

Основний зміст магістерської роботи викладено на 83 сторінках друкованого тексту, відображено в 4 таблицях і проілюстровано 23 рисунками.

Ілюстративний матеріал містить 14 слайдів.

НУБІП УКРАЇНИ

Метою магістерської роботи є підвищення показників якості роботи кормозбиральних машин шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів і режимів роботи експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин.

НУБІП УКРАЇНИ

В роботі приведений огляд і аналіз технологій, машин та робочих органів для заготівлі сінажу і обґрунтовано конструктивно-технологічну схему подрібнюючого барабана кормозбиральних машин та обґрунтовано актуальність теми. Розроблено конструкцію та обґрунтовано основні параметри кормозбиральної машини.

НУБІП УКРАЇНИ

Річний економічний ефект від застосування експериментального зразка машини складає 22317,9 грн.

**Ключові слова:** робочі органи, технологія заготівлі сінажу, подрібнюючий барабан кормозбиральних машин

НУБІП УКРАЇНИ

Н

Н

## ВСТУП

# НУВБІП УКРАЇНИ

Успішний розвиток тваринництва значною і мірою залежить від розвитку і стабільності кормової бази, яка є системою виробництва кормів і : використання

їх для сільськогосподарських тварин. Рационально організована кормова база має відповідати таким основним вимогам: повне і безперервне забезпечення тварин повноцінними і кормами впродовж року, одержання високої якості цих і дешевих кормів, випереджальне виробництво кормів порівняно зі зростанням поголів'я тварин, створення страхових запасів кормів на випадок неврожаю.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Основними кормовими продуктами для сільськогосподарських тварин є корми рослинного походження. До них належать грубі, соковиті, зелені, концентровані корми та кормові відходи і технічних виробництв. Склад і поживність кормів залежать від природних і ґрунтових умов, а також від рівня агротехніки, періоду

# НУВБІП УКРАЇНИ

вегетації при збиранні та технології заготівлі й зберігання кормів. Для заготівлі кормів широко використовують трав'янисті рослини (кормові трави) у вигляді сіна, силосу, сінажу, свіжого зеленого корму, трав'яного борошна, трав'яної пасти та іноді зерна. Отже, без належного рівня механізації технологічних процесів при заготівлі кормів не можна своєчасно і якісно виконати потрібні об-

# НУВБІП УКРАЇНИ

сяги робіт.

**Об'єкт досліджень** – технологічний процес заготівлі кормів та конструктивно-кінематичні параметри і показники якості роботи експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин.

# НУВБІП УКРАЇНИ

**Предмет досліджень** – обґрунтування режимів роботи експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин.

**Методи дослідження** – аналітичні й експериментальні методи наукових досліджень, що ґрунтуються на законах аеродинаміки та основних положень планування експериментів.

# НУВБІП УКРАЇНИ

**Задачі** - Провести аналіз технологічних процесів та робочих органів машин для заготівлі кормів та розробити конструктивно-технологічну схему експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Обґрунтувати основні параметри експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин. Провести розрахунок економічної ефективності роботи експериментальної кормозбиральної машини;

**Новизна** – Досліджено параметри експериментального подрібнюючого барабана кормозбиральних машин

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУВБІП УКРАЇНИ

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук розташований в

селищі міського типу Глеваха, Васильківського району, Київської області.

Відстань до обласного центру міста Києва складає близько 15 кілометрів, до районного центру міста Василькова – близько 7 кілометрів.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Інститут засновано 03.04.1930 р. - рішенням Ради народних комісарів УРСР про створення в Україні науково-дослідного інституту механізації та

електрифікації сільського господарства в м. Харкові.

# НУВБІП УКРАЇНИ

01.07.1930 р. - відбулося відкриття Українського науково-дослідного інституту механізації сільського господарства згідно наказу по Народному комісаріату Земельних справ УРСР від 12.07.1930 р.

Після заснування інститут був підпорядкований Народному комісаріату земельних справ України. В перші роки існування згідно структури в інституті були відділи ґрунтообробних машин, збиральних машин, вітродвигунів, тракторовикористання, ремонту та групи садівноградна, феродництва, бурякова, бавовникова, тваринництва, економіки та організації сільського господарства.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Згідно наказу по Народному комісаріату земельних справ УРСР від 30.08.1930 р. інституту передано Акимівську тракторновипробувальну станцію (Запорізька обл.) і Пятихатську районну сільськогосподарську дослідну станцію (Дніпропетровська обл.). В 1931 р. інститут мав таку мережу дослідних станцій:

# НУВБІП УКРАЇНИ

Лівобережна (м. Харків), Східно-стєпова (м.Пятихатки, Дніпропетровська обл.), Південна (Акимівка, Запорізька обл.), Дніпростроевська (м. Запоріжжя), Західно-стєпова (м. Одеса), Аджамська (с. Аджамка, Кіровоградська обл.), Поліська (с. Ірша, Житомирська обл.) і Правобережний філіал інституту (м. Київ). Південна дослідна станція функціонувала до початку війни, Східно-стєпова - до 1937р.;

# НУВБІП УКРАЇНИ

інші станції функціонували не довго і замість них організовувались нові: Вінницька, Коростенська (Житомирська обл.) і Сумська опорні бази та Миротський (Київська обл.) і Скадовський (Херсонська обл.) опорні пункти.

# НУВБІП УКРАЇНИ

З середини 1937 р. в структуру інституту входили такі підрозділи: лабораторії використання тракторів, ґрунтообробних і посівних машин, спеціальних посівних машин, зернозбиральних машин, агротехніки, вітровикористання, ремонту, конструкторське бюро, відділ технічної пропаганди, бюро раціоналізації та винаходів, кабінети палива та мастил, фізико-механіки ґрунтів, приладів і вимірювальних інструментів, по аналізу зернопродуктів, фотокабінет, а також експериментальна база.

Під час Великої вітчизняної війни інститут згідно постанови уряду України було евакуйовано в Саратовську область спочатку в радгосп "Ударник"

біля м. Саратов, а потім до повернення в Україну - в селище "Стройгаз" Дергачівського району. Згідно постанови Ради народних комісарів УРСР від 14.04.1944 р. інститут з м. Харкова переведено в м. Київ. Інститут повернувся з евакуації в червні 1944 р. і його було розміщено в Голосіїві. Відновлювалась

діяльність підпорядкованої інституту Акимівської науково-дослідної станції механізації сільського господарства і на базі інституту в м. Харкові створювалась Харківська науково-дослідна станція механізації сільського господарства, яку підпорядкували інституту (проіснувала до 1997 р.). В 1952 р. згідно розпорядження Ради Міністрів СРСР від 18.04.1952 р. в інституті організовано

лабораторії по приладам для сільського господарства. В 1956 р. в інституті створено лабораторії механізації садівництва та овочівництва, механізації тваринництва, електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Згідно наказу по Міністерству сільського господарства УРСР від 19.05.1956 р. введено нові назви інституту та його станцій: Український науково-дослідний інститут механізації та електрифікації сільського господарства, УНДІМЕСГ; Акимівська дослідна станція механізації сільського господарства, Харківська дослідна станція механізації сільського господарства. В 1959 р. створена Львівська дослідна станція механізації сільського господарства

(проіснувала до 2000 р.). В 1960 р. в інституті створено нові відділи: механізації технологічних процесів вирощування кукурудзи, вирощування коренеплодів, вирощування картоплі, механізації технологічних



Рис. 1.1. Кількість співробітників інституту

процесів в свиначстві, в птахівництві, сільськогосподарського транспорту, автоматизації технологічних процесів, технічного нормування, техніки безпеки та виробничої гігієни, технічної інформації. В 1964 р. в інституті створено відділи: механізації внесення добрив і отрутохімікатів, механізації процесів підготовки кормів, економіки механізованих процесів, структури машинно-тракторного парку, експлуатаційної технологічності тракторів і с.-г. машин. Згідно постанови Ради Міністрів УРСР від 17.07.1964 р. на інститут було покладено обов'язки головного інституту в республіці в галузі механізації та електрифікації сільського господарства; Акимівська, Харківська і Львівська дослідні станції механізації сільського господарства реорганізовані у відділення інституту - Південне, Східне та Західне. Прийнято рішення про будівництво нового комплексу інституту в селищі Глеваха Васильківського району Київської області.

В 1965 р. організовано четверте відділення інституту - Поліське (проіснувало до 1978 р.). По 16.01.1970 р. інститут був підпорядкований Міністерству сільського господарства УРСР, а далі відповідно наказу Міністерства сільського господарства СРСР від 16.01.1970 р., прийнятого за

постановою Ради Міністрів СРСР від 12.12.1969 р., інститут перейшов у підпорядкування Південного відділення ВАСГНІЛ. В 1970 р. в інституті створено лабораторію експлуатації, керування, організації використання МП.



Рис. 1.2. Інститут перебазувався з м. Києва в селіще Глеваха Васильківського району 1974 р.

В 1976 р. в інституті створено лабораторії механізації застосування органічних добрив, застосування мінеральних добрив, посіву, догляду та захисту рослин, післязбиральної обробки зерна, заготівлі кормів, машинного доїння та первинної обробки молока, електроавтоматизації стаціонарних процесів, автоматизації режиму роботи тракторів і автоматизації сільгоспмашин. В 1981 р. в інституті створено лабораторії механізації посіву, захисту рослин, виробництва коренебульбоплодів, організації технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. В 1986 р. в інституті створено лабораторії використання та нормування паливно-мастильних матеріалів, системи машин, структури машинно-тракторного парку та нормативів.



Рис. 1.3. Експериментальне виробництво УНДІМЕСГ

Згідно постанови Ради Міністрів УРСР в д. 22.09.1990 р. інститут входить до складу Української академії аграрних наук (УААН) і має Південний філіал (с. Акимівка, Запорізька обл.), Західний філіал (с. Підгірне, Львівська обл.) і Східний філіал (м. Харків), а також Дослідно-конструкторське технологічне бюро з експериментальним виробництвом (ОКТБ УНДІМЕСГ) і дослідне господарство "Мар'янівка" (Васильківський район, Київська область).

В 1991 р. в інституті створено лабораторії проблем комбайнового збирання зернових культур, механізації виробництва кормового білку, застосування електрофізичних методів в сільському господарстві, електроенергетики.

Згідно з наказом по УААН від 14.04.1992 р. інститут одержав назву Інститут механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук, скорочено ІМЕСГ УААН. Згідно з наказом по УААН від 16.09.1996 р. Інститут технічного сервісу УААН був приєднаний до ІМЕСГ УААН і всі лабораторії по технічному обслуговуванню та ремонту сільськогосподарської техніки увійшли до складу інституту.

В 1998 р. в інституті створено лабораторію проектування та випробування техніки для доїння та первинної обробки молока (м. Брацлав, Вінницької обл.). Згідно Указу Президента України від 12.04.2000 р. інституту

надано статус Національного наукового центру з виконанням функцій головного інституту і



Рис. 1.4. Інститут технічного сервісу УААН

він отримав назву Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", скорочено ННЦ "ІМЕСТ"

Наукове забезпечення сільгоспмашинобудування спрямоване на подальший розвиток наукових основ і методів, а саме: обґрунтування системи машин і обладнання для АПК, розроблення наукових основ формування машинно-тракторного парку, раціональних форм його використання, в тому числі на засадах кооперування, з врахуванням організаційної структури аграрних формувань, що забезпечить зменшення у 1,5 – 2 рази затрат на виробництво продукції, розроблення та впровадження інноваційних технологій технічного сервісу на основі безрозбірної діагностики та планово-попереджувальних заходів з підтримання працездатного стану сільськогосподарської техніки, впровадження інформаційних технологій виробництва продукції з використанням засобів та методів дистанційної діагностики у рослинництві та тваринництві, створення технічних засобів нового покоління для реалізації інформаційних технологій: удосконалення системи енергетичного забезпечення потреб виробників сільськогосподарської продукції та сільських населених

пунктів, розроблення технологій і технічних засобів для вироблення та використання енергії поновлювальних джерел, в першу чергу рослинного походження, що зменшить залежність від поставок світлих нафтопродуктів та їх витрати.

На основі фундаментальних досліджень з цих напрямів за останні роки науковцями ННЦ «ІМЕСФ» створено низку технічних засобів нового покоління. Основними з них є: техніка для збирання зерна, кормових культур та коренеплодів; машини та знаряддя для тваринництва; тракторобудування і енергоприладобудування; обладнання технічного сервісу; машини для внесення добрив; знаряддя і машини для обробітку ґрунту; посіву та догляду за рослинами.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 1. ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ

### ЗБИРАННЯ КОРМОВИХ КУЛЬТУР

#### 1.1. Аналіз технології збирання

Залежно від природно-кліматичних зон і господарських умов застосовують різні способи заготівлі кормів. Вибираючи їх, слід ураховувати умови збирання, врожайність, площі масивів, вид і погोलів'я тварин та інші чинники. У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовують такі способи заготівлі трав і силосних культур:

1. Заготівля розсипного сіна. Цей спосіб передбачає: скошування трав, сушіння в покосах, ворущіння, згрібання сіна у валки, перевертання валків, підбирання валків з утворенням копиць, підбирання копиць і транспортування до місць скиртування, укладання сіна у стоги та скирти. Такий спосіб неекономічний, оскільки не дає змоги одержати сіно високої якості

2. Заготівля пресованого сіна. Цей спосіб прогресивніший. Траву після скошування, сушіння і згрібання у валки підбирають з одночасним пресуванням у паки. Збирають і пресують сіно при його вологості не більше ніж 25 %. Залежно від умов паки досушують у полі або підбирають безпосередньо у транспортні засоби, перевозять до місць зберігання і досушують у штабелях активним вентиляванням.

3. Збирання трав і силосних культур з подрібненням. Силос, сінаж і трав'яне борошно готують з подрібнених рослин. Для отримання силосу скошену і подрібнену зелену масу закладають у траншеї або силосні банки, де її перед герметизацією ущільнюють. Технологія приготування сінажу передбачає закладання пров'яленої до 50...55 % та подрібненої до 3 см маси в башті або інші герметизовані споруди.

Трав'яне борошно одержують також із подрібнених до 3 см рослин, висушених до вологості 8... 12 % у високотемпературних сушарках. Після розмелювання масу гранулюють або зберігають у розсипному вигляді (січне, вітамінне борошно).

## 1.2. Основні агротехнічні вимоги

Під час збирання трав слід дотримуватися певних агротехнічних вимог.

Перший укіс бобових трав починати в стадії бутонізації, лучних — на початку цвітіння, а злакових — при появі колосків. Косовицю проводити протягом 5...7 днів, а на низинних луках, плавнях і болотах — 7... 10 днів.

Під час косіння забезпечувати оптимальну висоту зрізу: для природних трав у степовій зоні — 4,0...4,5 см, а в лісолучній і лісостеповій зонах — 5...6 см. Ставу осіннього укосу зрізати на висоту 6...7 см, а сіяні багаторічні трави — 7...9 см.

Під час сушіння трави і згрібання сіна стежити за тим, щоб не було втрат.

Сінозбиральні машини не повинні надмірно ворухити, деретрушувати і засмічувати сіно. У пересохлому сіні обламується багато листя, а у вологому розвиваються мікроорганізми, які руйнують поживні речовини. Машини мають

забезпечувати укладання трави у прямолінійні рядки або валки, правильне перевертання валків на півоберта для прискорення сушіння нижніх шарів, а

також повне збирання сіна кондиційної вологості. Копиці сіна мають бути правильної форми. Маса копиці у степовій зоні має становити 3...500 кг, а у лісолучній — 50... 150 кг.

## 1.3. Класифікація і характеристика машин для заготівлі кормів

Машини для заготівлі кормів можна поділити на дві основні групи: для аготівлі трав на сіно і сінаж та для заготівлі силосу і свіжої подрібненої зеленої маси.

Класифікують їх за такими ознаками:

за способом агрегування — причіпні, начіпні, напівначіпні та самохідні;

за типом різального чи подрібнювального апарата — сегментно-пальцьові, дискові, ротажні та барабанні;

за кількістю різальних апаратів — одно-, дво-, три- та багатобрусні;

за формуванням зрізаної маси — покісні та порційні.

Залежно від технології заготівлі кормів використовують певний комплекс кормозбиральних машин. Під час заготівлі трав на сіно застосовують косарки, ворухилки, граблі, підбирачі-копнувачі, прес-підбирачі, волокуші, коницевози,

стогокладки, стогоутворювачі, пакопідбирачі, стаціонарні преси, вентильовані сіносковища.

Комплекс машин для збирання трав на сінаж складається з косарок-плющилок, підбирачів-подрібнювачів-навантажувачів, транспортних візків і пневматичних транспортерів.

Для подрібнення зеленої маси, яка використовується для згодовування тваринам без зберігання та заготівлі силосу на зимовий період, застосовують косарки-подрібнювачі, підбирачі-подрібнювачі, косарки-плющилки, силосозбиральні та кормозбиральні комбайни і комплекси.

## 1.4. Аналіз конструкції робочих органів машини

### 1.4.1. Барабанні подрібнюючі апарати

Барабанні подрібнюючі апарати, залежно від конструкції головного робочого органа, розділяють на два основні різновиди: апарати із гвинтоподібними ножами й плосконожеві. Останні в закордонній літературі найчастіше називаються циліндричними, хоча барабани й із гвинтоподібними ножами мають циліндричну форму по поверхні своїх лез.

Багато параметрів барабаних апаратів зазначених різновидів визначаються ідентично, деякі ж досить специфічно. Так, траєкторія лез ножа щодо перерізує площарку, що, маси, розташування осі барабана щодо протирізальної пластини, розрахункова довжина різання й т.п. обґрунтовуються однаково, а кут установки, передній кут, кути заточення й нахилу леза ножа й т.п. по-різному. По прийнятій класифікації ріжучих апаратів барабанні апарати ставляться до класу обертально-циліндричних з похилим різанням, тому надалі описі буде зустрічатися цей термін.

Обертально-циліндричні ріжучі апарати, або барабанні, знайшли не менше поширення, чим плоскообертові дискові. Їх широко застосовують як у величезних високоефективних подрібнювачах різних матеріалів, так і в мініаторних машинках. По деяких конструктивних і технологічних показниках обертально-циліндричні апарати мають переваги перед плоскообертаними, тому

в деяких випадках їхнє використання стає не тільки кращим, але й необхідним. Однак не всі різновиди обертально-циліндричних апаратів однаково поширені в практиці. Так, майже не знаходять застосування апарати нормального різання через нераціональність процесу різання в них і неминуче виникнення одночасного навантаження по всій довжині леза ножа, що при порушенні зазору між ножами й протирізальною пластиною (у меншу сторону) приводить до руйнувань не тільки ріжучої пари, але й усього апарата. Таким чином, розгляд обертально-циліндричних ріжучих апаратів зводиться до розгляду апаратів похилого різання.

Аналіз і розрахунок схем обертально-циліндричних ріжучих апаратів докладно розглянуті в роботі .

#### 1.4.2. Конструкції подрібнюючих барабанів із гвинтовими ножами

На рис.1.1 представлені подрібнюючі барабани кормозбиральних комбайнів із гвинтоподібними ножами різних закордонних фірм. Хоча у барабанів такого типу дуже багато загального, проте вони мають деякі конструктивні відмінності.

Загальним для більшості барабанів є сталість кутів  $\alpha$  нахилу й  $\beta$  заточення леза по всій довжині ножа, причому  $\alpha=15-22^\circ$ ,  $\beta=22-30^\circ$ . Різноманітні кріплення ножів на барабанах і способи регулювання величини висування лез ножа на них циліндричні утворюючі. По-різному виконані диски, до яких кріпляться ножі.

Так, наприклад, якщо у барабана, зображеного на рис.1.1, а, диски виконані з фасонного сталевого лиття з ребрами міцності, то в барабана, показаного на рис 1.1, д, вони виконані з листової сталі. Ковані кронштейни- власники ножів кріпляться до цих дисків болтами.

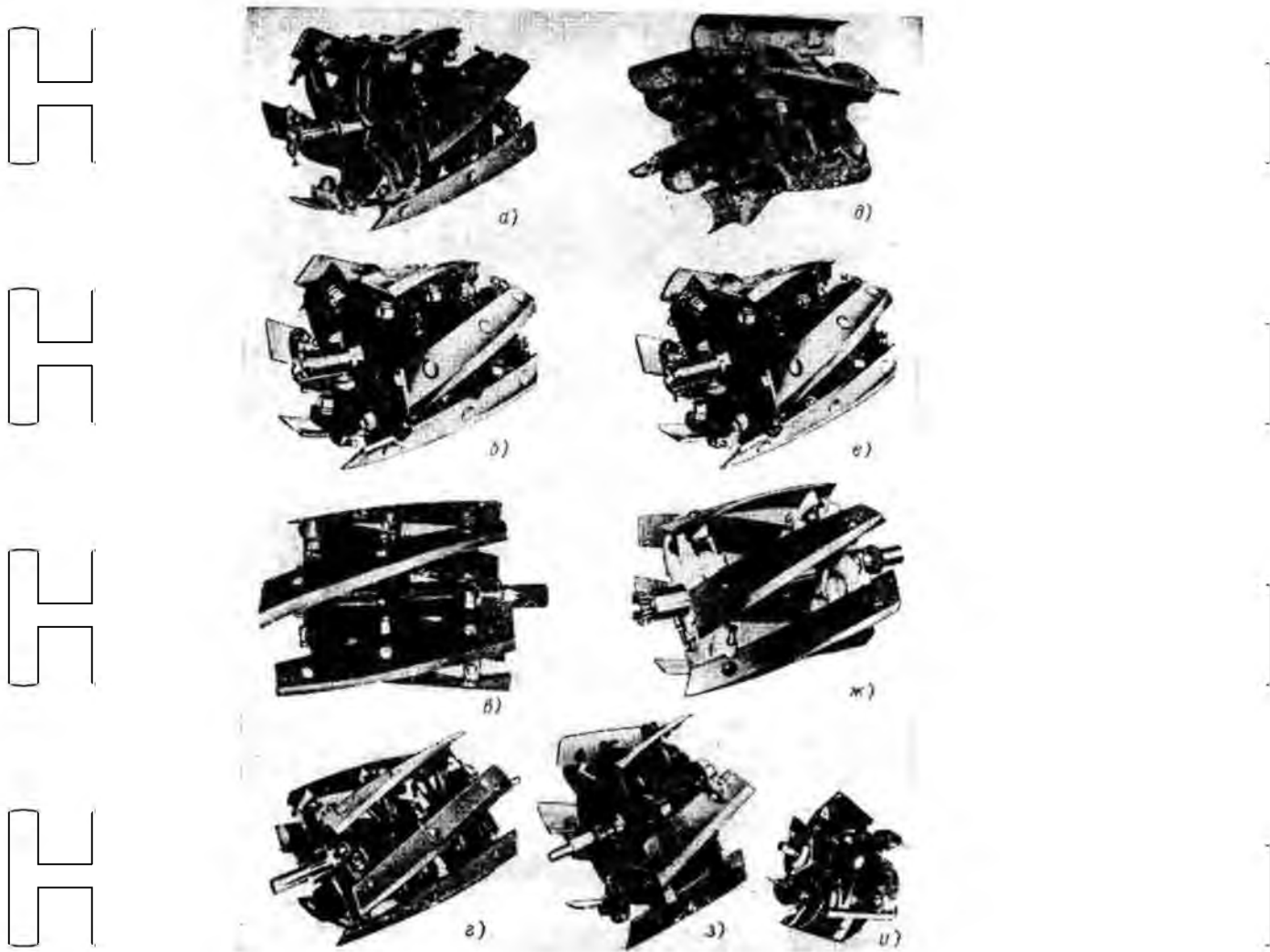


Рис. 1.1. Подрібнюючі барабани із гвинтоподібними ножами комбайнів:

а—Джон Дір (США); б—Хестон 2000 (США); в—Рошланд SP1000 (Франція); г- Джон Дір 35 (США); д—Джон Дір 34 (США);

е—Хестон 7020 (США); ж—Рошланд 950 SL (Франція);

з—Клаас Ягуар (ФРН); і- МН-80 (ФРН)

Число дисків на барабані залежить від його довжини й особливостей кріплення до них ножів. Короткі барабани (рис 1.1, д, з, і) кріпляться на двох дисках. Таке ж кріплення зустрічається й у більш довгих барабанів (рис 1.1 ж) бсшти, що штовхають, для висування ножів встановлюють на всіх трьох дисках барабана (рис 1.1, в) або тільки на крайніх дисках (рис 1.1, е).

Гвинтоподібні ножі іноді виконують у формі лопаток, що шпурляють (рис 1.1, д, і). У цьому випадку барабан не тільки подрібнює рослинну масу, але й транспортує її. Розходження конструкцій деталей подрібнюючих барабанів із

гвинтоподібними ножами, представлених на рис 1.1, дозволяє судити про широкі можливості їхнього комбінування при розробці нових ножових барабанів.

### 1.4.3. Конструкції плосконожевих подрібнюючі барабанів

Відомі кормозбиральні комбайни закордонних фірм оснащують плосконожевими барабанами, що мають ширину не більше 600 мм. Така незначна ширина барабана обумовлена не прагненням обмежити пропускну здатність комбайна відносно невисокими показниками, а умовами, що лімітують довжину ножів цих барабанів.

Діапазон зміни таких параметрів по довжині (осі  $x$  на рис 1.2) ножа, як  $\beta$ ,  $\alpha_{кр}$ ,  $l_\phi$ , і переднього кута  $\phi$  значний і тому обов'язково вимагає обґрунтованого вибору вихідних параметрів  $\alpha_0$  і  $\phi_0 = 90^\circ - \beta_0$ , щоб обмежити одержувані при обробці барабана по циліндру значення  $\beta_x$  у межах, припустимих з погляду раціональності процесу різання, і  $\phi_x$  з погляду викидаючого ефекту ножа.

Закономірності зміни наведених параметрів, обумовлених виразами з підстановкою значення  $z = R_0 \cos \beta_0$ , мають вигляд

$$\beta_x = \arccos \frac{R_0 \cos \beta_0 - x \operatorname{tg} \alpha_0}{R_0} \quad (1.1)$$

$$\phi_x = 90^\circ - \beta_x \quad (1.2)$$

$$\alpha_{крx} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\sqrt{1 - \left( \frac{R_0 \cos \beta_0 - x \operatorname{tg} \alpha_0}{R_0} \right)^2}} \quad (1.3)$$

тобто є функціями  $x$ . Граничне значення  $x$  дорівнює довжині  $l_n$  ножа ( $\lim x = l_n$ ).

Довжина барабана визначає ширину  $l_2$  горловини комбайна, у той час як її висота  $h_1$  залежить від максимально припустимої товщини шару рослинного матеріалу, що перерізає.

Площа горловини  $F_g = l \cdot b$  є одним з найбільш важливих параметрів, що визначає пропускну здатність комбайна. Звідси й прагнення збільшити в можливих межах площу горловини, що простіше здійснюється за рахунок збільшення ширини.

Однак, як відзначено вище, ширина горловини лімітована довжиною ножів.

Не збільшуючи довжину ножів понад припустимий, можна збільшити довжину барабана лише шляхом виготовлення його багатосекційним (наприклад, двосекційним довжиною 1000 мм при довжині ножів усього лише 500 мм).

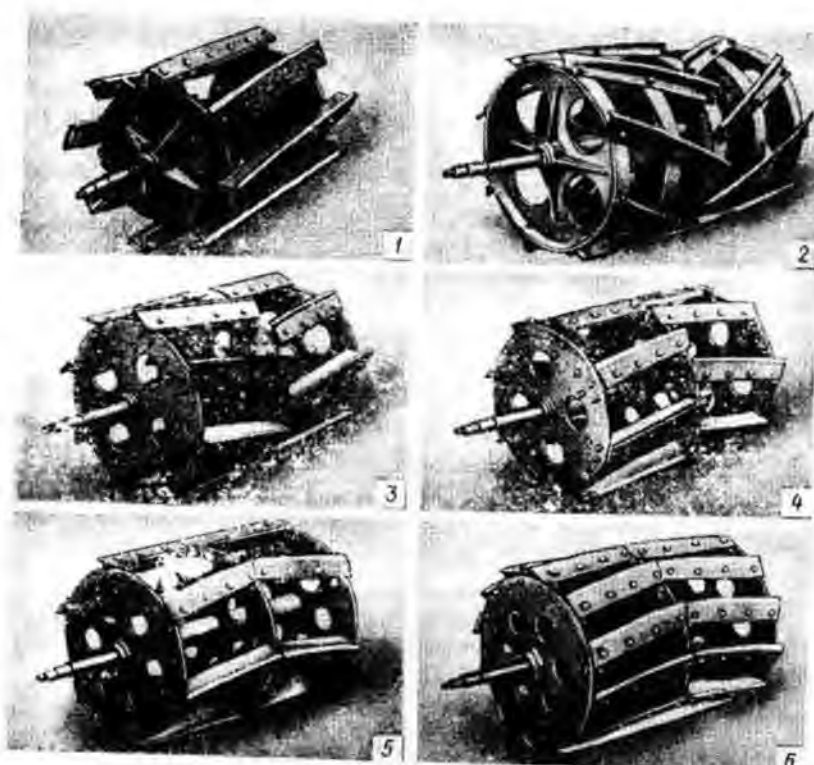


Рис. 1.2. Двосекційні ножеві барабани

Від взаємного розташування ножів разом з підножевими балками багатосекційному барабану залежить характер створюваного їм повітряного потоку й напрямок викидання здрібненого матеріалу. Можуть бути випадки, коли розташування ножів таке, що барабан не в змозі задовільно транспортувати матеріал і силосодровід комбайна систематично забивається.

Для вишукування й обґрунтування раціонального розподілу ножів на барабані з погляду виконання ними процесу різання й викидання здрібненого матеріалу

проаналізовано шість варіантів різних конструкцій подрібнюючих барабанів (рис. 1.2) стосовно до горловини перспективного високі продуктивного кормозбирального комбайна із площею перетину  $F_2 = 1 \cdot 0,17 = 0,17 \text{ м}^2$  і пропускною здатністю 50-55 кг/с.

Дослідження плосконожевих барабанів показали, що у двосекційних барабанах можна досягти значно меншої питомої енергоємності процесу здрібнювання рослинного матеріалу завдяки дотриманню діапазону кутів заточення ножів по довжині в раціональних межах. Установлено, що питома енергоємність здрібнювання матеріалу односекційним барабаном перевищує питому енергоємність двосекційних барабанів в 1,2—1,3 разів, тому з погляду енергоємності процесу різання доцільним є використання в плосконожевих подрібнюючих барабанах ще до коротких ножів.

Як визначалося вище, найбільш ефективним засобом підвищення пропускної здатності подрібнюючого апарата є збільшення довжини барабана. Однак при цьому завдання ускладнюється труднощами звуження потоку здрібненого матеріалу в силосопроводі, тому для підвищення пропускної здатності подрібнюючого апарата необхідно крім збільшення робочої довжини барабана створювати орієнтований потік здрібненого матеріалу в перехідній частині силосопровода.

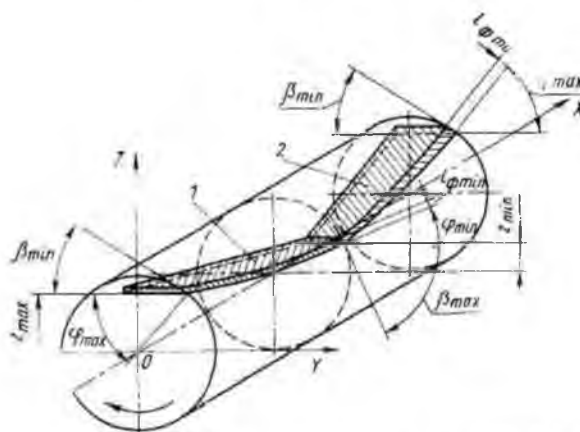


Рис. 1. 3. Параметри ножів двосекційних барабанів

Як показали аналіз і досвідчені дані, найбільш перспективними з погляду підвищення пропускної здатності й забезпечення раціонального процесу різання й транспортування рослинного матеріалу є барабани варіантів 4,5, 6 (див. рис 1.3).

В цих барабанах ножі 1 і 2 розташовані в секціях з нахилом до середини барабана вперед лезами по напрямку його обертання, отчого передній кут  $\phi$  по краях має максимальне значення  $\phi_{max}$ , у той час як у середині він мінімальний ( $\phi_{min}$ ). Кути заточень ножів 1 і 2 змінюються у зворотному порядку: у країв вони

мають мінімальне значення  $\beta_{min}$ , а в середині  $\beta_{max}$ . Ширина фаски  $l_{\phi}$  найбільше значення має по краях ножів, а в середині вона мінімальна, невелика довжина пружин у двосекційному барабані, приблизно вдвічі менша його довжини, дозволяє витримати значення параметрів  $\beta, \phi, l_{\phi}$  у раціональних межах з погляду процесу різання й з погляду здатності викиду барабана.

Одним з недоліків односекційних плосконожевих барабанів є неможливість забезпечення ними безперервного різання з однаковим моментом на валу барабана. На двосекційних барабанах цю нерівномірність можна істотно зменшити, що також ставиться до їхньої переваги.

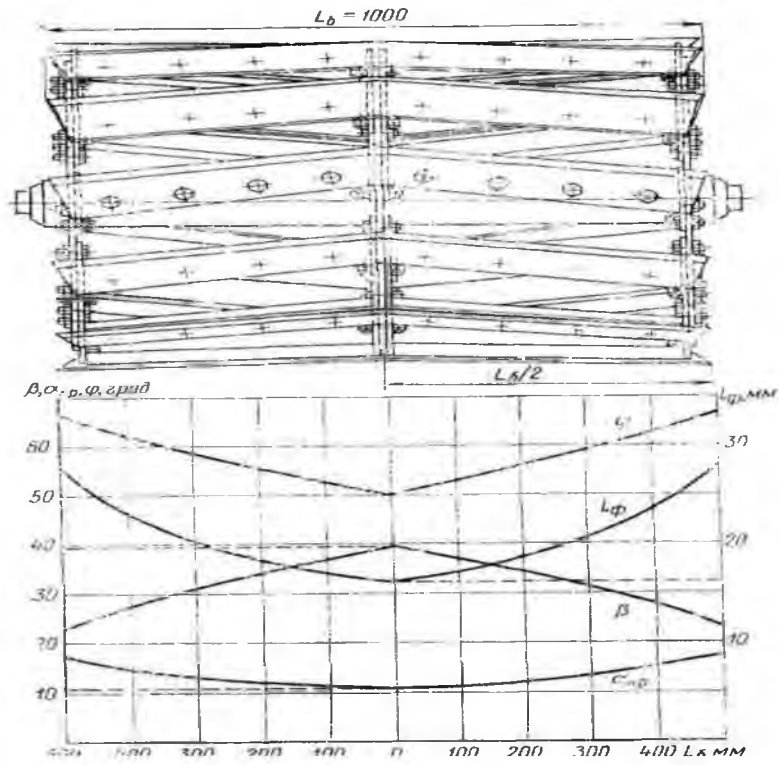


Рис. 1.4. Змінення параметрів  $\beta, \alpha_{кр}, l_{\phi}, \varphi$  ножів експериментального барабану варіанта 6

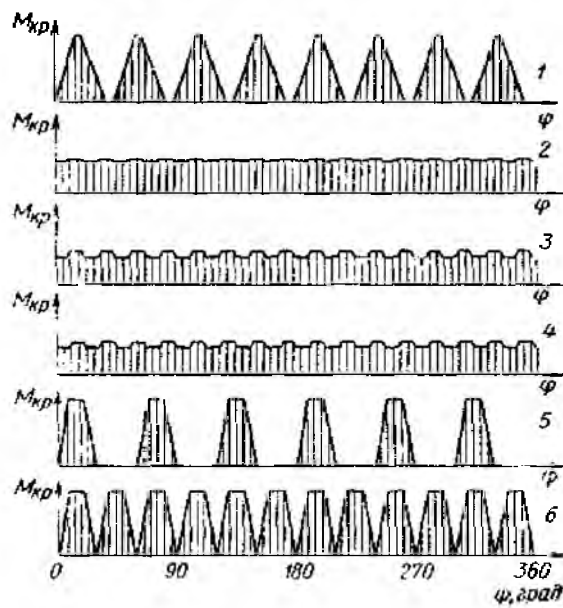


Рис. 1.5. Діаграма моментів зусилля різання плосконожевих барабанів

На рис. 1.5 наведені діаграми моментів  $M_{кр}$  зусилля різання барабанів, зображених на рис. 1. Як видно з рис. 1.5, барабани варіантів 1 і 5 мають найгірші показники: варіант 1 — у зв'язку із застосуванням одного ножа по всій довжині барабана; варіант 5 — у зв'язку з розрідженням частоти ножів по окружності барабана, і що не зроблено в барабані варіанта 6. Кращі показники характерні для барабанів варіантів 3 і 4, на яких ножі розміщені в шаховому порядку, і найбільш задовільні — барабан варіанта 2 із гвинтоподібними ножами. Незважко переконатися, що зазначена нерівномірність при тій інерційності, якими володіють всі розглянуті барабани, несуттєва.

Наведений вище аналіз і результати деяких експериментальних даних указують на перспективність застосування двосекційних плосконожевих барабанів у високородуктивних кормозбиральних комбайнах.

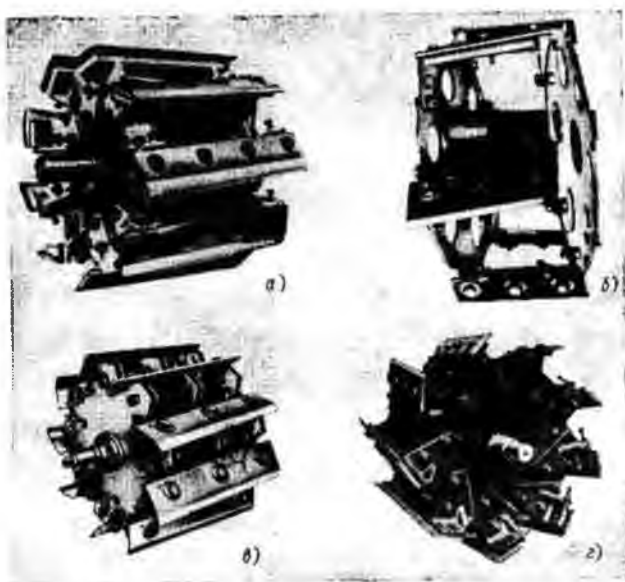


Рис. 1.6. Загальні види плосконожевих барабанів кормозбиральних комбайнів деяких закордонних фірм.

Висновки до першому розділу

НУБІП України

Аналізуючи вітчизняні і зарубіжні технології і машини для збирання кормових культур слід виділити, що найбільш доцільно і ефективно використовувати кормозбиральні машини з подрібнюючим робочим органом барабанного типу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 2.МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ РОЗРОБКИ МАШИНИ

# НУБІП | УКРАЇНИ

### 2.1 Фізико-механічні властивості рослин

Загальні закономірності будови стебел. Як відомо, стебло рослини виконує такі основні функції: несе на собі масу рослини, чинить опір статичним та динамічним навантаженням, забезпечує поверхню листків водою і розчинними в ній мінеральними речовинами, накопичує запаси поживних речовин. У різних рослин залежно від їх біологічних та морфологічних особливостей ті чи інші функції розвинені більшою чи меншою мірою, внаслідок чого через безліч їх комбінацій існують різні за будовою стебла.

Першопочатком будь-якої рослини є жива клітина, яка є елементарною, відособленою частиною стебла дуже складної будови і наділена властивістю самовідтворення.

Окрема рослинна клітина — це клубок речовин у щільній оболонці. Форми їх дуже різноманітні (циліндрична, кулеподібна, зірчаста, багатогранна тощо) і тісно пов'язані з виконуваною фізіологічною функцією. Проте серед цього різноманіття виділяють два основних типи клітин: паренхімну і прозенхімну.

Паренхімні клітини мають ізодіаметричну форму (однакові довжину, ширину і товщину), вони утворюються в результаті рівномірного росту в усіх напрямках.

Прозенхімні клітини різняться витягнутою формою, їх довжина значно (інколи в багато разів) перевищує ширину. Вони утворюються, коли ріст відбувається переважно в одному напрямку. Це пояснюють тим, що паренхімні клітини згідно з виконуваною функцією повинні мати значний об'єм, а прозенхімні — міцність і провідність. Перш, як правило, виконують такі функції: основну (накопичення поживних речовин), утворювальну і покривну, а інші — провідну, механічну і функцію виділення.

Принцип будови всіх клітин однаковий. Рослинна клітина (рис. 2.1) складається з клітинної оболонки з порами, вакуолі, цитоплазми і ядра.

Оболонка формується з целюлозних речовин, які утворює цитоплазма. Зсередини вони вистелені плазмолемою. Клітинні оболонки значно змінюються

# НУБІП | УКРАЇНИ

залежно від віку і типу клітин. їм властива пластичність, тобто здатність набувати і зберігати в подальшому нові форми і розміри, а також еластичність, внаслідок чого вони здатні відновлювати попередні форми і розміри після деформації.

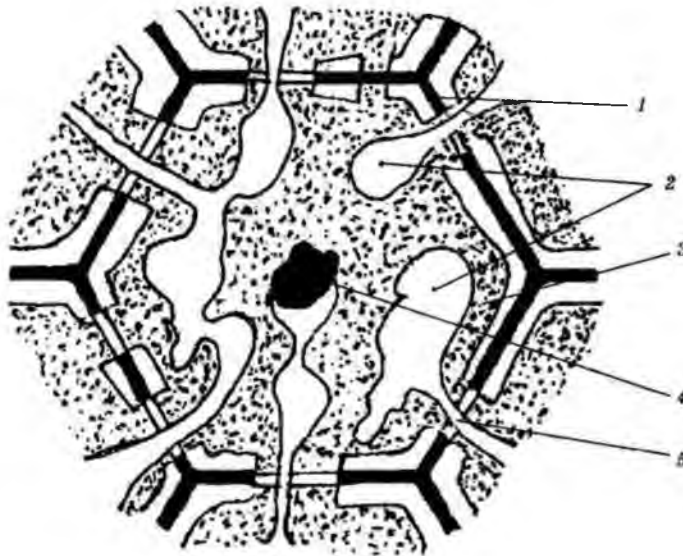


Рис .2.1. Схема будови рослинної клітини

1- клітинна оболонка; 2- вакуолі; 3- цитоплазма; 4- ядро; 5- пори

Клітинна оболонка має значну міцність на розтяг. До її складу найчастіше входить целюлоза (клітковина), геміцелюлоза (напівклітковина) і пектинові речовини. В клітині виділяють первинну і вторинну оболонки. Вторинна оболонка формується на внутрішній поверхні первинної і складається в основному з целюлози. Перевагу останньої визначають високі механічні властивості, особливо міцність на розтяг і еластичність. У клітинній оболонці целюлозні молекули зібрані в ниткоподібні субмікроскопічні структури, які дістають назву мікрофібрил. Ці структури є змінними кристалічними та аморфними зонами, що чергуються. Молекули кристалічних зон точно орієнтовані.

Мікрофібрили целюлози утворюють в оболонці складне переплетення. Простір між фібрилами займає в основному цитоплазма. На початку оболонки мікрофібрили розміщуються розсіяно і переважно перпендикулярно до довгої осі клітини, а далі щільно і під кутом до неї. Для мікрофібрил характерне армування. Арматурою є кристаліти, під якими розуміють зони напрямленого розташування молекул целюлози. Наповнювачем є розміщені безладно молекули целюлози.

Целюлоза не виявляє ні кислотних, ні лужних властивостей, витримує без розкладання температуру до  $+200^{\circ}\text{C}$  і вище, не розчинна у воді, спиртах, ефірах, а за нормальних умов — у розбавлених розчинах кислот і лугів. Це вказує на те, що найефективніший спосіб руйнування оболонки — механічний.

Оболонка може мати різні розміри і форму. Розміри визначаються зусиллями розтягу і стиску, що діють на клітину з боку сусідніх клітин, тобто напруженістю зони, в якій знаходиться клітина, а форма — основною функцією клітини.

Зі збільшенням напруженості зони розміри клітин, які входять до її складу, зменшуються. Найдрібніші клітини пористої маси стебла розміщуються в периферії його перерізу і в місцях безпосереднього контакту провідними пучками, тобто там, де напруженість максимальна. Найбільші ж клітини розміщені між провідними пучками в центрі стебла.

Групи клітин однакового походження, подібної будови і які виконують однакові функції, називають тканинами. Останні поділяють на п'ять основних груп: твірні, або меристеми, основні, механічні, провідні, покривні (рис. 2.2).

Твірна тканина, або меристема, об'єднує клітини, які здатні ділитися і давати початок новим клітинам. Розташовані у верхів'ї стебла (у злакових — біля основи міжвузля).

Основна тканина стебла складається з паренхімних клітин з міжклітинними проміжками і слугує для накопичення запасів поживних речовин.

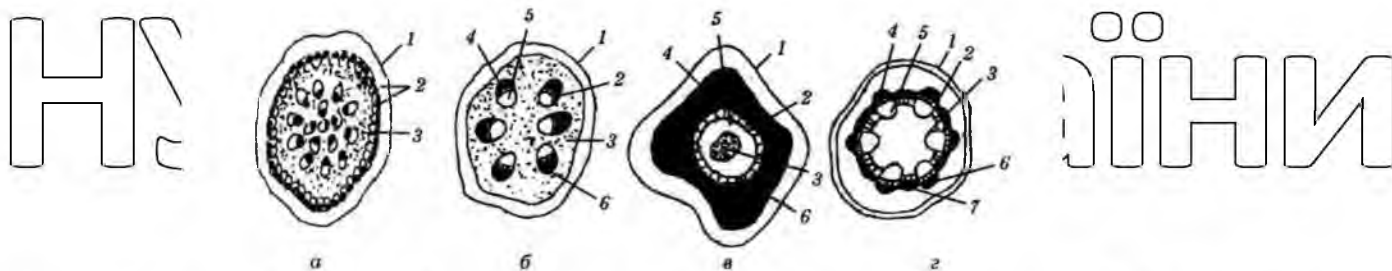


Рис. 2.2. Схеми розподілу рослинних тканин у поперечному перерізі стебла однодольних (а) і дводольних (б - г) рослин:

а — пучкова проста (пучки утворюються лише з первинної флоєми і ксилеми); б — пучкова складна (пучки утворюються з первинної і вторинної флоєми і ксилеми); в — пучкова (первинна флоєма і ксилема розміщуються суцільними кільцями); г — перехідна (зростання пучків з утворенням міцного циліндра з провідної тканини); 1 — шкірка; 2 — провідна тканина; 3 — основна тканина; 4 — флоєма; 5 — ксилема; 6 — пучковий камбій; 7 — міжпучковий камбій

Механічна тканина об'єднує найміцніші клітини рослин і поділяється, в свою чергу, на три групи: склеренхіму; коленхіму; склереїди.

Провідна тканина своїми порожнистими клітинами прозенхімного типу створює судини і ситоподібні трубки. По судинах від кореневої системи до листя рухається вода з розчиненими в ній мінеральними речовинами, а по ситоподібних трубках — органічні речовини від листків до коренів.

Покривна тканина в стеблах рослин представлена шкіркою. Зовнішні стінки її клітин сильно стовщені і захищають стебло від надмірного випаровування вологи, охолодження, різних захворювань і пошкоджень.

Взаєморозподіл розглянутих тканин — закономірний наслідок функцій, які виконує стебло: механічної (опір статичним та динамічним навантаженням); провідної (забезпечення поверхні листків водою і розчиненими в ній мінеральними речовинами, а кореневої системи — органічними); основної (накопичення запасів поживних речовин).

Основною умовою існування і розвитку природи є те, що всі процеси, які відбуваються, прагнуть до рівноваги, тому в найзагальнішому випадку можна

вважати, що будова стебла визначається виконанням функцій, які сприяють встановленню стану рівноваги стосовно навколишнього середовища. Зі збільшенням маси рослин, інтенсивності обміну речовин, парусності листкової поверхні, тобто змінної морфології рослин, у процесі їх росту неминуче змінюються як властивості стебла, так і його будова (у соняшника, наприклад, роз'єднані провідні пучки зрощуються в суцільне периферійне кільце, яке потім поступово росте в товщину, а в кукурудзи сильно дерев'яніє тканина, перетворюючись на міцну липку масу). Тому при вивченні будови стебла та його фізико-механічних властивостей обов'язково потрібно враховувати фазу розвитку рослини на даний момент, тобто під будовою стебла слід розуміти раціональний розподіл тканин між собою у відповідному зрівноваженому стані виконуваних ним функцій на даному етапі розвитку рослини.

Для всіх рослин характерна радіальна будова стебла, що складається зі шкірки і центрального циліндра. Останній утворюють паренхімні клітини основної тканини, крізь яку проходить провідна тканина. Основна тканина в поперечному перерізі неоднорідна, зі зменшенням розміру клітин міцність її зростає. У деяких рослин спостерігається розривання паренхімних клітин центрального діаметра, в результаті чого стебло перетворюється на порожнисте (соломину).

У забезпеченні міцності тіла рослини та її органів беруть участь усі її тканини і клітини: живі і відмерлі. Аналогічно тканинам і клітинам, які відіграють у рослині роль, аналогічну ролі наповнювача у залізобетонних конструкціях, у рослинах є тканини і клітини, що відповідають арматурі залізобетону, протинаючи (а інколи й обмотуючи) основну масу тканин і клітин — ознаки подібного роду називають арматурними, або механічними, а сукупність їх — арматурою, стереомом або механічною системою. Арматура рослин може бути представлена трьома різними типами тканин і клітин: склеренхімною, коленхімною і кам'янистими клітинами (склереїдами).

Для всіх типів арматурних тканин характерне:

- ▶▶ значне етовщення клітинних стінок;
- ▶▶ тісне, за рідкісними винятками, змикання між клітинами;

▶▶ відсутність перфорації в клітинних стінках.

Найважливішою для забезпечення міцності рослин арматурною тканиною є склеренхіма. Ця тканина складається з прозенхімних клітин, які можна назвати товстостінними волокнами. У разі повного розвитку клітини зазвичай не мають ніякого матеріалу, і порожнини їх заповнюються повітрям. До цього часу клітинні стінки, за рідкісними винятками, дерев'яніють. Матеріал клітинних стінок типової склеренхіми за міцністю на розтяг і величиною межі пружності наближається до сталі. Слід зазначити, що за здатністю протистояти динамічним навантаженням без залишкових деформацій він значно перевищує сталь.

Коленхіма має різні клітини — від прозенхімних до паренхімних. Все живе в клітинах коленхіми зберігається і після того, як вони вже здеформовані.

У дводольних рослин між елементами провідної тканини майже зовсім немає прошарку з паренхімних клітин основної тканини, отже вона є щільним і досить міцним матеріалом.

Для однодольних рослин характерно те, що провідна тканина в міжвузлях роз'єднана основною тканиною, і тільки поблизу периферії створює міцне кільце, яке разом з вузловими перегородками забезпечує значну міцність стебла.

Отже, при вивченні міцності рослин потрібно досліджувати їх загалом, в усій сукупності складових елементів.

Зі сказаного можна дійти висновку, що під загальною будовою стебел сільськогосподарських рослин слід розуміти певну конструкцію із циліндра основної тканини, армованої провідними пучками й оточеної щільною шкіркою.

Вся різноманітність конструкцій стебел зумовлена розподілом його провідних пучків в основній тканині.

## 2.2 Обґрунтування конструкції і функціональної схеми удосконаленої машини

Розробка або оцінка конструкції кормозбирального комбайна може бути здійснена з обліком у першу чергу ступеня задоволення їм агротехнічних вимог.

Деякі агротехнічні вимоги є загальними для багатьох сільськогосподарських машин, деяких - специфічними й стосуються головним чином якості виконання операцій технологічного процесу, здійснюваного кормозбиральним комбайном. Розглянемо останні.

Кормозбиральний комбайн повинен забезпечувати:

-максимальний збір рослинної маси за рахунок скорочення її втрат за комбайном при прямому комбайнуванні;

-максимальний збір рослинної маси при її підборі з валків;

-подрібнення рослинної маси до заданої якості;

-мінімальне забруднення маси ґрунтом і залишками органічних добрив.

Втрати рослинної маси при збиранні комбайном залежно від причин, що викликають їх, можна розділити на наступні:

від високого зрізу стебел -  $q_1$

від подвійного зрізу стебел -  $q_2$

від недореза стебел -  $q_3$

від приминання й обриву стебел дільником -  $q_4$

від обламування частин рослин (качанів, кошиків) і викидання їх, або

зрізання стебел мотопилою або випадання з хедера -  $q_5$

від випадання маси із платформи хедера -  $q_6$

від випадання здрібноної маси із транспортерів або видування її швидко-

пневматическим транспортером і вітром -  $q_7$

По зазначених втратах можуть бути встановлені припустимі межі, які залежать від конструкції машини, умов її роботи й виду забирає культури, що. Сумарна маса втрат всіх видів, віднесена до біологічного врожаю культури  $Q$  за

винятком маси  $q_{cm}$  стерень, що відповідає нормальній висоті зрізу, характеризує

загальні втрати  $q$  за машиною

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7}{Q - q_{cm}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

Відповідно до сталих вимог загальні втрати рівні 3-5%.

Важливим для оцінки конструкції машини є аналіз складу загальних втрат вроздріб рослин, тому що вони володіють далеко не однакою кормовою цінністю. Так, наприклад, цінність качанів силосуємої кукурудзи, особливо в стадії молочновоскової зрілості, кошиків соняшника наприкінці цвітіння, листів і квітів рослин у кілька разів більше цінності стебел. Верхня ніжна частина стебла значно більше живильна в порівнянні з нижньою окоренковою, що має одерев'янілу структуру.

Методика визначення втрат за комбайном нескладна, однак кропітка й трудомістка. Коротко вона полягає в наступному. На ділянці лабораторно-польових випробувань комбайна визначають урожайність шляхом зважування зрізаної з декількох кліток, обраних у різних місцях ділянки, рослинної маси. Стебла зрізують на рівні припустимої висоти зрізу, тому їхня маса відповідає біологічній урожайності за винятком маси стерень. Залежно від прийнятої кратності (від трьох до п'яти) повторностей досвідів на поле підготовляють гони довжиною до 50 м. При проході комбайна по гонам під ним і за ним спеціальними підвішеними матер'яними вловлювачами збирають втрати. Після проході комбайна з ділянки збирають всі інші втрати. Втрати класифікують, зважують по видах і ділять на врожайність.

Середні дані від декількох повторностей приймають за показник машини. Тому що врожайність на тому самому полі часто коливається у широких межах (іноді до 30-40%), її визначення описаним вище способом дає часто більші погрішності. Вони стають ще більш відчутними при знаходженні втрат, тому часто застосовують і більше точний метод визначення врожайності маси на досвідченому полі. При русі комбайна по гонам у спеціальні матер'яні ємності збирають всю масу, видавану комбайном з вивантажувального органа. Її сумарна маса плюс всі втрати, у тому числі від високого зрізу, і становлять урожайність, стосовно якої визначається відсоток втрат. Обчислена в такий спосіб урожайність безпомилково характеризує умови, у яких проходять лабораторно-польові випробування машини.

Визначення втрат по їхніх видах має велике значення як для оцінки робочих органів машини, так і для розробки конструктивних заходів щодо їхнього поліпшення.

Втрати від високого зрізу відбуваються внаслідок конструктивних особливостей і параметрів зрізувального апарата комбайна. Вони значною мірою залежать від виду забирає культури.

Висота зрізу грубостебельних культур може бути більше, ніж тонкостебельних, тому що рельєф ґрунту від міжрядної обробки не дозволяє знижувати висоту зрізу, до того ж окоренкова частина стебел не представляє кормової цінності в стадії «силосоуборочної» зрілості.

Висоту зрізу  $h_p$  задають як середнє значення від ряду вимірів, тому що вона навіть у тих самих умовах коливається в широкіх межах залежно від рельєфу ґрунту, змін швидкості руху й коливання комбайна.

Висота зрізу залежить не тільки від конструкції різального апарата, але й від ширини його захвата. Залежно від ширини захвата, характеру збираємої культури і способу її посіву можуть бути прийняті наступні межі висоти зрізу.

Культури Тонкостебельні Товстостебельні

Посів..... Суцільний й вузькорядний Ширококорядний

Середня висота зрізу (мм) при захваті, мм:

1800 60—70

90—100

2600 80—90

110—140

3400 90—100

120—150

Втрати від високого зрізу становлять іноді 0,5-0,8% загальних втрат.

Втрати від подвійного зрізу при збиранні високостебельних культур жнивними апаратами з мотовилом неминучі. Вони становлять звичайно десятки частки відсотка і є несуттєвими. Особливе значення вони здобувають через непродуктивну витрату енергії на вторинне перерізання стебла. При неправильно обраних параметрах установки мотовила й режимі його роботи втрати від подвійного зрізу можуть збільшуватися. На збільшенні втрат від

подвійного зрізу позначається й стан самих посівів. Наприклад, при полеглости стебел уперед необхідно виносити мотовило вперед, при цьому його лопати рано припиняють свою дія на стебло. Останній зсковзує вперед і вдруге перерізується.

Втрати від подвійного зрізу збільшуються при великій ярусности стеблестоя, коли внаслідок високорасположеного мотовила низькі стебла не мають підпору, не укладаються на хедер, а вдруге попадають своїм комлем під ніж. У результаті подвійного зрізу під хедер попадають обрізки стебел, головним чином їхньої окоренкової частини. Довжина таких обрізків досягає 250 мм. Відомості

про втрати від подвійного зрізу, зіставлені з параметрами установки й режиму мотовила при наявності відомостей про стан забирає культури, що, можуть бути корисні для коректування конструкції машини.

Втрати від недорізу стебел при правильно обраних швидкостях ножа різального апарата виникають головним чином на збиранні товстостебельних культур. Їхньою причиною є натикання стебел на пальці, внаслідок чого стебло надломлюється, падає убік руху машини й тому перерізується частково. Недоріз стебел має місце при недостатності розчину між пальцями, ще повинен відповідати діаметру стебел. Недорізані стебла приминаються ріжучим брусом до землі й залишаються у вигляді втрат. Збирання гніздового посіву

товстостебельних культур супроводжуються більшими втратами від недоріза стебел, ніж збирання рядкових посівів. Втрати від недоріза стебел при несприятливих умовах можуть досягти 2-3%.

Втрати від приминання й обриву стебел дільником мають місце при його широкій підшві й неправильно обраних параметрах. При широкій підшві стебла нахилиються дільником вправо й уліво, частково обламуються й притискаються підшвою до ґрунту. Нахилені ж стебла погано попадають на хедер і губляться. Широка підшва дільника викликає більші втрати при збиранні узкорядних або суцільних посівів. При збиранні широкорядних посівів

втрати від приминання й обриву стебел дільником мінімальні. При збиранні переплутаних густих посівів часто виникають втрати зеленої маси через виривання стебел із ґрунту робочою крайкою дільника, що недостатньо добре

справляється з поділом переплутаного вузла стебел і відділенням, таким чином, що скошують стебел від остаючихся за жнивваркою в поле.

Таким чином, розглянуті втрати складаються зі стебел, прим'ятих до ґрунту, вирваних із ґрунту й обрізаних жнивваркою й витягнутих з її внаслідок зчеплення зі стеблами, що залишаються в поле. Вони можуть досягти значних розмірів. При роботі струмкових пристосувань на збиранні високостебельних культур більші втрати прим'ятих дільником стебел можуть виникнути при зсуві машини щодо рядка.

Втрати від обламування й викидання частин рослин мотовилом обумовлені наступними причинами. Лопати мотовила при впливі на стебла кукурудзи в зоні кріплення качанів іноді збивають із них качани, які падають не на хедер, а на землю, потрапляючи в такий спосіб у втрати. Втрати качанами, як ми вже відзначали, є істотними через їх велику кормову цінність. При великій швидкості мотовила можливий перелом стебел лопатами. Стебла повисають на лопатах, обертаються разом з ними й частково викидаються в поле. На збиранні соняшника захват стебел і обертання їхнім мотовилом зустрічаються часто через охоплення планок мотовила кошиками. Втрати від викидання стебел мотовилом іноді доходять до 1,5%.

Втрати від випадання рослинної маси із платформи хедера, мають місце при значних кутах нахилу платформи хедера, недостатнім зчепленні поверхні транспортера хедера з масою, недостатньо активному впливі мотовила на забирає масу, що, інакше кажучи, при певних конструктивних недоліках хедера.

Зелена маса часто губиться від випадання в щілину між транспортером хедера й нижнім вальцем, що пресує, живильного апарата. Відособлений облік зазначених втрат дозволяє оцінити конструктивні особливості хедера або вказати на необхідність коректування його конструкції.

Втрати від випадання маси з вивантажувального транспортера мають місце при сильному вітрі, коли здрібнена маса при падінні в кузов транспортного засобу несеться убік від нього. Для запобігання віднесення звичайно використовують спеціальні фартухи, що захищають потік маси від вітру.

У деяких випадках транспортуючі пристрої комбайнів самі роздмухують легкі фракції (при застосуванні швидко-транспортуючих пристосувань і неправильному їхньому використанні або конструктивних недоліках).

Розглянуті втрати і їхні джерела ставляться головним чином до кормозбиральних комбайнів, що мають жнивні апарати. Деякі з них можуть бути поширені й на роторні кормозбиральні машини. Однак є й специфічні втрати, що ставляться тільки до останнього. Так при використанні роторних кормозбиральних машин на збиранні високостебельних культур втрати рослинної маси стають досить значними й обумовлюються конструктивними особливостями цих машин. Особливо великі втрати качавів при збиранні кукурудзи роторними машинами.

Вимоги до якості здрібнювання рослинної маси, як ми вже відзначали, впливають не тільки з умови забезпечення нормального протікання процесу консервування або переробки на трав'яне борошно, але також з умови кращого використання транспортних ємностей і ємностей кормохранилищ, оскільки при більш ретельному здрібнюванні підвищується щільність маси. Здрібнювання дозволяє механізувати роздачу корму, а також робить його більше удобопоедаемым і краще усваєваемым, особливо грубих частин рослин. Однак ретельне здрібнювання деяких культур викликає при їхньому силосуванні таке ясне виділення соків, що силос збіднюється через витік соків із силососховищ. Здрібнювання є найбільш енергоємним з всіх процесів, виконуваних кормозбиральним комбайном. Витрата енергії на нього тим значніше, ніж дрібніше повинна бути рослинна маса, тому вимоги до її здрібнювання повинні бути в межах доцільного. Зайво тверді вимоги до здрібнювання викликають не тільки більшу витрату енергії, але й певним чином ускладнюють відповідні робочі органи комбайна, тому що вони повинні розраховуватися на більше тяжкі умови роботи.

Дотепер немає єдиного, всебічно науково обґрунтованого положення щодо раціонального ступеня здрібнювання рослинної маси.

Ступінь здрібнювання залежить від виду культури, її вологості, призначення корму, виду кормохранилищ, способу й сили ущільнення маси.

Велике значення для визначення вимог до ступеня здрібнювання має характер впливу измельчаючого органа машини на рослинну масу. У цьому зв'язку необхідно уточнити й більш ретельно визначити зміст понять, вкладених у термінологію, що стосується здрібнювання маси.

Дискові або барабанні ножеві апарати при здрібнюванні стебел перерізують їх поперек. Кожна із часток, таким чином, має два зрізи, відстань між якими по осі стебла прийнято називати довжиною різання. Часто ширина частки, рівна діаметру стебла, більше довжини різання. Для ущільнення здрібненої маси або її сушіння має значення не довжина різки, а обсяг

і площа поверхні часток. Якщо рослинна маса подрібнюється ріжучими органами, леза яких не тільки перерізують стебла поперек, але й розщеплюють їх уздовж, то якість підготовки маси до силосування або сушіння взагалі не може характеризуватися довжиною різання. Коли подрібнюючий апарат впливає

на листостеблову масу тупими крайками, які розминають, розривають і тріпають її, довжина різання є важко визначним і другорядним параметром. При цьому процес (подрібнення маси) характеризується ступенем здрібнювання або дріблення. Таким чином, якість здрібненої маси може характеризуватися в

одному випадку довжиною різання, в іншому - ступенем здрібнювання, тобто об'ємною величиною часток. В обох випадках повинні враховуватися деформація й розщеплення самих часток. Існуючі методики дозволяють об'єктивно оцінити два перших параметри, у той час як визначення останнього пов'язане із суб'єктивним сприйняттям стану часток маси.

При роботі барабанного або дискового подрібнюючого апарата якість здрібненої маси звичайно характеризують довжиною різання, що певним чином пов'язана з параметрами й режимом роботи апаратів

Довжина різання залежить не тільки від режиму роботи, але й від параметрів регулювання подрібнюючого апарата. Так, наприклад, зазор між ріжучим барабаном і протирізальною пластиною залежно від діаметра стебел, що перерізують, може відігравати вирішальну роль для довжини різання.

Звичайно в агротехнічних вимогах у нашій країні обмежують наявність часток у загальній масі здрібненого рослинного матеріалу певною довжиною.

Однак таке обмеження в більшості випадків робиться без достатнього наукового обґрунтування, часто на підставі суб'єктивних поглядів, тому агротехнічні вимоги по роках змінюються у відносно більших межах.

Машино випробувальні станції нашої країни, крім того, при оцінці якості здрібнювання маси комбайнами проводять її аналіз одночасно як по довжині різання, так і по расщепленості часток. Такий спосіб оцінки безсумнівно визначає характер здрібненої маси, однак ним дуже важко користуватися для остаточної порівняльної оцінки машин і тим більше визначити відповідність якості здрібнювання маси агротехнічним вимогам.

Забруднення й засміченість прибраної кормозбиральним комбайном рослинної маси ґрунтом, залишками органічних і мінеральних добрив або гербіцидів, а також частками роздріблених сторонніх предметів є одним з агротехнічних показників. Забезпечення мінімального забруднення й засміченості маси є завдання, що прагнуть вирішити конструктивно при розробці комбайнів, а також при їхній експлуатації. Забруднення є майже неминучою при збиранні маси із провяливанням, що супроводжується її згрібанням у валки, і ворошінням або впушиванням останніх. У цьому випадку маса засмічується не тільки дрібними небажаними із зоотехнічної точки зору домішками, але й найчастіше відносно великими сторонніми предметами, які можуть викликати поломку вузлів і робочих органів комбайна. Сторонні предмети (такі, як металеві частини машин, дрот або камені) можуть проходити через машину, у здрібненому виді попадати в корм і приносити тваринам, що поїдає його, велика шкода.

Найменше забруднення й засміченість рослинної маси має місце при її прямому комбайнуванні. При підборі ж маси з поверхні поля ці показники залежать від конструктивних особливостей підбирача й стану поверхні поля: його задерненості, висоти й щільності стерпи, засміченості залишками добрив і сторонніх предметів.

Очевидно, забруднення здрібненої маси ґрунтом більш ніж 0,5% варто вважати неприпустимою, і подальші роботи з удосконалення роторних комбайнів повинні бути спрямовані на зниження втрат маси при забезпеченні найменших втрат її, викликаних змушеним підвищенням висоти зрізу.

Подвійна функція ширяючих ножових барабанів польових подрібнювачів з точно встановленою довжиною різки зводиться до того, щоб, по перше, подрібнювати стебельчатий матеріал поданий у вигляді пресованого жгута, а потім викидати на відстань. Пізніше, коли дві функції бере на себе один робочий орган, то при його конструкції необхідно сказати про компроміс між ножем і падаючою лопастью, сама оптимальна конструкція ножа контрастно відрізняється від конструкції закипаючої лопасті. Якість подрібнюючого барабана характеризується якістю виконання обох функцій, тобто забезпечити максимальну відстань викиду при мінімальній потужності подрібнення.

Для теоретичного обґрунтування переміщення матеріала за допомогою схематичного зображення на рис. 2.3 пояснюються кути і позначення для подрібнюючого барабана. Спресований стебельчатий матеріал подається по направляючій опорі до барабану, подрібнюється ножами барабана, прискорюється, подається в барабан і через направляючий клапан викидається в гору у примикаючий розвантажувальний бункер. Переміщення матеріала у барабані поділяється на три основні періоди: період подачі  $\varphi_1$ , період переміщення  $\varphi_2$  і період викидання  $\varphi_4$ .

Поскільки відстань переміщення відповідно викида залежить від кінетичної енергії подрібнюваного матеріалу при викиданні в потрібному напрямку і від опору, який випробовує матеріал після викиду, на відстань викиду впливають наступні фактори:

1. Кутова швидкість барабану
2. Кут між ножами і форма падаючої лопасті
3. Число падаючих лопастей
4. Відстань між падаючою лопастью до корпусу
5. Кути які має корпус
6. Конструкція скребка
7. Напрямок викиду і установка розвантажувального бункера
8. Форма дефлектора в залежності від подрібнюваного матеріалу

9. Коефіцієнт тертя стбельчатої маси і падаючої лопасті. Стебельчатого матеріалу і корпусу або бункера

10. Фізико-хімічні, а також технологічні властивості подрібненого матеріала.

### 2.2.1. Теоретичні основи переміщення матеріалу

Для значного спрощення теорії відносного вентилятора при подачі і переміщенні матеріалу в стан потоку в подальшому розглядається стаціонарним, при цьому допускається, що при обертанні барабана утворюється кругоподібний повітряний потік. Це допустимо тоді, коли вентилятор приводиться у рух за допомогою значного дроселювання зі сторони всмоктування, тобто за допомогою мінімального переміщення повітря. Не ущільнена маса матеріалу утвореного шляхом різання була представлена об'єднана в одній матеріальній точці, і проблема таким чином зводиться до руху матеріальної точки, на яку не впливає навколишнє середовище.

При прийнятій кутовій швидкості барабана 30м/с радіус барабана 600мм польового подрібнювача з точною довжиною подрібнення швидкості захвата 1м/с і теоретичній довжині подрібнення 5-10мм можна допустити, що матеріально точка подрібненого матеріалу при подачі барабаном знаходиться в стані спокою на зовнішньому радіусі барабана, бо оскільки теоретична довжина подрібненої маси значно менша від радіуса барабана, а швидкість матеріалу значно менша кутової швидкості барабана. Внаслідок того, що земне прискорення значно менше відцентрового прискорення матеріалу, сила тяжіння при врівноваженні сил не береться до уваги. Так як більш за все використовуванні кути нахилу  $\lambda$  утворює менше 15 градусів, то при теоретичних розрахунках не враховуються складові елементи сили і рухи при  $Y$ - напрямку, завдяки чому отримуємо задачу площин в радіальній площині.

**Період подачі.** При подачі матеріалу лопаттю, мова йде про ударний процес, що характеризується числом ударів  $X$  і напрямком удару. Так як даний

процес проходить при невеликому куті обертання барабану  $\Delta\varphi$ , то ударний процес може розглядатися як поступально рухаючийся в нормалі до ножиць. Якщо в якості граничного випадку прийняти повністю пластинний удар і при зменшенні швидкості руху барабана в результаті удару різання заставить час ударної відстані йти проти 0, то можна, приймаючи до уваги вище назване припущення, скласти рівновагу сил по рис.2.3 і рівняння руху. Сила маси розділена на складові в s- і z- напрямку, При малому значенні  $\alpha$  і  $a=f(r)$  матеріал рухається відносно до центру барабана внаслідок  $ms$ , а також  $2\mu mws$  до того ж,  $r^i$  може скорочуватися.

Для руху матеріалу на поверхню приготвлена зворотня технологія (рис.2.4).

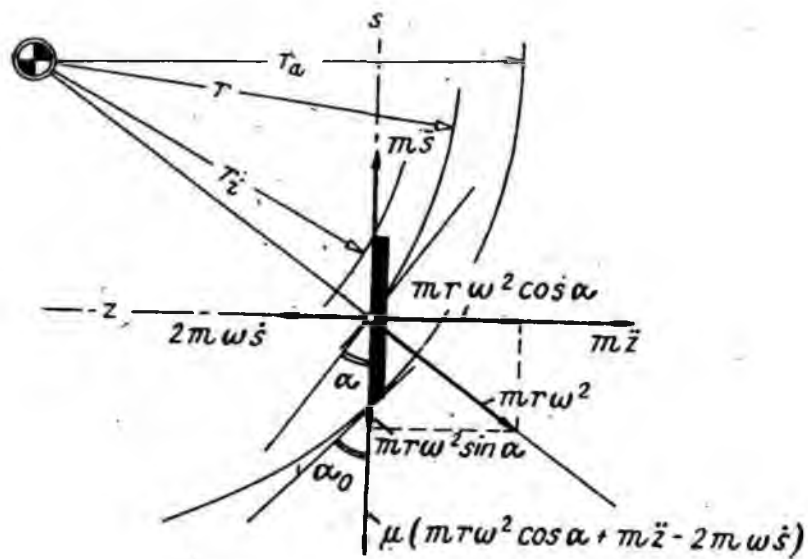


Рис. 2.3. Сили, що діють на часточку маси на подаючій лопаті

Але фактично мова буде йти частково пластичному імпульсивному ударі,  $0 < k < 1$ . Подальше зіставлення маси матеріалу  $m$ , що повинна прискорюватися в  $r_c$ , і маси барабана  $m_{бар.а}$ , яка циклічно розподілена в  $r_a$  показує, що  $m \ll m_{бар.а}$ . Якщо допустити для вихідного стану при подачі здрібненого матеріалу лопатою,

що  $\omega$  - постійна величина, то одержимо стан швидкості по рис. 3. Тут відхилення швидкості  $\alpha''$  від нормалей удару визначається через  $M$ . Для наочного зображення допустимо, що  $M$  унекається, тоді в результаті  $m \ll m_{\text{бар},a}$  для матеріальної точки  $m$  в  $O$  виходять швидкості в нормалях ножів і їхня радіальна частина.

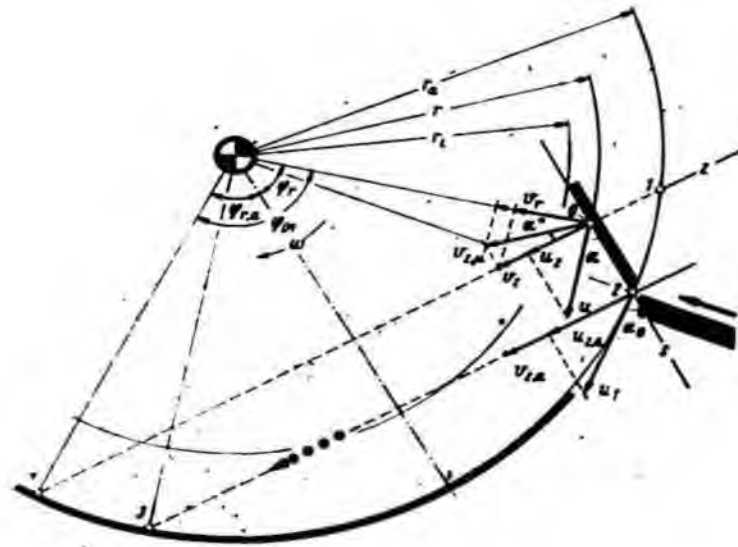


Рис. 2.4. Швидкості при подачі матеріалу лопатою в ударному процесі.

При складовій швидкості барабана в  $Z$  - напрямку

$$u_z = u_{\text{бар}} \frac{r}{r_a} \sin \alpha \quad (2.2)$$

тоді має силу для швидкості матеріалу в  $Z$ - напрямку

$$v_z = u_{\text{бар}} \frac{r}{r_a} \sin \alpha + k u_{\text{бар}} \frac{r}{r_a} \sin \alpha \frac{m_{\text{бар}}}{m_{\text{бар}} + m} \quad (2.3)$$

і на основі вищезроблених допущень

$$v_z = u_{\text{бар}} \frac{r}{r_a} \sin a (1 + k) \quad (2.4)$$

при радіальній складовій

$$v_r = \frac{u_{\text{бар}}}{2} \frac{r}{r_a} \sin a (1 + k) \quad (2.5)$$

При переміщенні матеріалу після подачі його падаючою лопатою теоретично мова йде про прямолінійний, рівномірний рух. При допущенні, що матеріал подається  $r = r_a$  (причому  $a = a_0$ ), виходить із рівнянь / 2.3/ і / 2.4/

$$v_z a = u_{\text{бар}} \sin a (1 + k) \quad (2.6)$$

$$v_{ra} = \left( \frac{u_{\text{бар}}}{2} \right) \sin 2a_0 (1 + k) \quad (2.7)$$

Підсумовуючи, можна встановити, що для  $k > 1$  у результаті  $v_z > u_{\text{бар}} \frac{r}{r_a} \sin a$  матеріал постійно буде поспішати вперед. При цьому швидкість

матеріалу  $v_m$  після удару при  $k=1$  і  $a_0=90^\circ$  рівняється подвійній

коловій швидкості барабана, так що для визначення потужності на прискорення при продуктивності  $Q$  і при окружній швидкості барабана  $u_{\text{бар}}$  згідно відношенню

$$N_\epsilon = \frac{mv_m^2}{2} \quad (2.8)$$

Відповідно при  $\alpha = 90^\circ$  к. к. л. буде постійно перебувати нижче 50%. При  $\alpha \neq 90^\circ$  матеріал має радіальну складову швидкості, пропорційну коефіцієнту тертя, щодо падаючої лопаті з максимумом при  $\alpha = 45^\circ$ .

Тепер з рівняння / 2.9/ можна визначити кут  $\varphi_1$  корпусу й відставання барабана стосовно матеріалу. У той час коли матеріальна точка  $m$  рухається від 0 до 4, барабан зі швидкістю  $\omega$  обертається навколо корпусу з кутом  $\varphi_{04}$  який може бути більше, менше або рівнятися  $\varphi_{04}$ . Це значить, що матеріал при відповідає граничним умовам може скочити по падаючій лопаті, таким чином, що подаюча лопата, що розганяє матеріал, не викидає його. Наступна можливість полягає в тому, що матеріал, не рухаючись вдоволь падаючої лопаті ( $\varphi_2 = 0$ ) попадає до зовнішнього кінця барабана; для цього випадку подача матеріалу в  $r_a$  має силу слідує відношення для гранично припустимого кута,

при якому  $\varphi_{42} = \varphi_2 = \varphi_{23}$  виходить, матеріал захоплюється падаючою лопатою, у той момент, коли він попадає на корпус:

$$\operatorname{ctg} \alpha_0 = (1 + k) \left( \frac{\pi}{2} - \alpha_0 \right) \quad (2.9)$$

Якщо лопать досягає матеріал, вона подає його у возобновленному ударному пренесі з мінімальною відносною швидкістю. Якщо ця відносна швидкість настільки незначна, що нею можна знехотити, отже, колова швидкість руху матеріалу й подаючої лопаті однакові, то виходить зрівноважування сил по рис.2.5. Використовуючи це зрівноваження сил, можна скласти рівняння руху, визначити швидкості й одержати граничні умови.

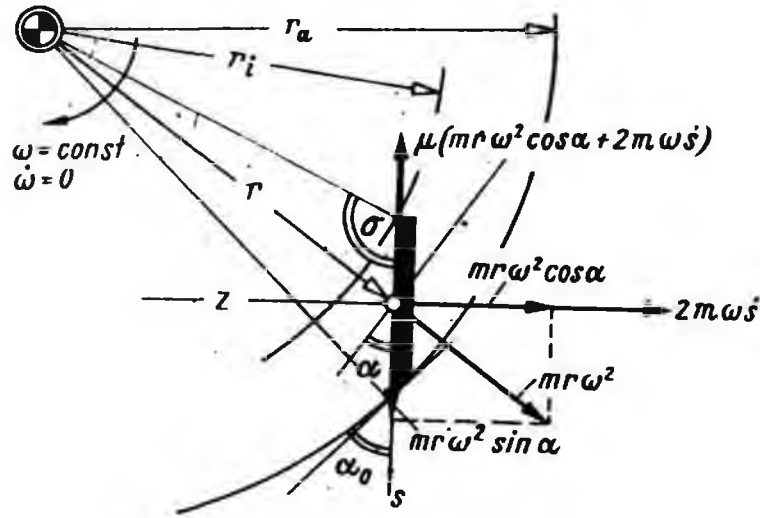


Рис. 2.5. Сили, що діють на часточку маси на падаючій лопаті.

Для швидкості руху матеріалу уздовж лопати відомий також кут  $\varphi_2$ , тому при наведеному відомому куті корпусу можна визначити кут періоду переміщення.

Період переміщення. На підставі вищевказаних теоретичних розрахунків періоду подачі не підтверджується загальне допущення, що довжина періоду проходження матеріалу дорівнює окружності барабана від місця подачі до викиду. Значно більший вплив роблять на ефективний кут періоду проходження, а разом з тим і на довжину шляху й час тертя кута подаючої лопаті  $\alpha$ , радіус барабана  $r$ , коефіцієнти удару  $k$ , і коефіцієнт тертя  $\mu$ .

Знаючи кут періоду подачі й наявний кут корпусу, можна визначити кут періоду проходження  $\varphi_3$ , а після одержати потужність тертя.

Період викиду. Відношення швидкостей при викиді показані на рис.2.6.

Згідно з цим, при вільному викиді й русі матеріалу від  $r_i$  до  $r_a$  відбувається викид матеріалу зі складеною швидкістю  $V_{\text{вип}} = V$  залежності від кута корпусу  $\varphi$  і відхилення швидкості  $\Psi$  на лопаті виходять кути викиду  $\beta$  і  $\psi$ .



### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮЮЧОГО БАРАБАНА КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

#### 3.1 Експериментальне визначення довжини різки різальним барабаном

Визначення форми леза ножів. Особливістю розглянутих різучих апаратів є те, що кут  $\alpha$  нахилу ножа щодо протирізальної пластини й кут  $\chi$  защемлення рівні, тому аналіз схеми циліндричного різучого апарата в площині, перпендикулярній до площини різання, зводиться до розгляду таких його параметрів, як товщина  $h$  розрізаємого шару, висота  $a$  розташування вала барабана над протирізальною пластинною, діаметр барабана  $D_6$  у взаємозв'язку зі швидкостями  $v_{ср}$  подачі шару матеріалу й окружної швидкості  $v_6$  барабана.

Траекторія ножів барабана відносно шару матеріалу з обліком одночасного їхнього обертання навколо осі барабана з кутовою швидкістю  $\omega$  й подачі на барабан шару маси зі швидкістю  $v_{ср}$  може бути представлена у вигляді трьохіди (рис.3.1), рівняння якої в нерухомих осях координат  $Ox$  і  $Oy$  має вигляд

$$x = v_{ср} t + \frac{D_6}{2} \cos \omega t \quad (3.1)$$

$$y = \frac{D_6}{2} (1 - \sin \omega t) \quad (3.2)$$

де  $t$  — час, за яке барабан повернувся на кут  $\omega t$ .

Тут прийняте допущення, що не шар маси рухається поступально на барабан, а барабан рухається на нерухомих шар з його швидкістю.

При побудові послідовних положень ножа відношення швидкостей  $v_6$  і  $v_{ср}$  прийнято приблизно рівним одиниці, що дало трьохіди витягнуту форму.

Відстані між будь-якими однорідними точками суміжних відрізків трьохіди рівні між собою і є розрахунковою довжиною різання  $l_{розр}$ . Цю довжину можна

визначити, якщо значення абсциси  $x$  відняти зі значення абсциси  $x_b$  наступного ножа за умови рівності їхніх ординат  $y = y_b$  для обох наступних положень, тобто

$$l_{\text{розр}} = x_b - x \quad (3.3)$$

Нехай центральний кут між ножами

$$\theta = \frac{2\pi}{z} \quad (3.4)$$

де  $z$  — число ножів на барабані

Можна написати

$$\sin \omega t = (R_b - y) / R_b \quad (3.5)$$

Тоді

$$\cos \omega t = \sqrt{1 - \left(\frac{R_b - y}{R_b}\right)^2} \quad (3.6)$$

Підставляючи значення  $\cos \omega t$ , одержуємо

$$x = v_{\text{ср}} t + R_b \sqrt{1 - \left(\frac{R_b - y}{R_b}\right)^2} \quad (3.7)$$

Ніж в досягне в шарі положення  $\alpha$  із запізненням на час  $\Delta t$ , необхідне для повороту барабана на кут  $\theta$ , тобто

$$\Delta t = \theta / \omega \quad (3.8)$$

Отже, абсциса для нового положення ножа в

$$x_b = v_{\text{ср}} (t + \Delta t) + R_b \sqrt{1 - \left(\frac{R_b - y}{R_b}\right)^2} \quad (3.9)$$

Підставляючи значення  $\Delta t$  і враховуючи, що  $y_b = y$ , відповідно до виразу (84), одержуємо

$$l_{\text{розр}} = x_b - x = v_{\text{ср}} \left(t + \frac{\theta}{\omega}\right) + R_b \sqrt{1 - \left(\frac{R_b - y}{R_b}\right)^2} - v_{\text{ср}} t - R_b \sqrt{1 - \left(\frac{R_b - y}{R_b}\right)^2} \quad (3.10)$$

Звідки

$$l_{\text{розр}} = v_{\text{сл}} \theta / \omega \quad (3.11)$$

Підставляючи значення  $\theta$  і  $\omega$ , знаходимо

$$l_{\text{розр}} = v_{\text{сл}} \frac{2\pi}{2\pi n z} = \frac{v_{\text{сл}}}{n z} \quad (3.12)$$

де  $n$  — частота обертання барабана.  
Розташування осі барабана відносно протирізальної пластини.

Розглядаючи складний рух леза ножа (рис. 2.6), можна бачити, що результуюча

швидкість леза  $v$  залежно від його положення змінює свій напрямок щодо руху шару. Проекція її на напрямок руху шару може характеризувати вплив леза на шар маси. Дійсно, в точці А проекція швидкості  $v_p$  являє собою швидкість

$$v_{\text{онт}} = v_p \cos \varphi \quad (3.13)$$

З якою лезо впливає на шар, відштовхуючи його й перешкоджаючи надходженню маси в барабан і її різання.

Виходячи із цього, подача повинна здійснюватися в тій місці барабана, де відталкуючої дії ножа нема, тобто  $v_{\text{онт}} = 0$ . Відповідно до вираження (3.13)

$v_{\text{онт}} = 0$  тоді, коли  $\varphi = \pi/2$ , тобто результуюча  $v_p$  спрямована перпендикулярно напрямку руху шару, як це має місце в точці В.

Направлення й величина швидкості  $v_p$  є функціями кута  $\psi$  повороту барабана. З паралелограма швидкостей для положення леза в будь-якій точці

можна написати

$$v_p^2 = v_{\text{сл}}^2 + v_b^2 + 2v_{\text{сл}} v_b \cos \psi \quad (3.14)$$

У точці В, для якої дотримана умова,  $v_{\text{онт}} = 0$

$$v_b^2 = v_{\text{сл}}^2 - v_p^2 \quad (3.15)$$

Прирівнюючи ці вирази, можна встановити значення кута  $\psi$ , при якому  $v_{\text{онт}} = 0$ , тобто визначити точку, де зовсім відсутня відталкуюча дія леза й

з'являється явище зтягування стebel. У цій точці мають місце найбільш сприятливі умови для різання шару

$$\cos \psi = -v_{cl} / v_b \quad (3.16)$$

Умова можна одержати із залежності кута  $\psi$  від  $\varphi$  по рис. 146:

$$\cos \psi = \frac{v_{opt} - v_{cl}}{v_b} = \frac{v_p \cos \varphi - v_{cl}}{v_b} \quad (3.17)$$

звідки при  $\varphi = \pi/2$

$$\cos \psi = -v_{cl} / v_b \quad (3.18)$$

Якщо задана товщина шару  $h$  матеріалу, що перерізується барабаном, дорівнює висоті горловини, то піднесення  $a$  осі барабана над протирізальною пластиною можна визначити із трикутника BOE:

$$\Delta h = a - h = \frac{D_b}{2} \cos \psi \quad (3.20)$$

звідки з урахуванням виразу (3.20)

$$a = h + \frac{D_b}{2} \frac{v_{cl}}{v_b} \quad (3.21)$$

Із цієї формули випливає, що для забезпечення нормального різання вісь барабана повинна розташовуватися вище протирізальної пластини на величину

$$h + \Delta h = h + \frac{D_b}{2} \frac{v_{cl}}{v_b} \quad (3.22)$$

більшу заданої товщини шару.

Як видно з даного виразу, зі збільшенням окружної швидкості барабана величину  $\Delta h$  можна відповідно зменшити. Місце розташування осі барабана щодо протирізальної пластини визначають величини  $a$  й  $u$ . Останню знайдемо із

трикутника OKL:

$$u = a / \operatorname{tg} \psi_n \quad (3.23)$$

де  $\psi_n$  – кут, що визначає положення кромки протирівної пластини щодо центра барабана;  $\sin \psi_n = 2a / D_b$ .

Товщину шару матеріалу, як і висоту горловини ріжучого апарата, вибирають виходячи з умови найбільш вигідного різання. Чим тонше шар, тим менше питома робота, необхідна для його перерізання, і, отже, раціональніше різання. Барабанний подрібнюючий апарат завдяки можливості застосування широкої горловини без конструктивних ускладнень машини дозволяє здійснювати тонкошарове різання.

Гранична висота  $h_{\max}$  горловини в барабанних ріжучих апаратах обмежена діаметром барабана й становить

$$h_{\max} = \frac{D_b}{2} - \Delta h = \frac{D_b}{2} \left( 1 - \frac{v_{cl}}{v_b} \right) \quad (3.24)$$

Однак застосування такої висоти нераціонально, тому що при цьому нижні шари матеріалу перерізуються ножом, що має незначний передній кут, з великою витратою енергії. Проекція результуючої швидкості  $v_r$  леза на напрямок руху шару різко зростає, і для самої нижньої точки барабана ( $\varphi=0$ ) відповідно до вираження  $v_r = v_{\text{тан}}$ , тобто швидкість леза спрямована уздовж шару.

Косе різання шару, що настає після точки В, для волокнистих матеріалів часто вигідніше, ніж перпендикулярне різання, що має місце в точці В. Однак тому що звичайно товщина шаруючи  $h < 0,25D$  практично приймають

$$h_{\max} = 0,25D$$

РОЗРАХУНКОВА ДОВЖИНА РІЗКИ, ЧИСЛО НОЖІВ НА БАРАБАНА І ЙОГО ПРОПУСКНА ЗДАТНОСТЬ

Розрахунок довжини різки, кількості ножів на барабані і його пропускної здатності. Розрахункова довжина (мм) різання [див. вираз (3.25)]

зв'язане зі швидкістю подачі шару  $v_{cl}$ , числом ножів  $z$  і частотою  $n$  (об/хв) обертання барабана залежністю

$$l_{\text{розр}} = \frac{v_{cl} \cdot 60000}{nz} \quad (3.25)$$

У сучасних ріжучих апаратах частоту обертання барабана звичайно приймають у межах 800—1500 об./хв., розрахункова довжина різкі  $l_{розр} = 10—80$  мм. Швидкість  $v_{ca}$  подачі шару визначають залежно від частоти обертання живильних вальців, пов'язаної із заданою продуктивністю. Таким чином, для необхідних умов з виразу (3.25) можна знайти необхідне число ножів на барабані.

$$Z = \frac{v_{ca} \cdot 60000}{n l_{розр}}$$

У всіх випадках отримане по даному виразу число ножів округляють до цілого числа й, як правило, беруть парним, тому що при заміні ножа, що вийшов з ладу, або при необхідності змінити їхню кількість, знімаючи протилежний парний ніж, можна зрівноважити барабан.

Пропускну здатність (кг/с) барабана в здрібненому матеріалі можна визначити, виходячи із заданої розрахункової довжини  $l_{розр}$  різання й максимальної припустимої товщини  $h_{max}$  його шару, подаваного в барабан:

$$G = \frac{h_{max} b l_{розр} \rho z n}{6 \cdot 10^9} \quad (3.26)$$

де  $b$  — ширина горловини, рівна довжині барабана,  $\rho$  — щільність стислого вальцями матеріалу.

Практично робочі межі подачі  $G_{под}$  становлять 0,5—0,7 пропускну здатності, тобто

$$G_{под} = (0,5 \div 0,7) G$$

Розрахунок параметрів плосконожевого подрібнюючого барабана.

Протягом 10-15 років у світовій практиці й особливо в нашій країні знайшли широке застосування подрібнюючі барабани з кидуючими ножами. Такі ножі виконуються в перегині із плавного вигнутою передньою гранню, поверхня якої відіграє роль лопатки, що шпурляє. Лезо ножа, як правило, утворює із протиріжучою пластиною кут нахилу, що запобігає взаємодії з нею ножа

одночасно всією його довжиною, оскільки така взаємодія при порушенні зазору у бік зближення ножа й пластини може привести до значних деформацій й руйнуванням ріжучої пари. Кут нахилу ножа, як ми вже відзначали, дозволяє також використати більше раціональне похиле різання й забезпечити рівномірне навантаження на барабан у період його обороту.

Таким чином, описані ножі мають складну форму, у поперечному перерізі Г-образну або U-образну, у поздовжньому гвинтоподібну. Кут  $\alpha$  нахилу крайки ножа щодо циліндричної утворюючого барабана постійний по всій його довжині, як і кут  $\beta$  заточення леза.

Все це, а також висока кидюча здатність, є перевагами такого барабана. Однак Г-образні ножі гвинтової форми мають і певні недоліки. Технологія їхнього виготовлення, особливо при застосуванні двошарових прокатів

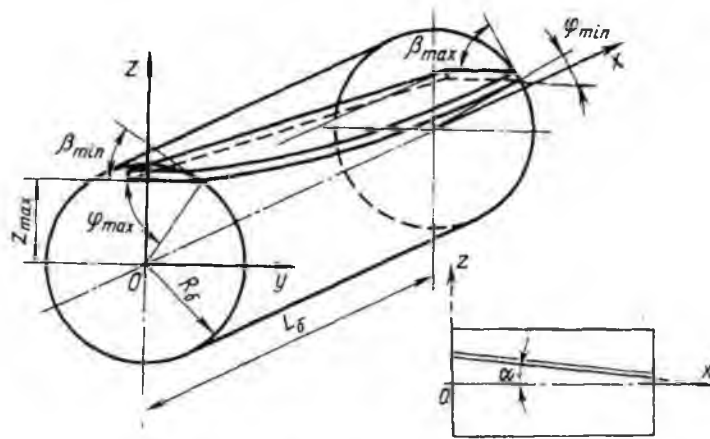
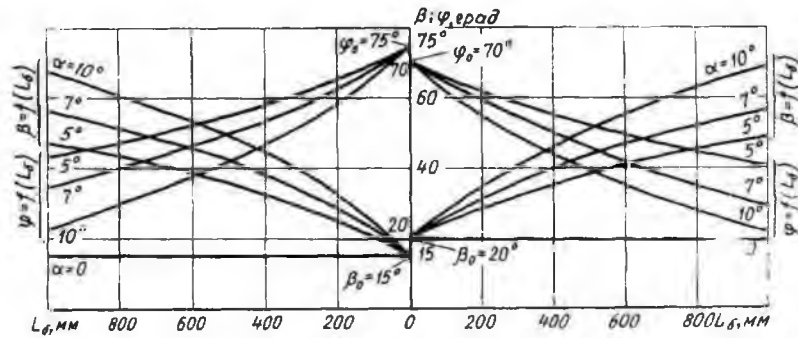


Рис. 3.1. Схема для визначення параметрів плоских ножів барабана

або наплавлення крайок твердими сплавами, складніше, ніж для плоских ножів. Розташування лез на консолях, обумовлене Г-образною формою ножів, знижує їхню стійкість до ударної деформації й руйнування. Нарешті, зношування лез таких ножів і, як наслідок цього, багаторазове їхнє заточення

НУ



И

Рис. 3.2. Залежність кутів установки леза ножа по довжині ножа.

можуть істотно змінити вихідну раціональну форму лез. Через зазначені недоліки останнім часом всі частіше застосовують барабани із плоскими кидаючими ножами, але зі спеціальними підножевми кидаючими балками.

Кромка леза плоского ножа, встановленого на барабані (рис. 3.1) під деяким кутом  $\alpha$  до його осі  $OX$  і гранню ножа під переднім кутом  $\varphi$  у площині  $YOZ$ , за умови заточення його фаски по циліндрі радіуса  $R$  барабана здобуває форму частини еліпса. При цьому, що ще більш важливо, передній кут  $\varphi$  і пов'язаний з ним кут  $\beta$  заточення леза по довжині ножа непостійні, як у гвинтоподібному ножі. Ці кути можуть бути постійні лише при відсутності нахилу ножа, тобто при  $\alpha = 0$ . У всіх інших випадках, коли  $\alpha > 0$ , кут  $\varphi$  буде змінюватися від максимального значення  $\varphi_{\max}$  з боку краю ножа (у площині  $YOZ$ ), що відстає від напрямку обертання барабана при різанні, до мінімального значення  $\varphi_{\min}$  з іншого краю ножа. Кут  $\beta$  заточення буде змінюватися у зворотному порядку -  $\beta_{\min}$  (у площині  $YOZ$ ) з відстаючого краю ножа до  $\beta_{\max}$  поперед краю, що йде. Кути  $\varphi$  і  $\beta$  для ножів барабана, що заточують по циліндрі, з деяким допущенням можна вважати додатковими, тобто  $\varphi + \beta = 90^\circ$ .

При розробці барабанів із плоскими ножами важливо знати закономірності зміни цих кутів по довжині барабана, тому що збільшення кута  $\beta$  і зменшення кута  $\varphi$  викликає інтенсивне зростання зусилля  $P_{P^3}$ , роботи  $A$  и питомої роботи  $A_{уд}$  різання.

З рис. 3.1 неважко побачити, що закономірність зміни кута  $\beta$  можна виразити співвідношенням

НУ

И

$$\beta = \arccos \frac{z_{\max} \operatorname{tg} \alpha}{R_0} \quad (3.27)$$

де  $z_{\max} = R_0 \cos \beta_0$

Змінюючи входні в ці вираження величини  $\alpha$  й  $\beta_0$ , де ( $\beta_0$  — мінімально припустимий кут з погляду стійкості леза до ударного навантаження

Відповідно збільшення діаметра барабана дозволяє зменшувати кут  $\beta$  і збільшувати кут  $\varphi$  при інших рівних умовах (тобто при більших кутах  $\alpha$ ). Аналіз показує, що збільшення діаметра барабана лише для застосування ножів з

більшими кутами  $\alpha$  конструктивно нераціонально. Взагалі у барабанах з плоскими ножами одержати кути  $\alpha_{кр}$  нахилу кромки леза щодо його циліндричної утворюючої по всій довжині барабана в межах оптимальних, тобто

20—27°, практично неможливо. Це обумовлено тим, що кут  $\alpha_{кр}$ , вимірюваний у барабанному ріжучому апараті із гвинтоподібними ножами, як кут між дотичною до кромки ножа й лінією кромки протиріжучої пластини в точці їхнього контакту, для плоских ножів змінюється уздовж довжини барабана в значних межах:

$$\alpha_{кр} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \beta} \quad (3.28)$$

або, підставляючи значення  $\sin \beta$ , знаходимо

$$\alpha_{кр} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 - \left( \frac{z_{\max} \operatorname{tg} \alpha}{R_0} \right)^2}} \quad (3.29)$$

Таким чином, кут заточення  $\rho$  і, що ще більш важливо для процесу різання, кут  $\rho$  істотно різні по довжині плоского ножа, що обумовлює відповідну зміну зусилля різання й, отже, нерівномірність навантаження барабана моментом різання.

Викладене вище дозволяє зробити висновок про те, що з погляду процесу різання плоскі ножі істотно уступають гвинтоподібним.

Задня фаска леза ножа будь-якого барабана, що заточується по циліндрі, має форму дуги  $ab$ , і тому задній кут  $\gamma$  відсутній, тобто  $\gamma = 0$ , у деяких випадках для міркувань дугу  $ab$  можна замінити стягуючою її хордою, прийнятої за ширину  $l_\phi$  фаски. Тоді кут  $\gamma$  між хордою й дотичною до кромки

в леза можна прийняти за деякий мнімий задній кут  $\gamma_m$ . Неважко бачити, що

$$\gamma_m = \arcsin \frac{l_\phi}{2R_\phi} \tag{3.31}$$

Кут  $\gamma$  має значення лише при розрахунках леза на ударну стійкість або вигину, у яких має значення величина  $\beta_s$ , оскільки  $\beta_s = \beta - \gamma_m$  і  $\phi - \beta_s + \gamma_m = 90^\circ$

Однак для визначення кута  $\gamma_m$  необхідно знати величину  $l_\phi$ . Для плоских ножів  $l_\phi$ , як і кути  $\beta, \alpha$  і  $\phi$ , змінюється по довжині ножа.

Підставляючи значення  $l_\phi$  у вираз для  $\gamma_m$  можна одержати величину  $\beta_s$ , що також буде змінюватися по довжині ножа в широких межах. Іншими словами, стійкість до вигину й ударна стійкість леза плоского ножа по його довжині змінюються в широких межах, що не є його перевагою. Таким чином

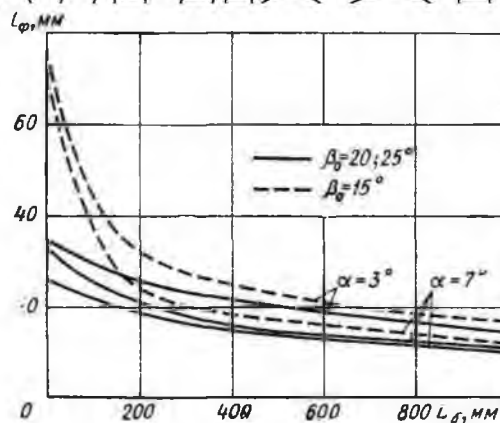
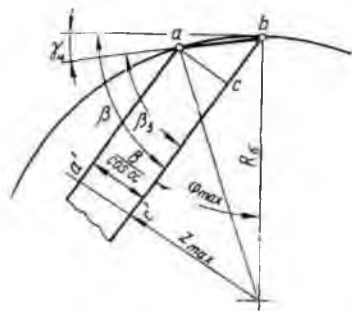


Рис. 3.3. Форма фаски леза

Рис. 3.4. Зміна ширини фаски  $l_\phi$  по і

плоского ножа

довжин при різних кутах  $\alpha$  і  $\beta$

плоский ніж, установлений на барабані під кутом  $\alpha$  й  $\phi$  с переднім кутом  $\phi$ , при заточенні задньої фаски леза по циліндрі має змінні геометричні параметри

по довжині барабана (такі, як кут  $\rho$  заточення, передній кут  $\sigma$ , кут акр нахилу крайки леза до циліндричних утворюючого барабана, ширина фаски  $\phi$ ). Діапазон зміни цих параметрів по довжині барабана настільки великий, що обов'язково вимагає обґрунтованого вибору вихідних параметрів  $a$ ,  $R_0$  й порівн, щоб обмежити одержувані при обробці барабана їхнього значення в межах, припустимих з погляду раціональності процесу різання.

### 3.2 Енергетична оцінка розробленої конструкції барабана

Розрахунок удосконаленого подрібнювача кормозбирального комбайна

MARAL 125

Подача рослинної маси до подрібнювального апарата

$$q = B v_m Q, \quad (3.32)$$

де  $B$  – ширина захвату;

$v_m$  – швидкість машини;

$Q$  – врожайність рослинної маси.

Для розрахунку ми беремо максимальну ширину захвату  $B=4,2$  м; середню врожайність  $Q=50000$  кг/га; швидкість машини  $v_m=8$  км/год або 2,22 м/с

Потужність на привід подрібнюючого барабана

$$N = \frac{m v_6^2}{2}, \quad (3.33)$$

де  $v_6$  – колова швидкість барабана;

$m$  – секундна подача маси рослин в одиницю часу.

$$v_6 = \omega r, \quad (3.34)$$

де  $r$  – радіус барабана;

$\omega$  – окружна швидкість барабана:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (3.35)$$

де  $n=900$  об/хв оберти барабана.

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 900}{30} = 94.2 \text{ рад/с}$$

$$v_0 = 94,2 \cdot 0,4 = 37,68 \text{ м/с}$$

$$m = q / g,$$

де  $g=9.8$  – прискорення вільного падіння.

$$q = 4,2 \cdot 2,22 \cdot 5 = 46,62 \text{ кг/с}$$

$$m = 46,67 / 9,8 = 4,76$$

Знаходимо потужність на привід:

$$N = \frac{4,76 \cdot 37,68^2}{2} / 75 = 45,5 \text{ л.с.}$$

Переводимо л.с. в кВт:

$$45,5 \text{ л.с.} = 33 \text{ кВт}$$

Знаходимо крутний момент на подрібнюючому барабані:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega}$$

Отримаємо:

$$M_{кр} = \frac{33000}{900} = 36,67 \text{ Н/м}$$

### 3.3. Методика визначення показників призначення машин

1. Показники якості виконання технологічного процесу визначають в оптимальні строки після обкатки машини і напрацювання не менше 15% необхідного обсягу. Досліди проводять на двох режимах: при максимальній (пропускна здатність) та номінальній продуктивності. Максимальною вважають найбільшу продуктивність, при якій машина виконує технологічний процес без порушень та перевантажень механізмів і приводних двигунів. Номінальною вважають продуктивність, яка складає 70-80% від максимальної. Повторність

дослідку на кожному режимі повинна бути не менше ніж триразовою. Тривалість кожного дослідку повинна складати не менше десяти хвилин.

Дослідження починають при сталому режимі роботи машини. Тривалість дослідку фіксують секундоміром СОСпр-26-2 ТУ 25-4819.0021.

2. Продуктивність за годину основного часу ( $Q$ , т/год) розраховують за формулою:

$$Q = \frac{3,6 M_d}{t_d}, \quad (3.36)$$

Де  $M_d$  – маса зібраної впродовж дослідку рослинної маси, кг;

$t_d$  – тривалість повторності дослідку, с.

Масу зібраної впродовж дослідку рослинної маси визначають зважуванням на вагах РР-15ШІЗ ТУ 25.06.1301. Повторність триразова.

3. Швидкість руху машини ( $V_p$ , м/с) розраховують за формулою:

$$V_p = \frac{\alpha_p}{t_d}, \quad (3.37)$$

4. Фактичну ширину захвату визначають вимірюванням рулеткою Р10Н2К ГОСТ 7502 відстані від кілків до нескошеної рослинної маси. Кілки виставляють до проходу машини по довжині залікової ділянки на відстані трьох метрів нескошеної рослинної маси через десять метрів один від одного.

5. Висоту зрізу визначають вимірюванням лінійкою металевою ГОСТ 427 на трьох залікових майданчиках, розміщених по ГСТУ діагоналі ділянки. На кожному заліковому майданчику проводять не менше ста вимірювань. Вимірювання проводять на залікових майданчиках довжиною десять метрів і шириною, яка дорівнює ширині захвату машини (для прсапних культур), та в рамці площею  $0,5 \text{ м}^2$  (для культур сучільного посіву). Більшим боком рамку встановлюють перпендикулярно напрямку руху машини. Рекомендовані розміри рамки:  $1,5 \times 0,33 \text{ м}$  для машин з шириною захвату до  $1,4 \text{ м}$  і  $2,1 \times 0,23$  для машин з шириною захвату більше  $1,4 \text{ м}$ .

6. Якість подрібнення рослинної маси визначають методом відбору п'яти зразків масою від  $0,5$  до  $1,0 \text{ кг}$ . Зразки змішують і для подальших вимірювань

відбирають один масою 0,5 кг для трави та масою 1,5 кг для кукурудзи. Лінійкою металевою вимірюють довжину частин зразка і розподіляють по фракціях: 0-10; 10-20; 20-30; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80; 80-90; 90-100 і більше 100 мм.

Розміри фракцій можуть коригувати з урахуванням технічного завдання, поданого з випробуваною машиною.

Середньозважену довжину частин ( $\alpha_c$ , мм) розраховують за формулою

$$\alpha_c = \frac{1}{m_3} \sum_{t=0}^{N-1} \left( \frac{l_{t1} + l_{t2}}{2} \right) m_t, \quad (3.38)$$

де  $m_3$  – маса зразка, г;

$m_t$  – маса частин  $t$ -ї фракції, мм;

$l_{t1}, l_{t2}$  – початкова та кінцева довжина  $t$ -ї фракції, мм;

$N$  – кількість фракцій, шт.

Рівномірність подрібнення рослинної маси ( $v_n$ ) розраховують за формулою

$$v_n = \frac{\sigma_{Lc}}{\alpha_c}, \quad (3.39)$$

де  $\sigma_{Lc}$  – середньоквадратичне відхилення середньозваженої довжини частин, мм.

7. Втрати зрізаними і незрізаними рослинами, подрібненою масою, від підвищеного зрізу, листками і суцвіттями визначають зважуванням на вагах в місцях вимірювання висоти зрізу. При визначенні втрат просапних культур листками, зрізаними і незрізаними стеблами, суцвіттями, качанами, кошиками та їх частинами довжину залікових майданчиків збільшують з десяти до тридцяти метрів.

Оцінюють втрати в тонах на гектар ( $\beta_i$ ) і у відсотках до врожаю ( $\beta'_i$ ):

$$\beta_i = \frac{m_i}{100S_3}, \quad (3.40)$$

де  $m_i$  – маса втрат по видах з площі залікового майданчика, г

$$\beta_i = \frac{100\beta}{u}$$

Забрудненість рослинної маси землею визначають витрушуванням зразків масою по п'ять кг. Землю зважують на вагах і підраховують її кількість в загальній масі зразка у відсотках з урахуванням природньої забрудненості. Повторність триразова.

*Обробка даних, аналіз і оформлення результатів випробувань.* Результати

визначення показників, що характеризують умови проведення випробувань

заносять у таблиці:

Таблиця 3.1. Пропускна здатність MARAL E281E

Культура	Встановлення довжини різки, мм					
	3,3	5,5	6,6	11,0	15,0	25,0
Підбір валків, кг/с	11,5	12,1	12,6	13,8	14,3	16,8
Кукурудза:						
-платф. жатка	-	18,0	16,7	22,2	20,7	28,1
-рядк. жатка	-	17,1	-	19,6	-	21,5
Вагомий вміст частинок до 30мм, %:						
-підбір валків	77,0	73,0	71,8	62,6	25,3	24,5
-кукурудза, плат. жатка	-	89,5	83,2	78,5	74,5	64,0
-кукурудза, рядк. жатка		98,0	-	95,5		87,3

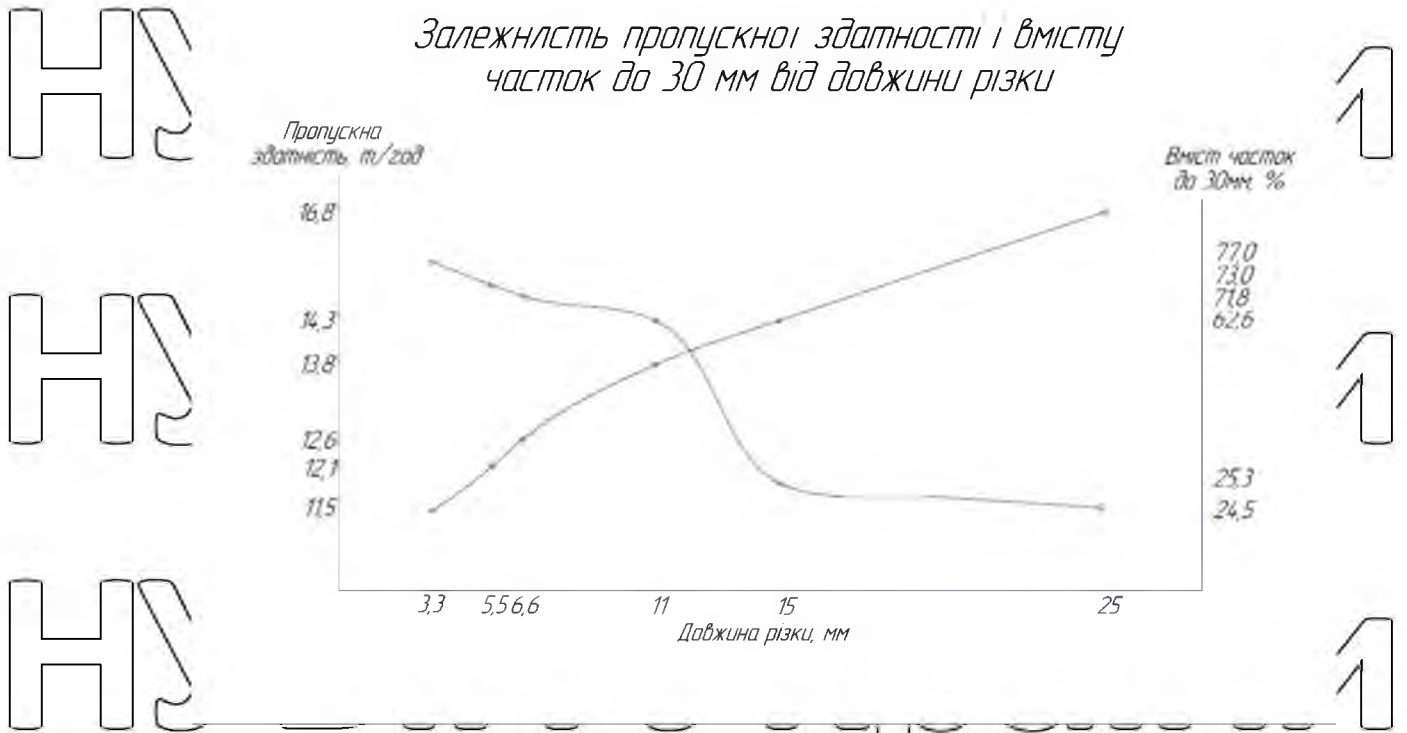


Рис.3.5.Залежність пропускної здатності і вмісту часток до 30 мм. від довжини різки

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.2

Результати випробувань експериментального різального барабана

Дата	18.06					
Місце випробувань	Д.г. ННЦ «ІМБСГ» «Оленівське»					
Культура	Кормовий люпин на силос					
Марка машини	E-303	E-303	E-303	E-303	E-303	E-303
Агреgotування	E-281	E-280	E-280	E-280	E-281E	E-281E
Кількість ножів,шт.	12	8	8	8	12	12
Зазор між барабаном і протиризальною пластиною,мм	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4
Поступальна швидкість,км/г	4,5	4,0	4,2	3,8	4,7	4,2
Подача маси,кг/с	17,6	15,0	16,6	14,3	18,0	15,4

Кількість подрібненої маси по довжині різки, %:						
0-10мм	42,3	43,5	24,0	30,2	43,4	45,0
10-20мм	21,0	21,0	22,0	24,3	22,7	22,1
20-30мм	18,2	17,0	16,3	13,3	16,0	16,9
30-40мм	5,2	7,2	8,2	6,0	6,0	7,4
40-50мм	4,2	3,3	7,3	6,2	4,1	3,2
50-60мм	2,8	1,7	5,9	5,3	2,1	1,5
60-70мм	1,5	1,3	3,0	2,7	1,4	1,1
70-80мм	1,8	0,7	2,8	2,5	0,8	0,4
80-90мм	0,5	1,0	2,0	1,3	0,6	0,6
90-100мм	1,2	0,7	5,5	5,3	0,9	0,4
>100мм	1,3	2,6	3,0	2,9	2,0	1,4
Втрати, %	1,0	0,9	0,9	0,8		1,0

Дослід 1

Дослід 2

Дата	18.06		
Місце випробувань	Д.г. ННЦ «ІМЕСГ» «Оленівське»		
Культура	Суміш конюшини з тимофійкою		
Марка машини	Е-303	Е-303	Е-303
Агреговування	Е-281	Е-280	Е-281
Кількість ножів, шт.	12	8	12

Зазор між барабаном і протирізальною пластинкою, мм	0,4		0,6		0,4	
Поступальна швидкість, км/г	6,6	5,9	6,2	5,7	6,8	6,1
Подача маси, кг/с	10,6	9,5	10,0	8,9	10,5	9,4
Кількість подрібненої маси по довжині різки, %:						
0-10мм	42,9	49,8	38,2	42,0	44,2	50,6
10-20мм	11,7	21,2	11,8	15,0	13,1	22,7
20-30мм	15,3	8,2	9,3	10,4	17,3	8,9
30-40мм	8,5	4,6	10,0	8,3	8,9	4,5
40-50мм	5,1	3,5	6,7	4,8	4,8	2,9
50-60мм	4,4	2,2	4,9	4,8	3,1	1,7
60-70мм	3,7	2,0	4,0	3,0	3,0	1,4
70-80мм	1,6	1,5	4,1	2,5	1,7	1,1
80-90мм	3,0	1,0	2,2	1,7	0,6	0,6
90-100мм	1,3	1,9	2,3	1,5	0,9	1,5
>100мм	2,5	4,1	6,5	6,0	2,4	4,1
Втрати %	0,04	0,01	0,04	0,04	0,04	0,03

НУБІП України

НУБІП України

Залежність довжини різки від поступальної швидкості та подачі в першому

НУБІП України досліді

НУБІП України

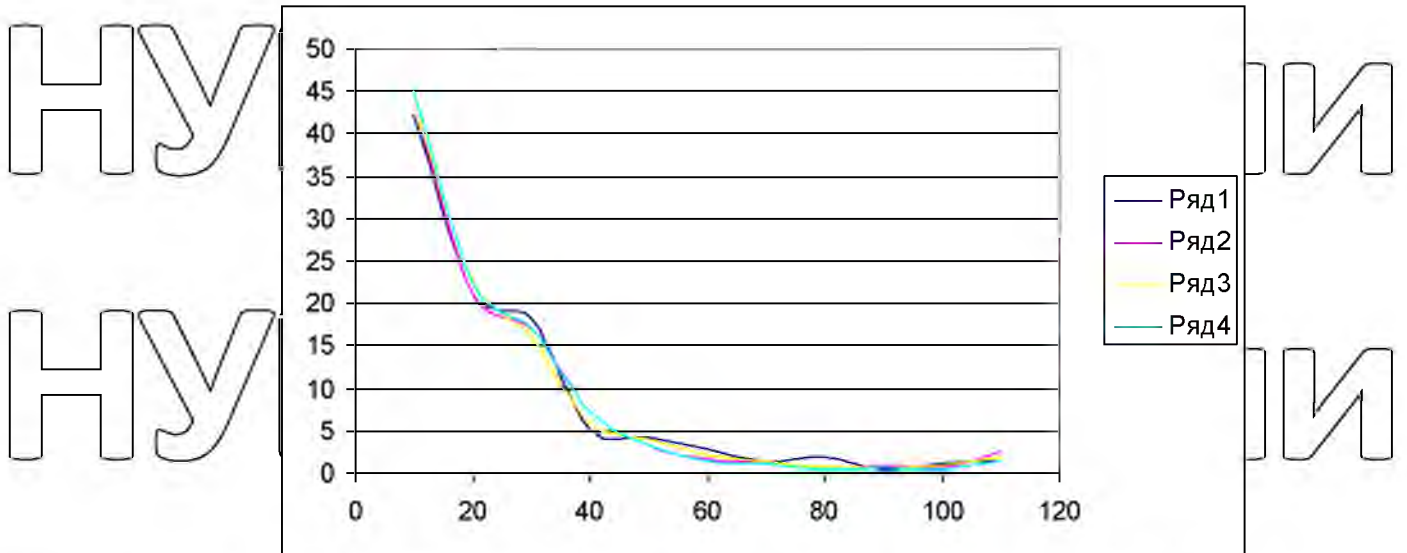


Рис. 3.6. Ряд 1,2-агрегатування E281; ряд3,4-агрегатування E281E

Залежність довжини різки від поступальної швидкості та подачі в другому досліді

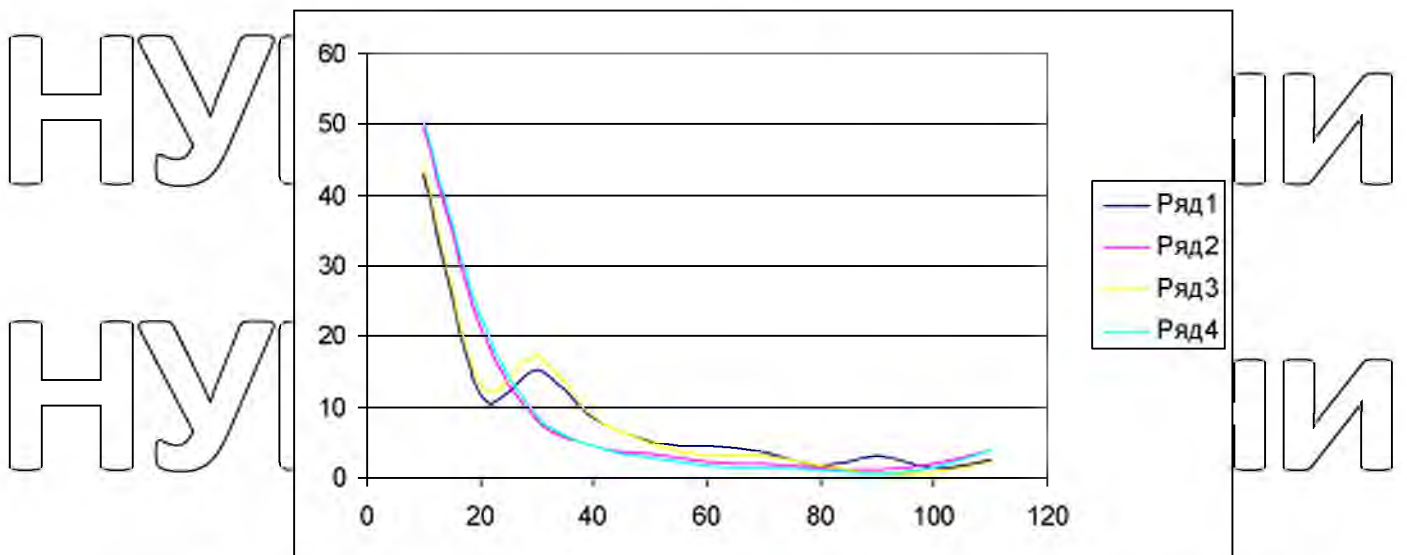


Рис. 3.7.14 Ряд1,2-агрегатування E281; Ряд 3,4-агрегатування E281E

### Висновки по третьому розділу

Досліджуючи експериментальний подрібнюючий барабан і визначаючи довжину різки слід звернути увагу на те, що даний барабан необхідно використовувати, як базовий, на кормозбиральних машинах типу “MARAL 125”.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

#### 4.ОХОРОНА ПРАЦІ

НУБІП України  
4.1 Загальний стан охорони праці при роботі кормозбиральних машин.

До роботи на машинах для збирання трав допускаються особи, які добре знають будову машини, правила безпечного їх використання і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Не можна працювати на машині без захисних пристроїв. Перед початком руху мобільної машини і агрегатів необхідно простежити, щоб нікого не було біля машини. Перед включенням в роботу робочих органів слід подавати заздалегідь обумовлений сигнал. Якщо машина з електроприводом потрібно надійно заземлювати.

Машина повинна бути обладнана вогнегасником. Агрегати та установки, що підбирають, складають пров'ялену траву, повинні теж бути обладнаними вогнегасниками.

При підніманні різального апарату у транспортне положення або опускання в робоче забороняється братись руками за його пальці.

Всі операції, пов'язані з технічним обслуговуванням, регулюванням та ремонтом машини можна проводити лише при відключеному валі відбору потужності й заглушеному двигуні або від'єднаній машині.

Роботи по технічному обслуговуванні на підвісній жатці допустимі, тільки при виключеному двигуні основної машини.

Скопуючий апарат потрібно застерегти від опускання запобіжними транспортними болтами або поставити на ґрунт.

При заміні ножа потрібно звернути увагу на те, щоб не доторкнутися ріжучого апарата.

При повороті рядової жатки потрібно піднімати жатку. Після закінчення роботи потрібно змонтувати захисні кожухи підіймачів.

Потрібно проводити контроль натягу ланцюгів та клинових ременів.

Підходячи до робочих органів скошуючого апарату та механізмів приводу, потрібно бути обережним, щоб одяг чи речі, які тримаєте в руках, не потрапили в механізми приводу та робочі органи жатки.

При запуску двигуна потрібно стояти на сходинці, щоб не потрапити під колеса кормозбирального комбайна.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 5.1. Розрахунок економічних показників удосконаленого та базового агрегатів.

Визначаємо затрати праці за 1 годину по формулі :

$$Z_{ca} = \Pi / W_{зм};$$

(5.1)

де  $\Pi$  – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{зм}$  – продуктивність агрегату на 1 годину змінного часу, га/год.

Для базового агрегату :

$$Z_{ca} = 1/3,2 = 0,312 \text{ люд.год./га.}$$

Для удосконаленого агрегату:

$$Z_{ca} = 1/3,8 = 0,263 \text{ люд.год./га.}$$

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку технологічних показників

Найменування показників	Базовий агрегат E281	Удосконалений агрегат E281E
Кількість машин в агрегаті	1	1
Вартість машини, грн.	500000	500000
Торгова націнка, 12,8%	64000	64000
Відсоток відрахувань на реновацію, %	11,1	11,1
Сезонне нормативне річне завантаження, год.	300	300
Продуктивність агрегату, га	3,2	3,8
Зарплата тракториста (по 5 розряду), грн.год.	7,95	7,95
Витрата палива, кг/га	10,5	10,5
Вартість палива, грн./кг.	24,55	24,55

Затрати праці на усунення технічних візмов і технічне обслуговування:

$$Z_{mo} = 0,005 \text{ люд.год./га.}$$

Загальні затрати праці на експлуатацію агрегату становлять:

$$Z_n = Z_{ca} + Z_{mo}, \quad (5.2)$$

- для базового агрегату :  $Z_n = 0,317$  люд.год./га,

- для удосконаленого агрегату :  $Z_n = 0,268$  люд.год./га.

Загальні річні затрати праці  $Z_{np}$  на експлуатацію машин:

$$Z_{np} = Z_n B_s; \quad (5.3)$$

де  $B_s$  – загальний річний виробіток нової машини, га/рік;

$$B_s = W_{екс.н} T_z \quad (6.4)$$

$W_{екс.н}$  – продуктивність удосконаленої машини за час експлуатації, га/год;

$T_z$  – загальне річне завантаження, год/рік.

$$B_s = 3,8 \times 9,8 = 372,4 \text{ га/рік.}$$

для базового агрегату :

$$Z_{np,б} = 0,314 \times 0,372 = 118 \text{ люд.год./га.}$$

- для удосконаленого агрегату :

$$Z_{np,у} = 0,268 \times 372,4 = 99,8 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні витрати визначимо по формулі :

$$Ц = Z + A + R_k + P_m + \Gamma + \Pi, \quad (\text{грн/га}), \quad (5.5)$$

де:  $Z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$A$  – затрати на реновацію ;

$R_k$  – затрати на капітальний ремонт і ТО ;

$\Gamma$  – витрати на ПММ;

$\Pi$  – інші прямі витрати.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу :

де  $z_j$  – тарифні ставки оплати праці обслуговуючого персоналу:  
 - для базового агрегату:

$$z_b = 1 / 3,2 \cdot 3 \cdot 3,46 / 7 \cdot 1,2 = 0,53 \text{ грн./га.}$$

- для удосконаленого агрегату:  
 $z_y = 1 / 3,8 \cdot 3 \cdot 3,46 / 7 \cdot 1,2 = 0,45 \text{ грн./га.}$   
 Затрати на реновацію машин :

$$A = \sum B_j \cdot Q_j / W_{екб} \cdot T_{zj}, \text{ (грн/га);} \quad (5.6)$$

де  $B_j$  – балансова вартість машин, які входять до агрегату;  
 $Q_j$  – коефіцієнт відрахувань на реновацію;  
 $T_z$  – річне зональне завантаження машин;

$W_{екб}$  – продуктивність машини за годину експлуатаційного часу, га/год.,  
 - для базового агрегату :

$$A_b = 500000 \cdot 0,111 / 3,2 \cdot 300 = 57,81 \text{ грн./га.}$$

- для удосконаленого агрегату :

$A_y = 500000 \cdot 0,111 / 3,8 \cdot 300 = 48,68 \text{ грн./га.}$   
 Затрати на поточний ремонт :

$$R = B \cdot \eta_n / W_{ек} \cdot T_n; \quad (5.7)$$

де  $\eta_n$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт,  $\eta_n = 0,47$ .  
 - для базового агрегату :

$$R_b = 500000 \cdot 0,47 / 3,2 \cdot 300 = 244,79 \text{ грн./га.}$$

- для удосконаленого агрегату :

$R_y = 500000 \cdot 0,47 / 3,8 \cdot 300 = 206,14 \text{ грн./га.}$

Витрати на ПММ:

$$\Gamma = g_n \cdot C_n \quad (5.8)$$

де:  $g_n$  - витрата палива, кг/га ;  
 $C_n$  - комплексна ціна палива, грн/кг.

Для базового агрегату :

$$\Gamma_6 = 10,05 \times 24,55 = 246,72 \text{ грн/га.}$$

Для удосконаленого агрегату :

$$\Gamma_y = 10,5 \times 24,55 = 246,72 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, прямі експлуатаційні витрати становлять:

для базового агрегату:

$$C_6 = 0,53 + 246,72 + 244,8 + 57,8 = 549,85 \text{ грн/га.}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$C_y = 0,45 + 246,72 + 206,4 + 48,68 = 502,25 \text{ грн/га.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на річний об'єм праці визначають по формулі :

$$C_n = C \cdot B_s \quad (5.9)$$

- для базової машини :

$$C_{n.б.} = 549,85 \cdot 372,4 = 204764,14 \text{ грн/рік.}$$

для удосконаленої машини :

$$C_{n.у.} = 502,25 \cdot 372,4 = 187037,9 \text{ грн/рік.}$$

Уитомі капітальні вкладення в грн на машини визначаємо так :

$$K_{шт.б.} = \sum B_i / T_{zi} \cdot W_{ек.} \quad (5.10)$$

Для базового агрегату :

$$K_{шт.б.} = 500000 / 300 \cdot 3,2 = 520,8 \text{ грн/га.}$$

- для удосконаленого агрегату :

$$K_{\text{нп.б.}} = 500000 / 300 \cdot 3,8 = 438,6 \text{ грн/га.}$$

Капіталовкладення у гривнях на річний об'єм робіт:

$$K_n = K_{\text{нп.б.}} \cdot B_3, \quad (5.14)$$

- для базового агрегату:

$$K_{\text{н.б.}} = 438,6 \cdot 372,4 = 163345,9 \text{ грн/рік.}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$K_{\text{н.у.}} = 438,6 \cdot 372,4 = 163334,6 \text{ грн/рік.}$$

Приведені витрати знаходимо за формулою :

$$\Pi_n = E \cdot K_{\text{нп.б.}} + \Pi_0; \quad (5.12)$$

де  $E$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,  $E = 0,15$ .

для базового агрегату:

$$\Pi_{\text{н.б.}} = 0,15 \cdot 520,8 + 549,85 = 615,64 \text{ грн/га.}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$\Pi_{\text{н.у.}} = 0,15 \cdot 438,6 + 502,25 = 568,04 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати в гривнях на річний об'єм робіт:

$$\Pi_r = \Pi_n \cdot B_3. \quad (5.13)$$

Для базового агрегату:

$$\Pi_{\text{р.б.}} = 615,64 \cdot 372,4 = 229264,34 \text{ грн/рік;}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$\Pi_{\text{р.у.}} = 568,04 \cdot 372,4 = 211538,1 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунок економічної ефективності удосконалення. Визначимо річну економію затрат праці при експлуатації вдосконаленого комбайна:

$$E_n = Z_{\text{н.б.}} - Z_{\text{н.у.}} = 118 - 99,8 = 18,2 \text{ люд.год./рік.}$$

Економія капіталовкладень:

$$E_k = (K_{\text{нит.б}} - K_{\text{тит.у}}) \cdot B_3 = (520,8 - 438,6) \cdot 372,4 = 30611,3 \text{ грн/рік.}$$

Річна економія прямих експлуатаційних затрат:

$$E_{k.n} = (\Pi_{\text{б}} - \Pi_{\text{н}}) \cdot B_3 = (549,85 - 502,25) \cdot 372,4 = 17726,24 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації удосконаленого агрегата:

$$E_m = (\Pi_{\text{н.б}} - \Pi_{\text{н.у}}) \cdot B_3 = (615,64 - 568,04) \cdot 372,4 = 17726,24 \text{ грн.}$$

Ступінь зниження затрат праці:

$$C_n = (Z_{\text{пр.б}} - Z_{\text{пр.у}} / Z_{\text{пр.б}}) \cdot 100\% = (118 - 99,8 / 118) \cdot 100\% = 15,4\%.$$

Ступінь зниження приведених затрат:

$$C_n = 100\% \cdot (C_{\text{н.б}} - C_{\text{н.у}} / C_{\text{н.б}}) = (429,05 - 369,12) / 429,05 \cdot 100\% = 13,9\%.$$

Ступінь зниження прямих експлуатаційних затрат:

$$C_{\text{пр}} = (\Pi_{\text{б}} - \Pi_{\text{у}} / \Pi_{\text{б}}) \cdot 100\% = (350,93 - 502,25) / 549,85 \cdot 100\% = 13,5\%.$$

Визначимо строк окупності вдосконаленого агрегата:

$$\Delta K = K_{\text{б}} - K_{\text{у}} / E_k, \quad (5.14)$$

$$\Delta K = (B_{\text{б}} + K_{\text{н.б}}) - (B_{\text{у}} + K_{\text{н.у}}) / E_{k.n},$$

де:  $B_{\text{б}}$  і  $B_{\text{у}}$  – балансова вартість відповідно базового і удосконаленого комбайна;

$K_{\text{н.б}}$  і  $K_{\text{н.у}}$  – капіталовкладення на річний об'єм робіт відповідно базового і удосконаленого комбайна;

$E_{k.n}$  – річна економія прямих експлуатаційних затрат.

Тоді:

$$B_{\text{б}} = 500000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{н.б}} = 193945,9 \text{ грн/рік.}$$

$$B_{\text{у}} = 500000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{н.у}} = 163334,6 \text{ грн/рік.}$$

Отже, строк окупності вдосконаленого комбайна становить:

$$\Delta K = (500000 + 193945,9) - (500000 + 163334,6) / 17726 = 0,3 \text{ року.}$$

Показники економічної ефективності застосування удосконаленого комбайна в порівнянні з базовим зводимо в таблицю 6.2.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність застосування удосконаленого комбайна

Показники	Варіанти комбайна	
	базовий	Удоскона- лений
Сезонне нормативне річне завантаження, год.	300	300
Продуктивність комбайна, га/год.	3,2	3,8
Вартість комбайна, грн.	500000	500000
Капітальні вкладення:		
- основні, грн.	193945,9	137460,3
- питомі, грн/га.	520,8	438,6
Затрати коштів на 1 га площі:		
- експлуатаційні, грн/га.	350,93	303,33
Зниження експлуатаційних витрат, грн.	-	17726
Річний економічний ефект, грн./рік.		17726,24
Строк окупності вдосконалення, років	-	1,7

### Висновки по п'ятому розділу

Проведено аналіз подрібнення і ефективність використання даного подрібнюючого барабана, використовуюючи його ми отримаємо річний економічний ефект від застосування становить 17726,24 грн/рік, а термін окупності 0,3 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

НУБІП України

1. Аналіз вітчизняних і зарубіжних технологій та машини для збирання

кормових культур показав, що найбільш доцільно і ефективно використовувати кормозбиральні машини з подрібнюючим робочим органом барабанного типу.

НУБІП України

2. Подрібнення є найбільш енергоємним з всіх процесів, виконуваних кормозбиральним комбайном. Витрата енергії на нього тим більша, чим дрібніша

повинна бути рослинна маса. Тому вимоги до подрібнення рослинної маси повинні бути в межах доцільного. Підвищені вимоги до здрібнювання рослинної

НУБІП України

маси викликають не тільки більших витрат енергії, але й певним чином ускладнюють відповідні робочі органи комбайна, тому що вони повинні розраховуватися на більше тяжкі умови роботи.

3. Експериментальний подрібнюючий барабан забезпечує пропускну

здатність в межах 14 – 17 т/год при довжині різки до 30 мм. При цьому вміст цих

НУБІП України

частинок в загальній подрібненій масі становить в межах 90-95%.

4. Ефективність використання експериментального подрібнюючого барабана дає можливість отримати річний економічний ефект від його

застосування 17726,24 грн/рік, а термін окупності 0,3 року.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. Босой Е.С. Теория, конструкция, и расчет с.х. машин;

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські і меліоративні машини;

3. Завражнов А.И. Механизация приготовления кормов;

4. Комаристов В.Ю. Сільськогосподарські машини;

5. Резник М.Е. Теория барабанного измельчающе-швыряющего аппарата силосоуборочного комбайна;

6. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських машин;

7. Ерохин М.Н., Белов М.И., Судник Ю.А. Модель и экспериментальное исследование ротационного режущего аппарата // Тракторы и с.-х. машины, 2003, №12, с.31-34.

8.Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т.Т.1.-6-е изд.

9.Справочник конструктора-машиностроителя: В3-х т.Т.2.-5-е изд.

10.Справочник конструктора-машиностроителя:В3-х т.Т.3.-5-е изд.

11. “Машинные технологии и техника для производства кормов, картофеля, сахарной и кормовой свеклы”. Сборник научных докладов международной научно-практической конференции “Земледельческая механика в растениеводстве” 18-19 декабря 2001г. Том 4 Москва 2001.

12.Технічна механіка Книга 4 “ДЕТАЛІ МАШИН” за ред. Д.В.Чернілевського. Київ 1992

13. “Сільсько-господарські машини”. Основи теорії та розрахунку.. Київ “Вища школа” 2005.

14. “Кормовиробництво”: Навчальне видання -2-є вид., доп. і перероб.- К.: Вища освіта, 2005.-448 с.: іл.

15. “Косарка навісна роторна”. ВАТ”Дрогобицький завод автомобільних кранів”.-1997.

16.Константинов В.А. Определение критической скорости резания свободного стебля // Тракторы и с.-х. машины, 1964, №12 с.20-22.

17. Проспекти кормозбиральної техніки фірми Кюн (Франція), Кроне, Клаас (ФРН).

18. Райхман Д. Ротаційна косарка з фронтальним навішуванням КР-3. Техніка АПК, №2, 1999. с. 11.

19. “Косарка навісна роторна”. ВАТ”Дрогобицький завод автомобільних кранів”. 1997.

20. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. ДСТУ 4397:2005 К., 2005, с. 5-8.

21. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов.

М., Машиностроение, 1975, 312

22. Норейков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем: Учебн. пособие для вузов.- М.: Высш. шк., 1986.- 304 с.

23. Системы автоматизации проектирования и производства □□ Радио-електроника (состояние и тенденции развития). Сер. 1. Вычисл. техника.- М.: НИИ экономики и информ. по радиоелектронике (НИИЭИР), 1985. С. 21-47.

24. Proemer H. «Ein Beitrag über die Häckselgutförderung durch die Schneid-Wurf Trommeln der Exaktfeldhacksler».

Інтернет сторінки:

[www.landtechnik.com](http://www.landtechnik.com)

[www.MARAL.com](http://www.MARAL.com)

[www.maral.ru](http://www.maral.ru)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП ДОДАТКИ України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ  
ПОДРІБНОЮЧОГО БАРАБАНА КОРМОЗБИРАЛЬНИХ  
МАШИН ННЦ ІМЕСГ НААН УКРАЇНИ КИЇВСЬКА ОБЛ.,  
ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ РАЙОН, СМТ.ГЛЕВАХА**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

01.01.МР 189 "С" 2021.02.01.042

**Шульга Владислав Олександрович**

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ  
ПОДРІБНОЮЧОГО БАРАБАНА КОРМОЗБИРАЛЬНИХ  
МАШИН ННЦ ІМЕСГ НААН УКРАЇНИ КИЇВСЬКА ОБЛ.,  
ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ РАЙОН, СМТ.ГЛЕВАХА**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

01.01.МР 189 "С" 2021.02.01.042

**Шульга Владислав Олександрович**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України